

**UBND HUYỆN CỬ CHI  
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI**

**GIÁO TRÌNH**

**MÔN HỌC/MÔ ĐUN: SỬA CHỮA VẬN HÀNH MÁY ĐIỆN  
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP  
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ**

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 48/QĐ-TCNCC ngày 04 tháng 10 năm 2021 của  
Hiệu trưởng Trường Trung Cấp Nghề Cử Chi*

**Tp. Hồ Chí Minh, năm 2021**

## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo. Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

## **LỜI GIỚI THIỆU**

*Giáo trình mô đun **Sửa chữa vận hành máy điện** được biên soạn dựa theo nội dung chương trình khung được Bộ Lao động Thương binh và Xã hội phê duyệt. Nội dung biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, tích hợp những kiến thức và kỹ năng cần thiết cho sinh viên ngành Điện tử công nghiệp.*

*Trong quá trình biên soạn, tuy đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo. Nhưng do thời gian biên soạn có hạn nên nội dung giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được những đóng góp ý kiến của người sử dụng để tác giả có thể hiệu chỉnh bổ sung giúp giáo trình hoàn thiện hơn.*

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày tháng 02 năm 2021

Chủ biên

**Phan Chí Thạch**

## MỤC LỤC

<b>Bài mở đầu: Tìm hiểu chung về máy điện .....</b>	<b>1</b>
<b>Bài 1: Tính toán quần dây máy biến áp .....</b>	<b>13</b>
1. <i>Tìm hiểu về các khái niệm chung.....</i>	13
2. <i>Cấu tạo của máy biến áp.....</i>	13
3. <i>Tìm hiểu các đại lượng định mức của máy biến áp .....</i>	19
4. <i>Tìm hiểu nguyên lí làm việc của máy biến áp.....</i>	20
5. <i>Vẽ sơ đồ thay thế của máy biến áp.....</i>	22
6. <i>Hoạt động làm việc của máy biến áp. ....</i>	27
7. <i>Hoạt động máy biến áp ba pha.....</i>	31
8. <i>Hoạt động làm việc song song của máy biến áp.....</i>	33
9. <i>Hoạt động các máy biến áp đặc biệt.....</i>	39
10. <i>Quần máy biến áp 1 pha cỡ nhỏ.....</i>	44
<b>Bài 2: Sửa chữa vận hành máy điện không đồng bộ .....</b>	<b>58</b>
1. <i>Tìm hiểu các khái niệm chung về máy điện không đồng bộ.....</i>	58
2. <i>Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha.....</i>	59
3. <i>Tìm hiểu từ trường của máy điện không đồng bộ.....</i>	61
4. <i>Tìm hiểu nguyên lí làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.....</i>	67
5. <i>Tìm hiểu mô hình toán và sơ đồ thay thế của động cơ điện không đồng bộ. ....</i>	69
6. <i>Tìm hiểu biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ không đồng bộ. ....</i>	77
7. <i>Tìm hiểu mô men quay của động cơ không đồng bộ ba pha.....</i>	79
8. <i>Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha. ....</i>	82
9. <i>Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.....</i>	87
10. <i>Tìm hiểu động cơ không đồng bộ một pha.....</i>	90
11. <i>Vẽ sơ đồ dây quần động cơ không đồng bộ.....</i>	96
12. <i>Đấu dây, vận hành động cơ.....</i>	115
13. <i>Tháo lắp, bảo dưỡng động cơ.....</i>	122
14. <i>Quần lại bộ dây stato động cơ không đồng bộ.....</i>	125
<i>Tài liệu tham khảo.....</i>	<b>140</b>

# **MÔ ĐUN**

## **SỬA CHỮA VẬN HÀNH MÁY ĐIỆN**

**Mã mô đun: MĐ12**

**Vị trí, ý nghĩa, vai trò môn học/mô đun:**

- Vị trí: Mô đun này học sau các môn học: An toàn lao động, Kỹ thuật điện, Vẽ điện.
- Ý nghĩa: Mô đun này là mô đun đào tạo chuyên ngành.
- Vai trò: Nó cung cấp cho người học những kiến thức cơ bản về cấu tạo, nguyên lý hoạt động, cũng như các phương trình cân bằng điện từ ...của máy biến áp, máy điện không đồng bộ. Từ đó sẽ tạo điều kiện tiền đề vững chắc cho các môn học sau.

**Mục tiêu của môn học/mô đun**

Sau khi học xong mô đun này, người học nghề có khả năng:

\* Về kiến thức:

- Phân tích cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các loại máy điện thông dụng như: máy biến áp, máy điện không đồng bộ, máy điện đồng bộ và máy điện một chiều.

\* Về kỹ năng:

- Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn máy điện không đồng bộ, máy điện đồng bộ, máy điện một chiều .
- Quấn máy biến áp, động cơ không đồng bộ và máy điện một chiều với các thông số kỹ thuật.
- Kết nối mạch, vận hành máy điện.
- Tính toán các thông số kỹ thuật trong máy điện.

\* Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

- Rèn luyện thái độ nghiêm túc, tỉ mỉ, chính xác trong học tập và thực hiện công việc...

# BÀI MỞ ĐẦU

## TÌM HIỂU CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

Mã bài: MD12-01

### 1. Các khái niệm chung

#### 1.1. Định nghĩa

Máy điện là thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ về cấu tạo gồm mạch từ (lõi thép) và mạch điện (các dây cuốn), 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 năng như biến đổi điện áp, dòng điện, tần số, số pha,

Máy điện là máy thường gặp nhiều trong công nghiệp, giao thông vận tải, sản xuất và đời sống.

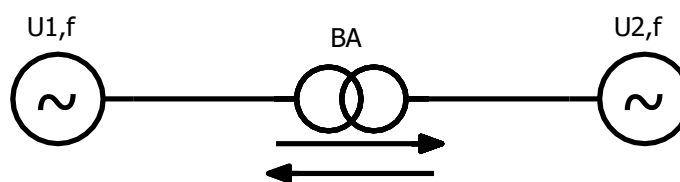
#### 1.2. Phân loại

Máy điện có nhiều loại, và có nhiều cách phân loại khác nhau, ví dụ phân loại theo công suất, theo cấu tạo, theo chức năng, theo dòng điện (xoay chiều, một chiều), theo nguyên lý làm việc v.v... Trong giáo trình này ta phân loại dựa vào nguyên lý biến đổi năng lượng như sau:

##### 1.2.1. Máy điện tĩnh

Máy điện tĩnh làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ do sự biến thiên từ thông giữa các cuộn dây không có chuyển động tương đối với nhau.

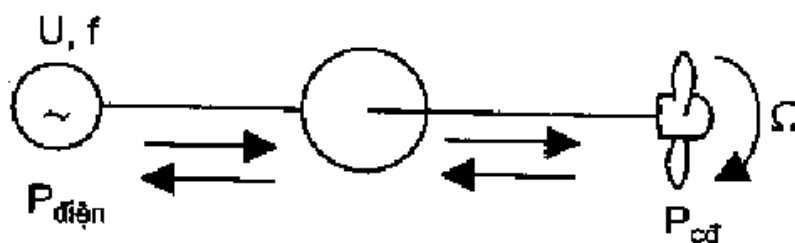
Máy điện tĩnh thường dùng để biến đổi thông số điện năng. Do tính chất thuận nghịch của các quy luật cảm ứng điện từ, quá trình biến đổi có tính thuận nghịch, ví dụ máy biến áp biến đổi hệ thống điện có thông số  $U_1, f$  thành hệ thống điện có thông số  $U_2, f$  hoặc ngược lại biến đổi hệ thống điện  $U_2, f$  thành hệ thống điện có thông số  $U_1, f$ .



Hình. 1

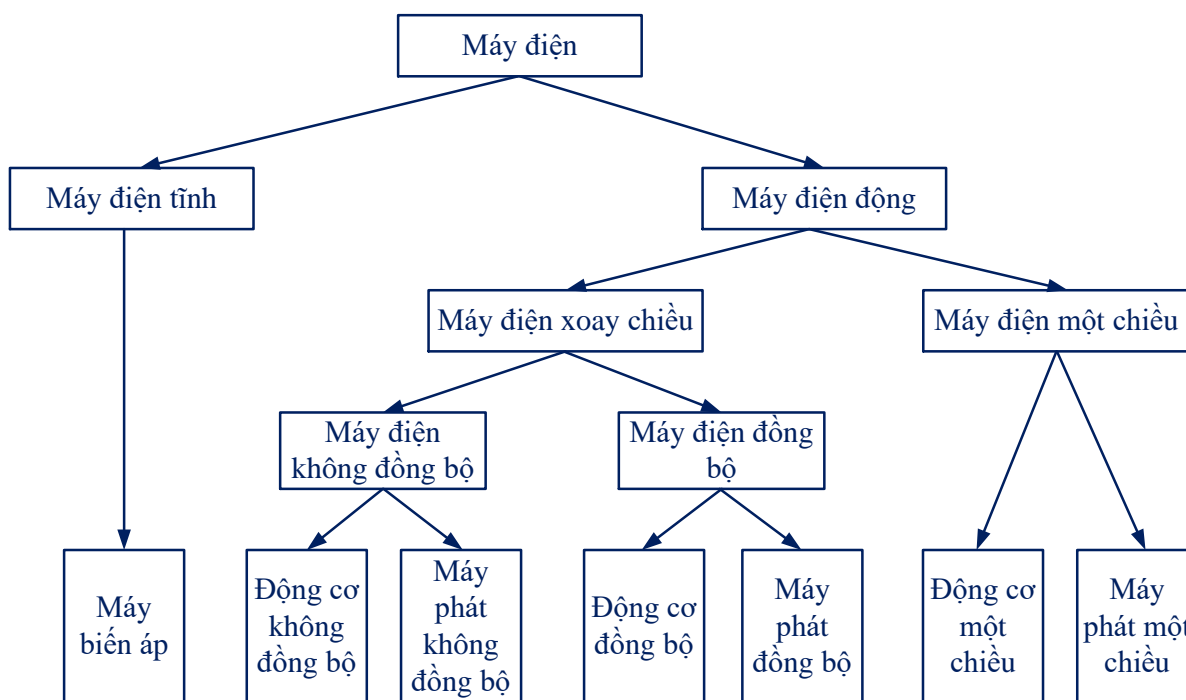
### 1.2.2. Máy điện có phần động (quay hoặc chuyển động thẳng)

Nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ, lực điện từ, do từ trường và dòng điện của các cuộn dây có chuyển động tương đối với nhau gây ra. Loại máy điện này thường dùng để biến đổi dạng 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.



Hình. 2

Trên hình vẽ sơ đồ phân loại các loại máy cơ điện cơ bản thường gặp.



Hình 3. Sơ đồ phân loại các máy điện

## 2. Các định luật điện từ dùng trong máy điện

Nguyên lý làm việc của tất cả các máy điện đều dựa trên cơ sở hai định luật cảm ứng điện từ và lực điện từ. Khi tính toán mạch từ người ta sử dụng định luật dòng điện

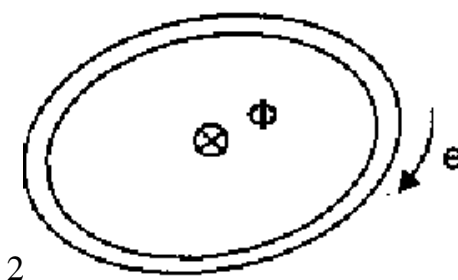
toàn phần. Các định luật này đã được trình bày trong giáo trình vật lý, ở đây chỉ nêu lại những điểm cần thiết, áp dụng cho nghiên cứu máy điện

**2.1. Định luật cảm ứng điện từ**

**2.1.1. Trường hợp từ thông  $\Phi$  biến thiên xuyên qua vòng dây**

Khi từ thông  $\Phi$  biến thiên xuyên qua vòng dây dẫn, trong vòng dây sẽ cảm ứng sức điện động. Nếu chọn chiều sức điện động cảm ứng phù hợp với chiều quay của từ thông theo quy tắc vắn nút chai (Hình -4), sức điện động cảm ứng trong một vòng dây, được viết theo công thức Masxscxoen như sau:

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1-1)$$



Hình. 4

Dấu  $\otimes$  trên Hình -4 chỉ chiều  $\Phi$  đi từ độc giả vào trong giấy.

Nếu cuộn dây có w vòng, sức điện động cảm ứng của cuộn dây sẽ là:

$$e = - \frac{wd\Phi}{dt} = - \frac{d\psi}{dt} \quad (1-2)$$

Trong đó

$\psi = w \Phi$  gọi là từ thông móc vòng của cuộn dây. Trong các công thức (1-1), (1-2) từ thông đó bằng  $Wb$  (Webe), sức điện động đo bằng V.

**2.1.2 Trường hợp thanh dẫn chuyển động trong từ trường.**

Thanh dẫn chuyển động thẳng góc với đường sức từ trường (đó là trường hợp thương gặp trong máy phát điện) trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động e, có trị số là:

$$e = Blv \quad (1-3)$$

Trong đó:

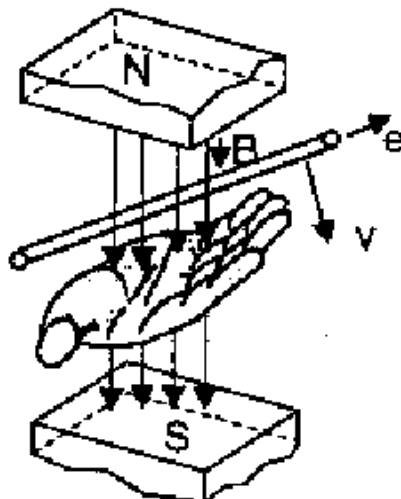
B: Cường độ từ cảm đo bằng T (Tesla).



$l$ : Chiều dài hiệu dụng của thanh dẫn (phần thanh dẫn nằm trong từ trường) đo bằng m

$v$ : Tốc độ thanh dẫn đo bằng m/s.

Chiều của sức điện động cảm ứng được xác định theo quy tắc bàn tay phải (Hình -5).



Hình. 5

## 2.2. Định luật lực điện từ.

Khi thanh dẫn mang dòng điện đặt thẳng góc với đường sức từ trường (đó là trường hợp thường gặp trong động cơ điện), thanh dẫn sẽ chịu một lực điện từ tác dụng, có trị số là:

$$F = Bil \quad (1-4)$$

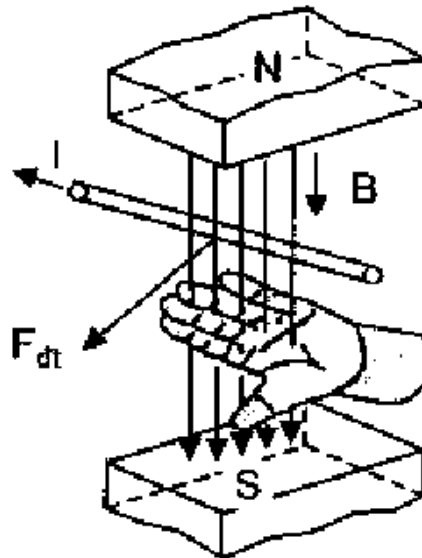
Trong đó:  $B$  - Cường độ từ cảm đo bằng T

$i$ - Dòng điện đo bằng A

$l$ - Chiều dài hiệu dụng thanh dẫn đo bằng m

$F$ - Lực điện từ đo bằng N (Niutơn)

Chiều lực điện từ xác định theo quy tắc bàn tay trái (Hình -6).



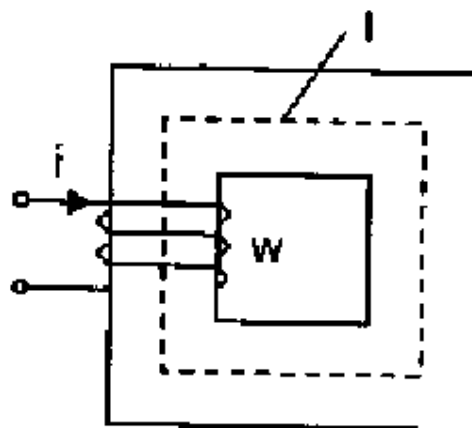
Hình. 6

### 2.3. Định luật mạch từ. Tính toán mạch từ.

#### 2.3.1 Định luật mạch từ.

Lõi thép của máy điện là mạch từ. Mạch từ là mạch khép kín dùng để dẫn từ thông. Hình-7 là mạch từ đơn giản: mạch từ đồng nhất làm bằng thép kỹ thuật điện, và có một dây quấn. Định luật dòng điện toàn phần  $\int Hdl = \sum i$ , áp dụng vào mạch từ hình 1.7, được viết như sau:

$$Hl = Wi \quad (1-5)$$



Hình. 7

Trong đó:

H- Cường độ từ trường trong mạch từ đo bằng A/m

l- Chiều dài trung bình của mạch từ đo bằng m.

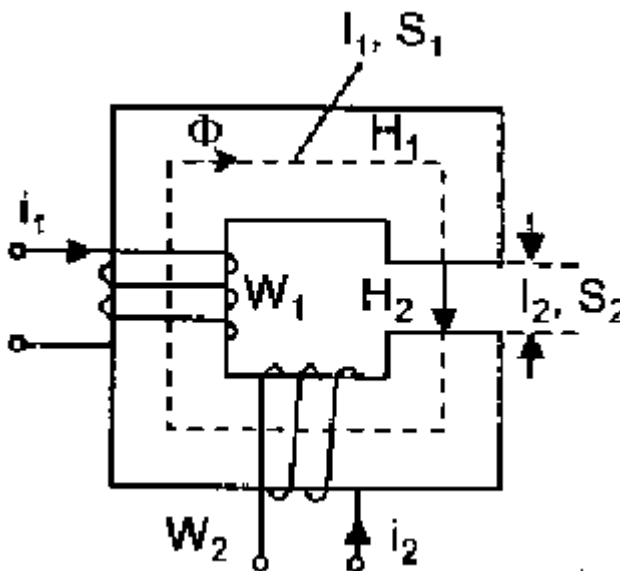
W- Số vòng dây của cuộn dây.

Dòng điện  $i$  tạo ra từ thông cho mạch từ, gọi là dòng điện từ hóa.

Tích số  $W_i$  được gọi là sức từ động.

$H_l$  được gọi là từ áp rơi trong mạch từ.

Đối với mạch từ gồm nhiều cuộn dây và nhiều đoạn khác nhau (các đoạn làm bằng vật liệu khác nhau, hoặc tiết diện khác nhau) ví dụ Hình -8, thì định luật mạch từ viết là:



Hình. 8

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 = W_1 i_1 + W_2 i_2. \quad (1-6)$$

Trong đó:

$H_1, H_2$ - Tương ứng là đường cường độ từ trường trong đoạn 1,2.

$l_1, l_2$ - chiều dài trung bình đoạn 1,2

$i_1 W_1, i_2 W_2$ - Sức từ động dây quấn 1,2.

có dấu - trước  $W_2 i_2$  vì chiều dòng điện  $i_2$  không phù hợp với chiều từ thông đã chọn theo quy tắc vụn nút chai.

Một cách tổng quát định luật mạch từ được viết:

$$\sum_{k=1}^n H_k l_k = \sum_{l=1}^n W_l i_l \quad (1-7)$$

Trong đó, dòng điện  $i_l$  nào có chiều phù hợp với chiều  $\Phi$  đã chọn theo quy tắc vụn nút chai sẽ mang dấu dương, không phù hợp sẽ mang dấu âm.

$k$ - Chỉ số tên đoạn mạch từ

$l$ - Chỉ số tên cuộn dây dòng điện.

### 2.3.2. Tính toán mạch từ.

Việc tính toán mạch từ thường gặp hai loại bài toán:

- *Bài toán thuận*: Cho biết từ thông, tính dòng điện từ hóa (hoặc số vòng dây) để sinh ra từ thông ấy.

Việc giải bài toán này thường được tiến hành như sau: Ví dụ:

Cho mạch từ không phân nhánh như hình-8, từ thông ở các đoạn đều giống nhau, do đó cường độ từ cảm của mỗi dòng điện mạch ấy là:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} \quad ; \quad B_2 = \frac{\Phi}{S_2} \quad (1-8)$$

$S_1, S_2$ - tiết diện đoạn mạch từ 1,2.

Từ trị số cường độ từ cảm  $B$  ở từng đoạn mạch, ta tính cường độ từ trường  $H$  tương ứng với mỗi đoạn mạch ấy như sau:

Đối với đoạn mạch 2 là kẽ không khí, từ trị số cường độ từ cảm  $B_2$ , ta tính cường độ từ trường  $H_2$  như sau:

$$H_2 = \frac{B_2}{\mu_0} \quad (1-9)$$

Đối với đoạn mạch từ là vật liệu sắt từ, ta phải tra đường cong từ hóa (hoặc bảng) đối với các loại từ thép. Từ trị số  $B$  ta tra ra trị số  $H$  tương ứng. Sau đó ta tìm tổng  $\sum H_k l_k = H_1 l_1 + H_2 l_2$ . (1-10)

Từ đó ta tính ra được dòng điện từ hóa (hoặc số vòng dây).

- *Bài toán ngược*: Cho biết dòng điện, cần tính từ thông. Loại bài toán này phức tạp hơn, thường dùng phương pháp dò hoặc các phương pháp nói trong chương mạch phi tuyến

## 3. Sơ lược về vật liệu chế tạo máy điện

Vật liệu chế tạo máy điện gồm: vật liệu dẫn điện, vật liệu dẫn từ, vật liệu cách điện, vật liệu kết cấu.

### 3.1. Vật liệu dẫn điện.

Vật liệu dẫn điện dùng để chế tạo các bộ phận dẫn điện. Bộ phận dẫn điện dùng trong máy điện tốt nhất là đồng vì chúng không đắt lắm và có điện trở suất nhỏ. Ngoài ra còn dùng nhôm và các hợp kim khác nhau như đồng thau, đồng photpho. Để chế tạo dây quấn ta thường dùng đồng và thứ yếu hơn là nhôm. Dây đồng và dây nhôm được chế tạo theo tiết diện tròn hoặc chữ nhật, có bọc cách điện khác nhau như sợi vải,

sợi thủy tinh, giấy, nhựa hóa học, sơn êmay. Với các máy điện công suất nhỏ và trung bình, điện áp dưới 700V thường dùng êmay vì lớp cách điện của dây mỏng, đạt độ bền yêu cầu. Đối với các bộ phận khác nhau như vành đổi chiều, lồng sóc hoặc vành trượt, ngoài đồng, nhôm, người ta còn dùng các hợp kim của đồng hoặc nhôm, hoặc có chỗ còn dùng cả thép để tăng độ bền cơ học và giảm kim loại màu.

### 3.2. Vật liệu dẫn từ.

Vật liệu dẫn từ dùng để chế tạo các bộ phận của mạch từ, người ta dùng các vật liệu sắt từ để làm mạch từ: thép lá thường, thép đúc, thép rèn. Gang ít khi được dùng, vì dẫn từ không tốt lắm.

Ở ngoài mạch từ có từ thông biến đổi với tần số 50Hz thường dùng thép lá kỹ thuật điện dày 0,35 - 0,5mm, trong thành phần thép có từ 2-5% Si (để tăng điện trở của thép, giảm vòng điện xoáy). Ở tần số cao hơn, dùng thép lá kỹ thuật điện dày 0,1 - 0,2mm. Tổn hao công suất trong thép lá do hiện tượng từ trễ và dòng điện xoáy được đặc trưng bởi suất tổn hao. Thép lá kỹ thuật điện được chế tạo theo phương pháp cán nóng và cán nguội. Hiện nay với máy biến áp và máy điện công suất lớn thường dùng thép cán nguội vì có độ từ thẩm cao hơn và công suất tổn hao nhỏ hơn loại cán nóng.

Ở đoạn mạch từ có từ trường không đổi, thường dùng thép đúc, thép rèn hoặc thép lá.

### 3.3. Vật liệu cách điện.

Vật liệu cách điện dùng để cách ly các bộ phận dẫn điện và không dẫn điện, hoặc cách ly các bộ phận dẫn điện với nhau. Trong máy điện, vật liệu cách điện phải có cường độ cách điện cao, chịu nhiệt tốt, tản nhiệt tốt, chống ẩm và bền về cơ học. Độ bền vững về nhiệt của chất cách điện bọc dây dẫn, quyết định nhiệt độ cho phép của dây và do đó quyết định tải của nó.

Nếu tính năng chất cách điện cao thì lớp cách điện có thể mỏng và kích thước của máy giảm.

Chất cách điện của máy điện chủ yếu ở thể rắn, gồm 4 nhóm:

- a) Chất hữu cơ thiên nhiên như giấy, vải lụa.
- b) Chất vô cơ như amiăng, mica, sợi thủy tinh.
- c) Các chất tổng hợp.
- d) Các loại men, sơn cách điện.

Chất cách điện tốt nhất là mica, song tương đối đắt nên chỉ dùng trong các máy điện có điện áp cao.

Thông thường dùng các vật liệu có sợi như giấy, vải, sợi v.v. Chúng có độ bền cơ tốt, mềm, rẻ tiền nhưng dẫn nhiệt xấu, hút ẩm, cách điện kém. Do đó dây dẫn cách điện sợi phải được sấy tẩm để cải thiện tính năng của vật liệu cách điện.

Căn cứ vào độ bền nhiệt, vật liệu cách điện được chia ra nhiều loại: vật liệu cách điện cấp A gồm bông, tơ, giấy và các chất hữu cơ tương tự được tẩm dầu và cách điện dây dẫn bằng sợi êmay. Nhiệt độ cho phép của chúng khoảng  $90^{\circ} - 105^{\circ}\text{C}$ .

Vật liệu cách điện cấp B gồm các sản phẩm của mica, amiăng, sợi thủy tinh, nhiệt độ cho phép từ  $105^{\circ} - 140^{\circ}\text{C}$ . Vật liệu cách điện cấp E là trung gian giữa cấp A và B. Vật liệu cách điện cấp E và cấp H là vật liệu cách điện chịu nhiệt cao.

Ngoài ra còn có chất cách điện ở thể khí (không khí, khinh khí) hoặc thể lỏng (dầu máy biến áp).

### **3.4. Vật liệu kết cấu.**

Vật liệu kết cấu là vật liệu để chế tạo các chi tiết chịu các tác động cơ học như trục, ổ trục, vỏ máy, lắp máy. Trong máy điện, các vật liệu kết cấu thường là gang, thép lá, thép rèn, kim loại màu và hợp kim của chúng, các chất dẻo.

## **4. Phát nóng và làm mát máy điện**

Trong quá trình làm việc có tổn hao công suất. Tổn hao trong máy điện gồm tổn hao sắt từ (do hiện tượng từ trễ và dòng xoáy) trong thép, tổn hao đồng trong điện trở dây quấn và tổn hao do ma sát (ở máy điện quay). Tất cả tổn hao năng lượng đều biến thành nhiệt năng làm nóng máy điện.

Để làm mát máy điện, phải có biện pháp tản nhiệt ra môi trường xung quanh. Sự tản nhiệt không những phụ thuộc vào bề mặt làm mát của máy mà còn phụ thuộc vào sự đối lưu của không khí xung quanh hoặc của môi trường làm mát khác nhau như dầu máy biến áp v.v. Thường vỏ máy điện được chế tạo có các cánh tản nhiệt và máy điện có hệ thống quạt gió để làm mát.

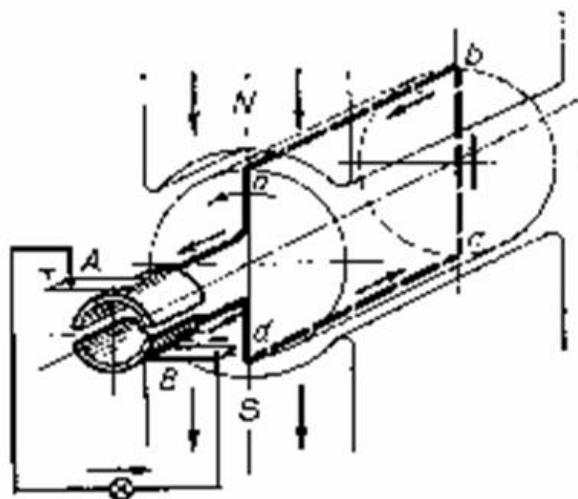
Kích thước của máy, phương pháp làm mát, phải được tính toán và lựa chọn, để cho độ tăng nhiệt của vật liệu cách điện trong máy, không vượt quá độ tăng nhiệt cho phép, đảm bảo cho vật liệu cách điện làm việc lâu dài, khoảng 20 năm.

Khi máy điện làm việc ở chế độ định mức, độ tăng nhiệt của các phần tử không vượt quá độ tăng nhiệt cho phép. Khi máy quá tải, độ tăng nhiệt sẽ vượt quá nhiệt độ cho phép, vì thế không cho phép quá tải lâu dài.

### 5. Tính thuận nghịch của máy điện

Nguyên lý làm việc của các máy điện dựa trên cơ sở định luật cảm ứng điện từ. Sự biến đổi năng lượng trong máy điện được thực hiện thông qua từ trường. Để tạo được từ trường mạch và tập trung người ta dùng vật liệu sắt từ để làm mạch từ.

Ở các máy biến áp mạch từ là một lõi thép đứng yên, còn trong các máy điện quay mạch từ gồm hai lõi thép đồng trục: một quay và một đứng yên và cách nhau một khe hở. Theo tính chất thuận nghịch của định luật cảm ứng điện từ máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện.



Hình 9. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của máy phát điện

#### **Đưa cơ năng vào phần quay của MD nó sẽ làm việc ở chế độ máy phát:**

Máy gồm một khung dây abcd hai đầu nối với hai phiến góp, khung dây và phiến góp được quay quanh trục của nó với vận tốc không đổi trong từ trường của hai cực nam châm vĩnh cửu. Theo định luật cảm ứng điện từ trong thanh dẫn sẽ cảm ứng lên sức điện động:  $e = B.l.v$  (V). (1-11)

Trong đó:

B: Từ cảm nơi thanh dẫn quét qua (T).

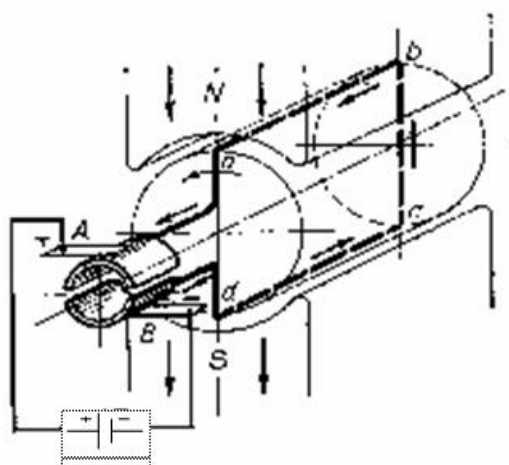
L: Chiều dài của thanh dẫn trong từ trường (m).

V: Tốc độ dài của thanh dẫn (m/s).

Nếu mạch ngoài khép kín qua tải thì sức điện động trong khung dây sẽ sinh ra ở mạch ngoài một dòng điện chạy từ A đến B. Máy làm việc ở chế độ máy phát điện biến cơ năng thành điện năng.

**Máy làm việc ở chế độ động cơ điện:**

Nếu ta cho dòng điện một chiều đi vào khung dây vào chổi than A và ra ở B. Dưới tác dụng của từ trường sẽ có lực điện từ  $F = B.i.l$  tác dụng lên cạnh khung dây. Chiều của lực điện từ được xác định bằng qui tắc bàn tay trái, các lực F tạo thành mô men quay rotor với vận tốc v. Khi rotor quay cắt các đường sức từ sinh ra sức điện động E có chiều ngược với chiều dòng điện, máy đã biến điện năng thành cơ năng.



Hình 10. Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của động cơ

Để dẫn điện từ các trạm phát điện đến hộ tiêu thụ cần phải có đường dây tải điện, nếu khoảng cách giữa nơi sản xuất điện và hộ tiêu thụ lớn thì một vấn đề đặt ra cần được giải quyết là việc truyền tải điện năng đi xa làm sao cho kinh tế hơn.

Như ta đã biết, cùng một công suất truyền tải trên đường dây nếu điện áp được tăng cao thì dòng điện chạy trên đường dây sẽ giảm xuống. Như vậy có thể làm tiết diện dây nhỏ đi, do đó trọng lượng và chi phí sẽ giảm xuống đồng thời tổn hao năng lượng cũng giảm xuống. Do đó phải có thiết bị để tăng điện áp ở đầu đường dây lên và giảm điện áp ở các hộ tiêu thụ. Và các thiết bị như vậy được gọi là máy biến áp.

Trong bài số 2 này sẽ cung cấp cho người học các kiến thức cơ bản nhất về máy biến áp. Qua đó sẽ giúp chúng ta có khả năng:

- Mô tả cấu tạo, phân tích nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha và ba pha



- Xác định cực tính và đấu dây vận hành máy biến áp một pha, ba pha đúng kỹ thuật
- Đấu máy biến áp vận hành song song các máy biến áp
- Tính toán các thông số của máy biến áp ở trạng thái: không tải, có tải, ngắn mạch
- Quản máy biến áp một pha theo các thông số kỹ thuật
- Chọn lựa máy biến áp phù hợp với mục đích sử dụng
- Bảo dưỡng và sửa chữa máy biến áp theo yêu cầu

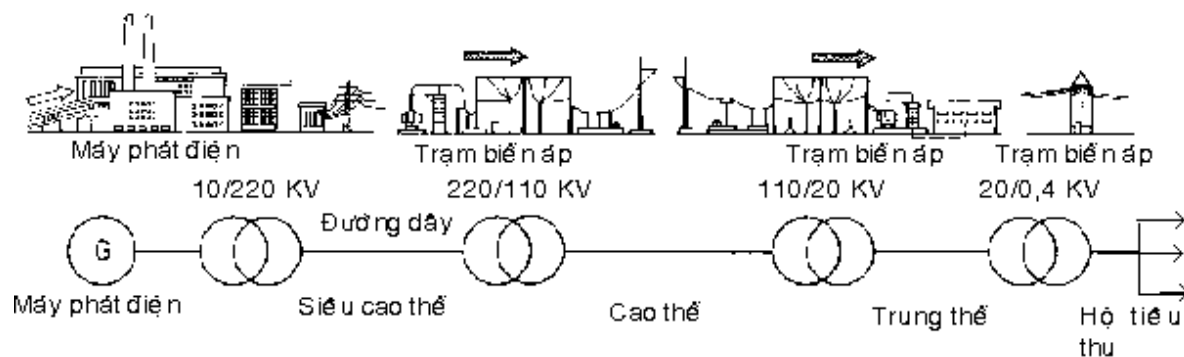
# BÀI 1

## TÍNH TOÁN QUẢN DÂY MÁY BIẾN ÁP

Mã bài: MD12-02

### 1. Tìm hiểu về các khái niệm chung

Để truyền tải và phân phối điện năng đi xa được phù hợp và kinh tế thì phải có những thiết bị để tăng và giảm áp ở đầu và cuối đường dây. Những thiết bị này gọi là máy biến áp (mba) (Hình -1). Những mba dùng trong hệ thống điện lực gọi là mba điện lực hay mba công suất. Mba chỉ làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng chứ không phải biến hoá năng lượng. Các loại mba như: mba điện lực, hàn điện, các mba dùng cho các thiết bị chỉnh lưu và đo lường...ngày nay, trong máy biến áp dây nhôm thay thế bằng đồng nhằm giảm kích thước và trọng lượng, tiết kiệm được đồng và giá thành rẻ hơn.



Hình 11. Sơ đồ mạng truyền tải đơn giản

Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh làm việc trên nguyên lý cảm ứng điện từ, biến đổi 1 hệ thống dòng điện xoay chiều ở điện áp này thành điện áp khác với tần số không đổi.

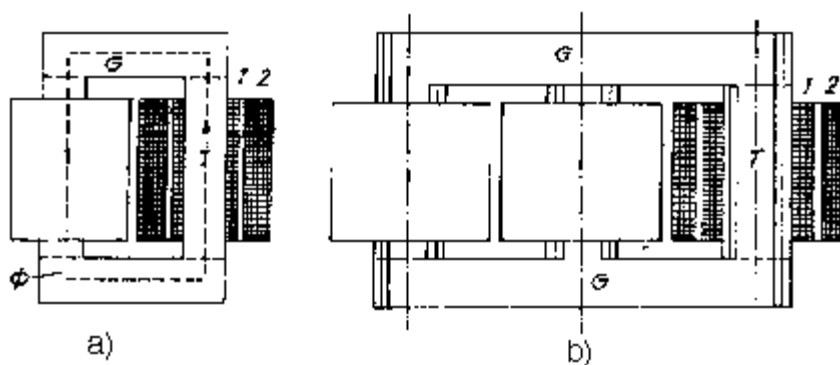
### 2. Cấu tạo máy biến áp

Máy biến áp có ba bộ phận chính: lõi thép, dây quấn và vỏ máy.

#### 2.1. Lõi thép

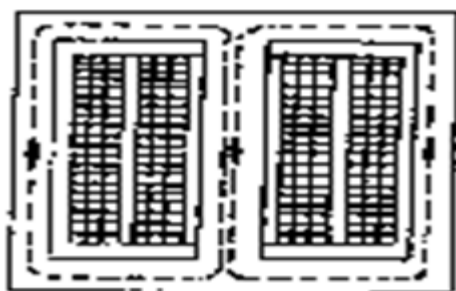
Lõi thép: dùng làm mạch dẫn từ, đồng thời làm khung để quấn dây quấn. theo hình dáng lõi thép người ta chia ra:

\* Mba kiểu lõi hay kiểu trụ: Dây quấn bao quanh lõi thép. Loại này sử dụng rất thông dụng cho mba 1 pha và 3 pha có dung lượng nhỏ và trung bình.



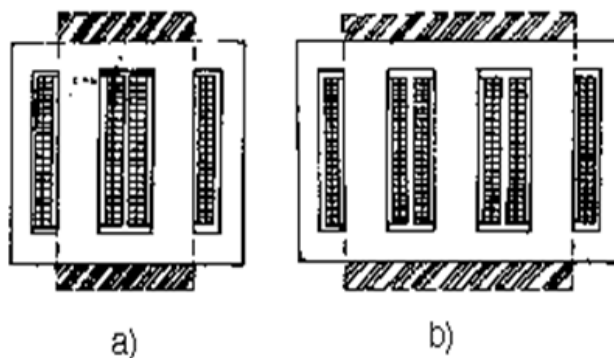
Hình 12. Mba kiểu lõi: a. một pha; b. ba pha

\* Mba kiểu bọc: Mạch từ được phân mạch nhánh ra hai bên và bọc lấy một phần dây quấn. Loại này dùng trong lò luyện kim, các máy biến áp 1 pha công suất nhỏ dùng trong kỹ thuật vô tuyến điện, truyền thanh.



Hình 13. Máy biến áp kiểu bọc

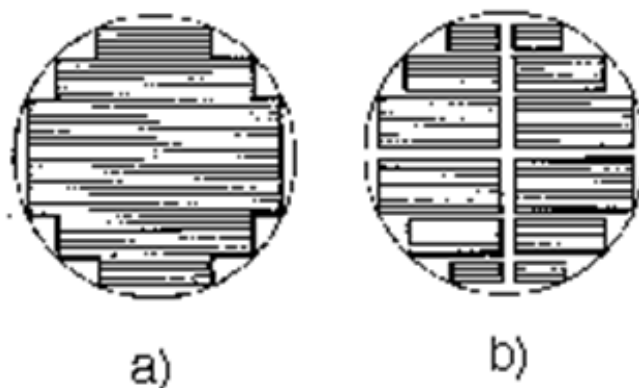
Ở các máy biến áp hiện đại, dung lượng mba này lớn và cực lớn (80 đến 100 MVA trên 1 pha), điện áp thật cao (từ 220 đến 400 KV) để giảm chiều cao của trụ thép và tiện lợi cho việc vận chuyển, mạch từ của mba kiểu trụ được phân nhánh sang hai bên nên mba hình dáng vừa kiểu bọc vừa kiểu trụ gọi là mba kiểu trụ bọc.



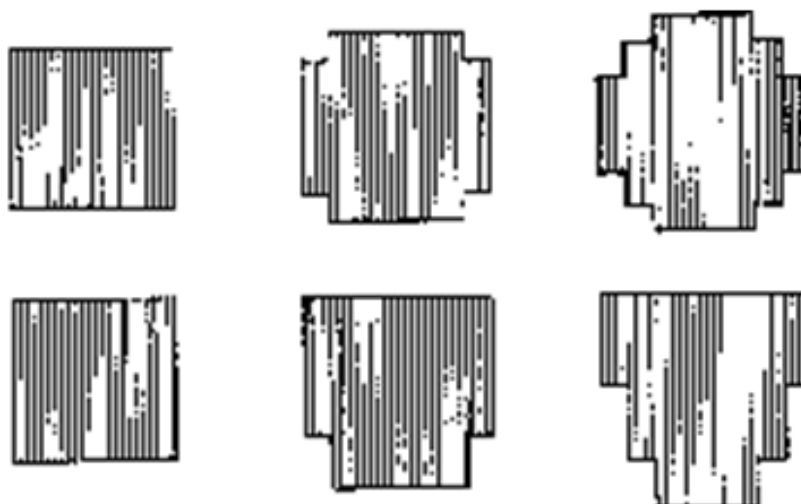
Hình 14. Máy biến áp kiểu trụ bọc: a. Một pha; b. Ba pha

Trình bày kiểu mba trụ bọc 3 pha, trường hợp này có dây quấn ba pha nhưng có 5 trụ nên gọi là mba 3 pha 5 trụ. Lõi thép mba gồm: 2 phần Phần trụ: kí hiệu chữ T. Phần

gông: kí hiệu chữ G. Trụ là phần lõi thép có quấn dây quấn, gông là phần lõi thép nối các trụ lại với nhau thành mạch từ kín có dây quấn.



Hình 15. Tiết diện của trụ thép



Hình 16. Các dạng thiết diện của trụ thép

Do dây quấn thường quấn thành hình tròn nên tiết diện ngang của trụ thép có dạng hình gần tròn. Gông từ vì không quấn dây nên để đơn giản trong việc chế tạo tiết diện ngang của gông có thể làm: hình vuông, hình chữ nhật, hình T.

Hiện nay các mba điện lực, người ta dùng tiết diện gông từ hình bậc thang. Vì lí do an toàn, toàn bộ lõi thép được nối đất cùng với vỏ máy.

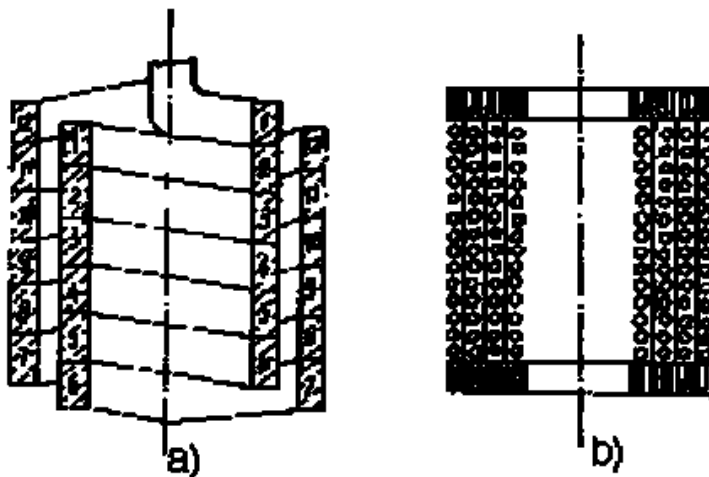
## 2.2. Dây quấn

Dây quấn là bộ phận dẫn điện của mba làm nhiệm vụ: thu năng lượng vào và truyền năng lượng ra. Chúng thường làm bằng Cu (đồng) hoặc Al (nhôm). Theo cách sắp xếp dây quấn cao áp và hạ áp chia làm hai loại: dây quấn đồng tâm và dây quấn xen kẽ.

### 2.2.1. Dây quấn đồng tâm

Tiết diện ngang là những vòng tròn đồng tâm. Dây quấn HA (hạ áp) thường quấn phía trong gần trụ thép còn dây quấn CA (cao áp) quấn phía ngoài bọc lấy dây quấn HA. Với các dây quấn này có thể giảm bớt điều kiện cách điện của dây quấn CA, vì dây quấn HA được cách điện dây quấn CA và trụ.

Những kiểu dây quấn đồng tâm chính bao gồm:



Hình 17. Dây quấn hình trụ: a. Dây quấnбет hai lớp; b. Dây quấn tròn

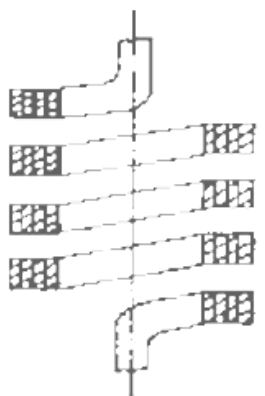
#### *α. Dây quấn hình trụ:*

Nếu tiết diện dây lớn thì dùng dâyбет và thường quấn thành 2 lớp;

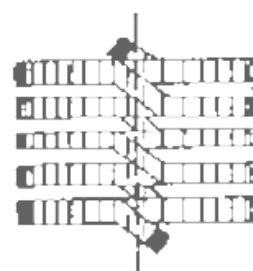
Nếu tiết diện dây nhỏ thì dùng dây tròn quấn thành nhiều lớp.

Dây quấn hình trụ dây tròn thường làm dây quấn CA, điện áp 35 KV còn dây quấn hình trụбет chủ yếu làm dây quấn HA từ 6 KV trở xuống.

#### *β. Dây quấn hình xoắn:*



Hình 18. Dây quấn hình xoắn



Hình 19. Dây quấn hình xoắn ốc

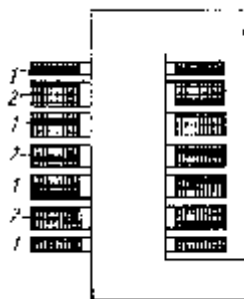
Gồm nhiều dâyбет chập lại với nhau quấn theo đường xoắn ốc, giữa các vòng dây có rãnh hở. Kiểu này thường dùng cho dây quấn HA của mba dung lượng trung bình và lớn.

#### *γ. Dây quấn xoắn ốc liên tục:*

Làm bằng dâyбет và khác với dây quấn hình xoắn ở chỗ, dây quấn này được quấn thành những bánh dây phẳng cách nhau bằng những rãnh hở. (Hình -9). Bằng cách hoán vị đặc biệt trong khi quấn dây, các bánh dây được nối tiếp một cách liên tục mà không cần mối hàn giữa chúng nên gọi là xoắn ốc liên tục. Dây quấn này chủ yếu dùng cuộn CA, điện áp 35 KV trở lên và dung lượng lớn.

### 2.2.2. Dây quấn xen kẽ

Các dây quấn CA và HA lần lượt xen kẽ nhau dọc theo trụ thép (Hình -10). Để cách điện dễ dàng, các bánh dây sát gông thường thuộc dây quấn HA. Kiểu dây này thường dùng trong mba kiểu bọc. Vì chế tạo và cách điện khó khăn nên các mba kiểu trụ không dùng dây quấn xen kẽ.



Hình 20. Dây quấn xen kẽ

## 2.3. Vỏ máy

### 2.3.1. Thùng mba

Làm bằng thép, hình bầu dục. Khi mba làm việc, một phần năng lượng, bị tiêu hao, thoát ra dưới dạng nhiệt đốt nóng lõi thép, dây quấn và các bộ phận khác làm nhiệt độ của chúng tăng lên. Do đó giữa mba và môi trường xung quanh có sự chênh lệch nhiệt độ. Giá trị nhiệt độ vượt quá mức qui định làm giảm tuổi thọ hoặc có thể gây ra sự cố cho mba.

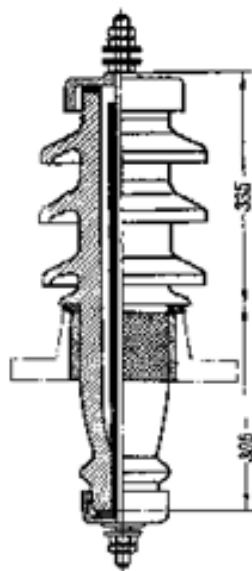
Nếu mba vận hành với tải liên tục thì thời gian sử dụng từ (15 đến 20 năm) và nó không bị sự cố và làm lạnh bằng cách ngâm trong thùng dầu. Nhờ sự đối lưu trong dầu nhiệt từ các bộ phận bên trong truyền sang dầu rồi qua vách thùng ra môi trường xung

quanh. Lớp dầu sát vách thùng nguội dần sẽ chuyển xuống phía dưới và lại tiếp tục làm nguội một cách tuần hoàn các bộ phận bên trong máy. Dầu còn làm nhiệm vụ tăng cường cách điện.

### 2.3.2. Nắp thùng

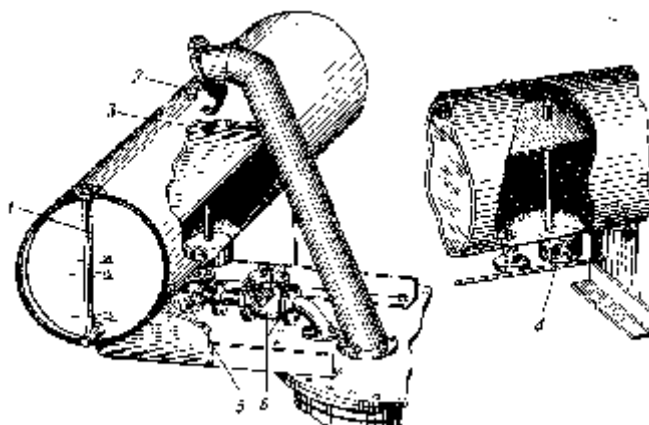
Dùng để đậy thùng và trên đó có đặt các chi tiết máy quan trọng như:

- Các sứ ra của dây quấn HA và CA: làm nhiệm vụ cách điện giữa dây dẫn với vỏ máy. Tùy theo điện áp mba người ta có sứ cách điện thường hoặc có dầu. Vẽ một sứ dầu ra 35 KV chứa dầu. Điện áp càng cao thì kích thước và trọng lượng sứ càng lớn.



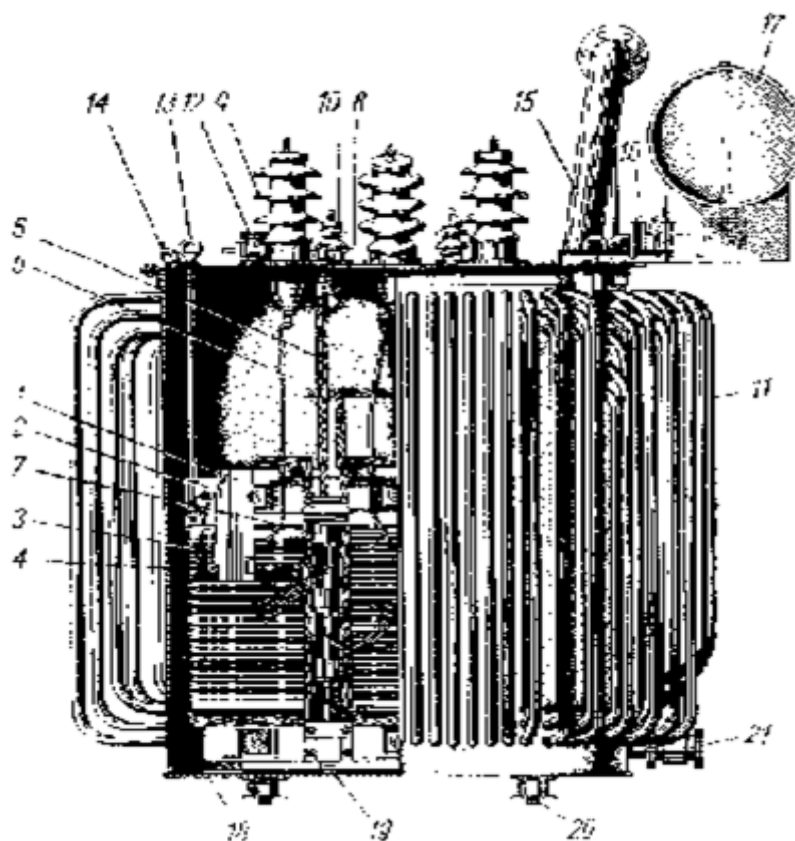
Hình 21. Sứ 35 kV chứa dầu

- *Bình giãn dầu*: là một thùng hình trụ bằng thép đặt trên nắp và nối với thùng bằng một ống dẫn dầu (Hình -12). Dầu trong thùng luôn đầy và duy trì ở mức nhất định và nó giãn nở tự do, ống chỉ mức dầu đặt bên cạnh bình giãn dầu dùng để theo dõi mức dầu ở trong.



Hình 22. Bình giãn dầu và ống bảo hiểm

- **Ống bảo hiểm:** làm bằng thép hình trụ nghiêng một đầu nối với nắp thùng, một đầu bịt bằng đĩa thủy tinh hoặc màng nhôm mỏng.



Hình 23. Máy biến áp dầu 3pha

Nếu áp suất trong thùng tăng lên đột ngột thì đĩa thủy tinh sẽ vỡ, dầu theo đó thoát ra ngoài bảo vệ mba.

1. Thép dẫn từ; 2. Má sắt ép gông. 3. Dây quấn điện áp thấp (HA). 4. Dây quấn cao áp (CA). 5. Ống dẫn dây ra của cao áp. 6. Ống dẫn dây ra của hạ áp. 7. Bộ chuyển mạch để điều khiển điện áp của dây quấn cao áp. 8. Bộ phận truyền động của bộ chuyển mạch; 9. Sứ ra của cao áp; 10. Sứ ra của hạ áp. 11. Thùng dầu kiểu ống; 12. Ống nhập dầu; 13. Quai để nâng ruột máy ra; 14. Mặt bích để nối với bơm chân không; 15. Ống có màng bảo hiểm; 16. Rơle hơi; 17. Bình giãn dầu; 18. Giá đỡ góc ở đáy thùng dầu; 19. Bulông dọc để bắt chặt má ép gông; 20. Bánh xe lăn; 21. Ống xả dầu

### 3. Tìm hiểu các đại lượng định mức

Các lượng định mức của máy biến áp do xưởng chế tạo máy biến áp quy định để cho máy có khả năng làm việc lâu dài và tốt nhất.



Ba đại lượng định mức cơ bản là:

### 3.1. Điện áp định mức

Điện áp sơ cấp định mức ký hiệu  $U_{1dm}$ , là điện áp đã quy định cho dây quấn sơ cấp. Điện áp thứ cấp định mức ký hiệu  $U_{2dm}$ , là điện áp giữa các cực của dây quấn thứ cấp, khi dây quấn thứ cấp hở mạch và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là định mức. Người ta quy ước với máy biến áp một pha điện áp định mức là điện áp pha, với máy biến áp ba pha là điện áp dây. Đơn vị điện áp ghi trên máy thường là kV.

### 3.2. Dòng điện định mức

Dòng điện định mức là dòng điện đã quy định cho mỗi dây quấn của biến áp, ứng với công suất định mức và điện áp định mức. Đối với máy biến áp một pha dòng điện định mức là dòng điện pha. Đối với máy biến áp ba pha dòng điện định mức là dòng điện dây. Đơn vị dòng điện ghi trên máy thường là A. Dòng điện sơ cấp định mức ký hiệu  $I_{1dm}$ , dòng điện thứ cấp định mức ký hiệu  $I_{2dm}$ .

### 3.3. Công suất định mức

Công suất định mức của máy biến áp là công suất biểu kiến thứ cấp ở chế độ làm việc định mức. Công suất định mức ký hiệu là  $S_{dm}$ , đơn vị là kVA. Đối với máy biến áp một pha công suất định mức là:

$$S_{dm} = U_{2dm} I_{2dm} = U_{1dm} I_{1dm} \quad (2-1)$$

Đối với máy biến áp ba pha công suất định mức là:

$$S_{dm} = \sqrt{3} U_{2dm} I_{2dm} = \sqrt{3} U_{1dm} I_{1dm} \quad (2-2)$$

Ngoài ra trên biển máy còn ghi tần số, số pha, sơ đồ nối dây, điện áp ngắn mạch, chế độ làm việc v.v...

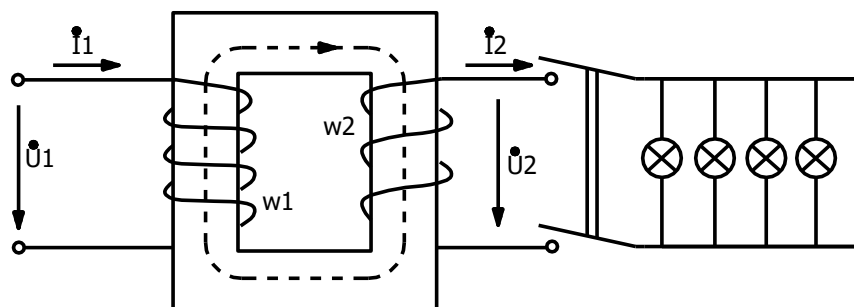
## 4. Tìm hiểu nguyên lý làm việc của máy biến áp

Trên Hình -24 vẽ sơ đồ nguyên lý của máy biến áp một pha có hai dây quấn  $W_1$  và  $W_2$ . Khi ta nối dây quấn  $W_1$  vào nguồn điện xoay chiều có điện áp  $u_1$ , sẽ có dòng điện sơ cấp  $i_1$  chạy trong dây quấn sơ cấp  $W_1$ . Dòng điện  $i_1$  sinh ra từ thông  $\Phi$  biến thiên chạy trong lõi thép, từ thông này móc vòng (xuyên qua) đồng thời với cả hai dây quấn sơ cấp  $W_1$  và thứ cấp  $W_2$ , được gọi là từ thông chính.

Theo quy luật cảm ứng điện từ, sự biến thiên của từ thông  $\Phi$  làm cảm ứng vào dây quấn sơ cấp sức điện động là:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (2-3)$$

và cảm ứng vào dây quấn thứ cấp sức điện động là:



Hình 24

$$e_2 = -W_2 \frac{d\phi}{dt} \quad (2-4)$$

trong đó  $W_1, W_2$  là số vòng của dây quấn sơ cấp và thứ cấp. Khi máy biến áp không tải, dây quấn thứ cấp hở mạch, dòng điện thứ cấp  $I_2 = 0$ , từ thông chính  $\Phi$  trong lõi thép chỉ do dòng sơ cấp  $I_0$  sinh ra.

Khi máy biến áp có tải, dây quấn thứ cấp nối với tải có tổng trở tải  $\bar{Z}_1$ , dưới tác động của sức điện động  $e_2$ , có dòng điện thứ cấp  $i_2$  cung cấp điện cho tải. Khi ấy từ thông chính  $\Phi$  do đồng thời cả hai dòng sơ cấp  $i_1$  và thứ cấp  $i_2$  sinh ra.

Điện áp  $u_1$  hình sin nên từ thông cũng biến thiên hình sin  $\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t$  ta có:

$$\begin{aligned} e_1 &= -W_1 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_1\Phi_{\max} \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ &= E_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \end{aligned} \quad (2-5)$$

$$\begin{aligned} e_2 &= -W_2 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_2\Phi_{\max} \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \\ &= E_2 \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \end{aligned} \quad (2-6)$$

Trong đó:  $E_1 = 4,44fW_1\Phi_{\max} \quad (2-7)$

$$E_2 = 4,44fW_2\Phi_{\max} \quad (2-8)$$

$E_1, E_2$  là trị số hiệu dụng sức điện động sơ cấp, thứ cấp.

Nhìn công thức (2-5) và (2-6) ta thấy: sức điện động thứ cấp và sơ cấp có cùng tần số, nhưng trị số hiệu dụng khác nhau.

Nếu chia  $E_1$  cho  $E_2$  ta có:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (2-9)$$

$k$  được gọi là hệ số biến áp.

Nếu bỏ qua điện trở dây quấn và từ thông tản ra ngoài không khí, có thể coi gần đúng  $U_1 \approx E_1$ ,  $U_2 \approx E_2$ , ta có:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = k$$

nghĩa là tỷ số điện áp sơ cấp và thứ cấp gần đúng bằng tỷ số vòng dây.

Đối với máy tăng áp có:  $U_2 > U_1$ ;  $W_2 > W_1$

Đối với máy giảm áp có:  $U_2 < U_1$ ;  $W_2 < W_1$

Như vậy dây quấn sơ cấp và thứ cấp không trực tiếp liên hệ với nhau về điện nhưng nhờ có từ thông chính, năng lượng đã được truyền từ dây quấn sơ cấp sang thứ cấp.

Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, có thể coi gần đúng, quan hệ giữa các đại lượng sơ cấp và thứ cấp như cấp:

$$U_2 I_2 \approx U_1 I_1$$

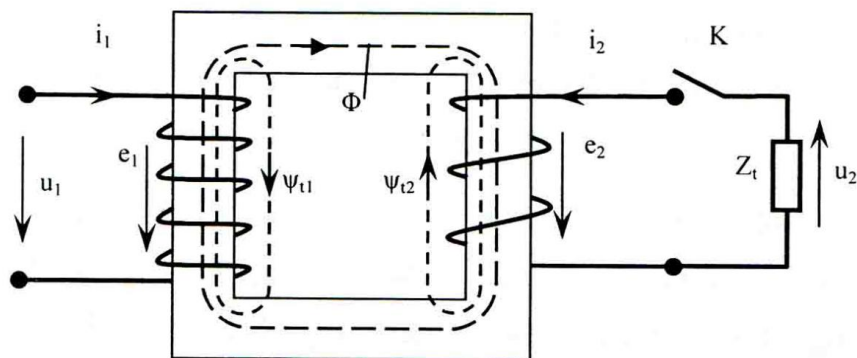
Hoặc

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} \approx k \quad (2-10)$$

## 5. Vẽ sơ đồ thay thế của máy biến áp

### 5.1. Phương trình cân bằng điện từ

Khi viết hệ phương trình, trước hết ta chọn chiều  $i_1$  như. Theo quy tắc vắn nút chai, chiều  $\Phi$  phù hợp với chiều  $i_1$ , chiều  $e_1$ ,  $e_2$  phù hợp với chiều  $\Phi$  nghĩa là  $e_1$  và  $i_1$  trùng chiều. Chiều  $i_2$  được chọn ngược với chiều  $e_2$ , nghĩa là chiều  $i_2$  không phù hợp với chiều  $\Phi$  theo quy tắc trên.



Hình 25

Ngoài từ thông chính  $\Phi$  chạy trong lõi thép như đã nói ở trên, trong máy biến áp còn có từ thông tản. Từ thông tản không chạy trong lõi thép mà chạy tản ra trong không khí, các vật liệu cách điện v.v... Từ thông tản khép mạch qua các vật liệu không sắt từ, có độ dẫn từ kém, do đó từ thông tản nhỏ rất nhiều so với từ thông chính. Từ thông tản chỉ móc vòng riêng rẽ với mỗi dây quấn. Từ thông tản móc vòng sơ cấp ký hiệu là  $\psi_{t1}$  - do dòng điện sơ cấp  $i_1$  gây ra. Từ thông tản móc vòng thứ cấp  $\psi_{t2}$  do dòng điện thứ cấp  $i_2$  gây ra. Ở chương 1 đã biết, từ thông tản được đặc trưng bằng điện cảm tản

Điện cảm tản dây quấn sơ cấp  $L$  là:

$$L_1 = \frac{\Psi_{t1}}{i_1} \tag{2-11}$$

Điện cảm tản dây quấn thứ cấp  $L_2$  là:

$$L_2 = \frac{\Psi_{t2}}{i_2} \tag{2-12}$$

### 5.1.1. Phương trình cân bằng điện sơ cấp

Chúng ta hãy xét mạch điện sơ cấp, gồm nguồn điện áp  $u_1$ , sức điện động  $e_1$ , điện trở dây quấn sơ cấp  $R_1$ , điện cảm tản sơ cấp  $L_1$ . Áp dụng định luật Kiêchốp 2 ta có phương trình cân bằng điện sơ cấp viết dưới dạng trị số tức thời là:

$$R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} = u_1 + e_1$$

Hoặc chuyển vế ta có:

$$u_1 = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} - e_1 \tag{2-13}$$

Nếu viết dưới dạng số phức, ta có phương trình cân bằng điện áp sơ cấp:

$$\dot{U} = R_1 \cdot \dot{I}_1 + jX_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1 = Z_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1$$

Trong đó tổng trở phức dây quấn sơ cấp là:

$$\bar{Z}_1 = R_1 + j\omega L_1 = R_1 + jX_1 \quad (2-14)$$

Và điện kháng tản phía sơ cấp  $X_1 = \omega L_1$

### 5.1.2. Phương trình cân bằng điện thứ cấp

Mạch điện thứ cấp gồm sức điện động  $e_2$ , điện trở dây quấn thứ cấp  $R_2$ , điện cảm tản dây quấn thứ cấp  $L_2$ , tổng trở tải  $\bar{Z}_t$ . Phương trình Kiéochóp 2 viết dưới dạng trị số tức thời là:

$$R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + u_2 = e_2 \quad (2-15)$$

Nếu viết dưới dạng số phức, ta có phương trình cân bằng điện áp thứ cấp:

$$\dot{U}_2 = -R_2 \cdot \dot{I}_2 - jX_2 \cdot \dot{I}_2 + \dot{E}_2 = -Z_2 \cdot \dot{I}_2 + \dot{E}_2 \quad (2-16)$$

Trong đó tổng trở phức phía thứ cấp:

$$Z_2 = R_2 + j\omega L_2 = R_2 + jX_2$$

Và điện kháng tản phía thứ cấp:  $X_2 = \omega L_2$

Điện áp thứ cấp chính là điện áp đặt lên tải, do đó:

$$\dot{U}_2 = Z_t \cdot \dot{I}_2 \quad (2-17)$$

### 5.1.3. Phương trình cân bằng từ

Trong phương trình cân bằng điện sơ cấp  $\dot{U}_1 = Z_1 \cdot \dot{I}_1 - \dot{E}_1$ , thành phần điện áp

$Z_1 \cdot \dot{I}_1$  thường rất nhỏ, vì thế có thể lấy gần đúng về mặt trị số hiệu dụng  $U_1 \approx E_1$

Vì điện áp lưới đặt vào phía sơ cấp  $U_1$  không đổi, nên sức điện động  $E_1$  không đổi và từ thông chính  $\phi_{\max}$  sẽ không đổi. Với chế độ không đổi, từ thông chính chỉ do sức từ động của dây quấn sơ cấp ( $i_0 w_1$ ) sinh ra, còn chế độ có tải, từ thông chính do sức từ động của cả hai dây quấn sơ cấp và thứ cấp sinh ra. Sức từ động lúc có tải là ( $i_1 w_1 + i_2 w_2$ ). Vì  $\phi_{\max}$  không đổi, nên sức từ động không tải bằng sức từ động lúc có tải, do đó ta có phương trình cân bằng từ viết dưới dạng tức thời:  $i_0 w_1 = i_1 w_1 + i_2 w_2$ . Chia cả hai vế cho  $w_1$ , ta có:

$$i_0 = i_1 + i_1 \frac{w_2}{w_1} = i_1 + \frac{i_2}{\frac{w_1}{w_2}} = i_1 + \frac{i_2}{k} = i_1 + i_2' \quad \text{hoặc} \quad i_1 = i_0 - i_2'$$

Trong đó:  $k = w_1/w_2$  là hệ số máy biến áp

$i_0$  là dòng điện phía sơ cấp khi máy biến áp ở chế độ không tải

$i_2' = i_2/k$  là dòng điện thứ cấp đã quy đổi về phía sơ cấp

Vậy phương trình cân bằng từ dạng số phức là:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2)$$

Phương trình cân bằng từ cho thấy rõ quan hệ giữa mạch điện sơ cấp và thứ cấp

Kết luận: Mô hình toán của máy biến áp dưới dạng số phức là:

$$\begin{cases} U_1 = Z_1 \cdot I_1 - \dot{E}_1 \\ U_2 = -Z_2 \cdot I_2 + \dot{E}_2 \\ I_1 = I_0 - \dot{I}_2' \end{cases} \quad (2.18)$$

## 5.2. Sơ đồ thay thế của máy biến áp

Từ mô hình toán ta sẽ xây dựng mô hình mạch điện gọi là sơ đồ thay thế như hình 2.19a, phản ánh đầy đủ quá trình năng lượng trong máy, thuận lợi cho việc phân tích, nghiên cứu máy biến áp.

Nhân phương trình cân bằng điện áp thứ cấp và phương trình điện áp thứ cấp với tỉ số biến áp  $k$ .

$$k \cdot U_2 = -k \cdot Z_2 \cdot I_2 + k \cdot E_2 = k \cdot E_2 - k^2 \cdot Z_2 \cdot \frac{I_2}{k} \quad (2.19)$$

$$k \cdot U_2 = k \cdot Z_1' \cdot I_2 = k^2 \cdot Z_1' \cdot \frac{I_2}{k} \quad (2.20)$$

Đặt:  $E_2' = k \cdot E_2 = \dot{E}_1$  và  $U_2' = k \cdot U_2$

$Z_2' = k^2 \cdot Z_2$ ;  $R_2' = k^2 \cdot R_2$ ;  $X_2' = k^2 \cdot X_2$

$Z_1' = k^2 \cdot Z_1$ ;  $R_1' = k^2 \cdot R_1$ ;  $X_1' = k^2 \cdot X_1$

$$I_2' = I_2/k$$

Khi đó sẽ trở thành

$$U_2' = E_1 - Z_2' \cdot I_2' \quad (2.21)$$

Đây là các phương trình cân bằng điện phía thứ cấp đã quy đổi về sơ cấp, trong đó các thông số, đại lượng có mang dấu phẩy ở phía trên được biểu diễn là các thông số phía thứ cấp đã được quy đổi về sơ cấp

Công thức quy đổi các đại lượng phía thứ cấp về sơ cấp nêu trên cần thỏa mãn điều kiện quy đổi là bảo toàn năng lượng. Điều kiện đó đã được bảo đảm trong quá trình biến đổi ở trên. Thật vậy, công suất trên các phần tử trước và sau khi quy đổi phải bằng nhau, ví dụ:

$$I_2' \cdot E_2' = \frac{I_2}{k} \cdot k \cdot E_2 = I_2 \cdot E_2$$

Bây giờ xét phương trình

$$U_1 = Z_1 \cdot I_1 - E_1 \quad (2.22)$$

Trong đó  $Z_1 \cdot I_1$  là thành phần điện áp trên tổng trở dây quấn sơ cấp  $Z_1$  và thành phần  $(-E_1)$  là điện áp trên tổng trở  $Z_{th}$  đặc trưng cho từ thông chính  $\Phi$  và tổn hao sắt từ. Vì từ thông chính  $\Phi$  do dòng không tải  $i_0$  sinh ra nên ta có thể viết:

$$(-E_1) = (R_{th} + jX_{th}) I_0 = Z_{th} \cdot I_0$$

Trong đó:  $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$  gọi là tổng trở từ hóa đặc trưng cho mạch từ;

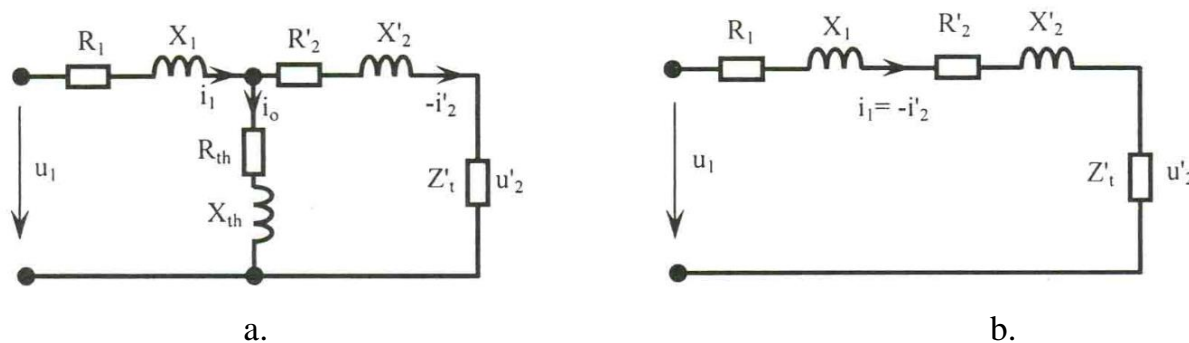
$R_{th}$  là điện trở từ hóa đặc trưng cho tổn hao sắt từ ( $\Delta P_{st} = R_{th} \cdot I_0^2$ );

$X_{th}$  là cảm kháng từ hóa đặc trưng cho từ thông chính  $\Phi$

Thay giá trị  $(-E_1)$  vào hệ phương trình mô hình toán, ta có:

$$\begin{cases} U_1 = Z_1 \cdot I_1 - Z_{th} \cdot I_0 \\ U_2' = -Z_{th} \cdot I_0 - Z_2' \cdot I_2' \\ I = I_0 - I_2' \end{cases} \quad (2.25)$$

Hệ phương trình chính là hai phương trình Kirchhoff 2 và một phương trình Kirchhoff 1 viết cho mạch điện, trong đó nhánh có  $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$  được gọi là nhánh từ hóa.



Hình 26

Thông thường, tổng trở từ hóa  $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$  rất lớn, dòng  $I_0$  rất nhỏ, do đó có thể bỏ nhánh từ hóa và ta có sơ đồ thay thế đơn giản như hình 2.19b. Sơ đồ thay thế đơn giản được dùng nhiều trong việc tính toán gần đúng các đặc tính của máy biến áp

## 6. Hoạt động làm việc của máy biến áp

### 6.1. Chế độ không tải

Chế độ không tải là chế độ mà phía thứ cấp hở mạch, phía sơ cấp đặt vào điện áp.

#### 6.1.1. Phương trình và sơ đồ thay thế của máy biến áp không tải

Khi không tải  $I_2 = 0$  ta có:

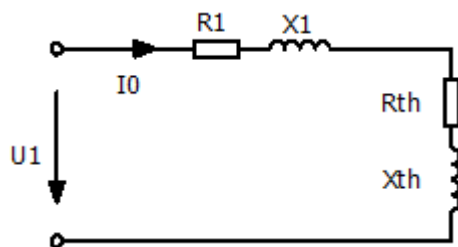
$$U_1 = I_0 \bar{Z}_1 - E_1$$

Hoặc: 
$$U_1 = I_0 (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_{th}) = I_0 \bar{Z}_0 \quad (2-26)$$

$$\bar{Z}_0 = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_{th}, \text{ là tổng trở máy biến áp không tải}$$

Sơ đồ thay thế của máy biến áp không tải vẽ trên Hình -17





Hình 27. Sơ đồ máy biến áp không tải

Như vậy, hệ phương trình của máy biến áp khi không tải là:

$$\begin{cases} U_1 = Z_1 \cdot I_1 - E_1 = I_0(R_1 + jX_1) - E_1 \\ U_{20} = E_2 \\ I_1 = I_0 \end{cases} \quad (2.27)$$

### 6.1.2. Các đặc điểm ở chế độ không tải

#### - Dòng điện không tải

$$I_0 = \frac{U_1}{Z_0} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_{th})^2 + (X_1 + X_{th})^2}}$$

Tổng trở  $Z_0$  thường rất lớn vì thế dòng điện không tải nhỏ bằng 3% + 10% dòng điện định mức.

#### - Công suất không tải

Ở chế độ không tải công suất đưa ra phía thứ cấp bằng không, song máy vẫn tiêu thụ công suất  $P_0$ , công suất  $P_0$  gồm công suất tổn hao sắt từ  $\Delta P_{st}$  trong lõi thép và công suất tổn hao trên điện trở dây quấn sơ cấp  $\Delta P_{R1}$ . Vì dòng điện không tải nhỏ cho nên có thể bỏ qua công suất tổn hao trên điện trở và coi gần đúng:

$$P_0 \sim \Delta P_{st} \quad (2-28)$$

#### - Hệ số công suất không tải.

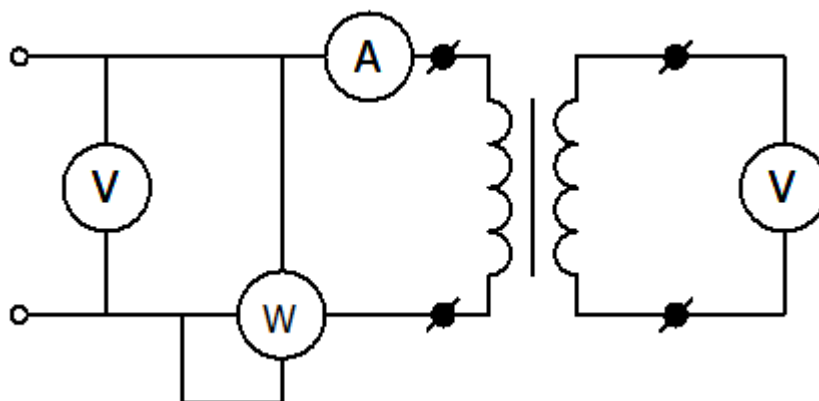
Công suất phản kháng không tải  $Q_0$  rất lớn so với công suất tác dụng không tải  $P_0$ . Hệ số công suất lúc không tải thấp.

$$\cos \varphi_0 = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + X_0^2}} = \frac{P_0}{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}} = 0,1 + 0,3$$

Từ những đặc điểm trên ta nhận thấy rằng không nên để máy ở tình trạng không tải hoặc non tải.

### 6.1.3. Thí nghiệm không tải của máy biến áp

Để xác định hệ số biến áp  $k$ , tổn hao sắt từ và các thông số của máy ở chế độ không tải, ta tiến hành thí nghiệm không tải. Sơ đồ thí nghiệm không tải vẽ trên Hình - 18



Hình 28. Sơ đồ thí nghiệm không tải

Đặt điện áp định mức vào dây quấn sơ cấp, thứ cấp hở mạch, các dụng cụ đo cho ta các số liệu sau:

Oátmét chỉ công suất không tải  $P_0 \approx \Delta P_{st}$

Ampemét cho ta dòng điện không tải  $I_0$

Các vônmet cho giá trị  $U_1, U_{20}$ .

Từ đó ta tính được:

**- Hệ số biến áp  $k$ .**

$$k = \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

**- Dòng điện không tải phần trăm.**

$$I_0\% = \frac{I_0}{I_{1dm}} 100\% = 3\% + 10\%$$

$I_{1dm}$  là dòng điện định mức sơ cấp.

**- Điện trở không tải.**

$$R_0 = \frac{P_0}{I_0^2} \tag{2-29}$$

$$R_0 = R_1 + R_{th}$$

Vì rằng:

$$R_{th} \gg R_1 \text{ nên lấy gần đúng}$$

$$R_{th} \approx R_0 \tag{2-30}$$

**- Tổng trở không tải.**

$$z_0 = \frac{U_{1dm}}{I_0} \tag{2-31}$$

Cũng như trên tổng trở từ hoá lấy gần đúng là:

$$z_{th} \approx z_0 \tag{2-32}$$

**- Điện kháng không tải.**

$$X_0 = \sqrt{z_0^2 - R_0^2} \tag{2-33}$$

Điện kháng từ hoá lấy gần đúng là:

$$X_{th} \approx X_0 \tag{2-34}$$

**- Hệ số công suất không tải.**

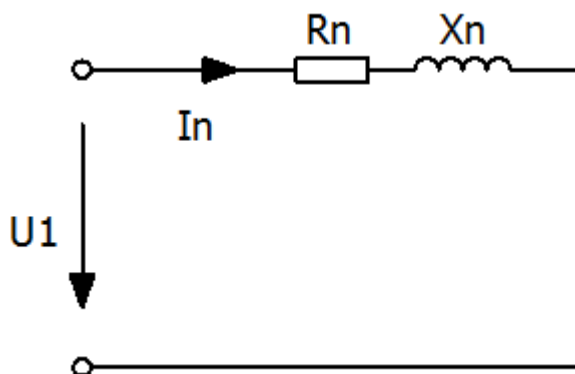
$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_{1dm} \cdot I_0} = 0,1 + 0,3 \tag{2-35}$$

**6.2. Chế độ ngắn mạch**

Chế độ ngắn mạch là chế độ mà phía thứ cấp bị nối tắt lại, sơ cấp vẫn đặt vào điện áp định mức. Trong vận hành, do nhiều nguyên nhân làm máy biến áp bị ngắn mạch như hai dây dẫn điện ở phía thứ cấp chập vào nhau, rơi xuống đất hoặc nối với nhau bằng một dây tổng trở rất nhỏ. Đây là tình trạng sự cố!

**6.2.1. Phương trình và sơ đồ thay thế của máy biến áp ngắn mạch.**

Sơ đồ thay thế của máy biến áp ngắn mạch vẽ trên Hình -19. Vì tổng trở  $z'_2$  rất nhỏ so với  $z_{th}$ , nên coi gần đúng có thể bỏ nhánh từ hoá. Dòng điện sơ cấp là dòng điện ngắn mạch  $I_n$ .



Hình 29. Sơ đồ thay thế máy biến áp ngắn mạch

Phương trình cân bằng điện là:

$$U_1 = I_n(\bar{Z}_1 + \bar{Z}'_2) = I_n \bar{Z}_n \tag{2-36}$$

Trong đó:

$$\bar{Z}_n = (R_1 + R'_2) + j(X_1 + X'_2) = R_n + jX_n = z_n e^{j\varphi_n}$$

$R_n \approx R_1 + R'_2$  là điện trở ngắn mạch máy biến áp.

$X_n = X_1 + X'_2$  là điện kháng ngắn mạch máy biến áp.

$z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$  là tổng trở ngắn mạch máy biến áp.

$z_n$  là tổng trở phức ngắn mạch máy biến áp.

### 6.2.2. Các đặc điểm ở chế độ ngắn mạch

#### - Dòng điện ngắn mạch.

Từ phương trình trên ta có dòng điện ngắn mạch.

$$I_n = \frac{U_{1dm}}{Z_n} \tag{2-37}$$

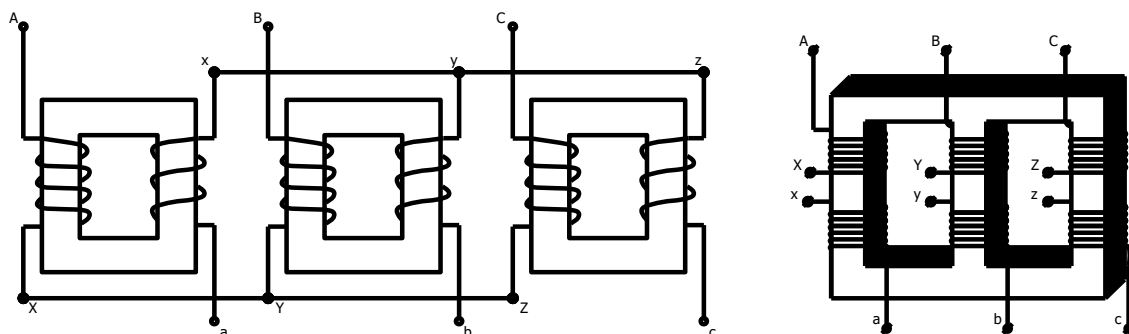
Vì tổng trở ngắn mạch rất nhỏ cho nên dòng điện ngắn mạch thường lớn bằng 10 ÷ 25 lần dòng điện định mức, nguy hiểm đối với máy biến áp và ảnh hưởng đến các tải dùng điện.

- Lúc ngắn mạch điện áp thứ cấp  $U_2 = 0$  do đó điện áp ngắn mạch  $U_n$  là điện áp rơi trên tổng trở dây quấn.

Từ các nhận xét trên, khi sử dụng máy biến áp cần tránh tình trạng ngắn mạch.

## 7. Hoạt động máy biến áp ba pha

Để biến đổi điện áp của hệ thống dòng điện ba pha, ta có thể dùng 3 máy biến áp một pha, hoặc dùng máy biến áp ba pha. Về cấu tạo, lõi thép của máy biến áp ba pha gồm 3 trụ như Hình -25. Dây quấn sơ cấp ký hiệu bằng các chữ in hoa: Pha A ký hiệu là AX, pha B là BY, pha C là CZ. Dây quấn thứ cấp ký hiệu bằng các chữ thường: pha a là ax, pha b là by, pha c là cz. Dây quấn sơ cấp và thứ cấp có thể nối hình sao hoặc hình tam giác. Nếu sơ cấp nối hình tam giác, thứ cấp nối hình sao ta ký hiệu là  $\Delta/Y$ . Nếu sơ cấp nối hình sao, thứ cấp nối hình sao có dây trung tính ta ký hiệu là  $Y/Y_0$ .

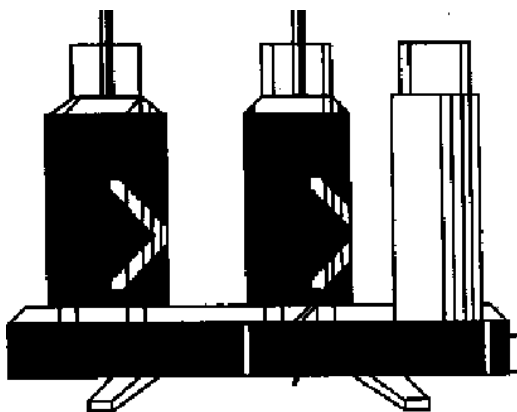


Hình 30. Máy biến áp 3pha 3 trụ

Gọi số vòng dây của một pha sơ cấp là  $W_1$ , số vòng dây một pha thứ cấp là  $W_2$ , tỷ số điện áp pha giữa sơ cấp và thứ cấp sẽ là:

$$\frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \tag{2-60}$$

Tỷ số điện áp dây không những chỉ phụ thuộc vào tỷ số vòng dây mà còn phụ thuộc vào cách nối hình sao hay tam giác.



Hình 31

Khi nối  $\Delta/Y$  (Hình -27a), ta có  $U_{d1} = U_{p1}$  còn thứ cấp nối hình sao  $U_{d2} = \sqrt{3} U_{p2}$ . Vậy tỷ số điện áp dây là:

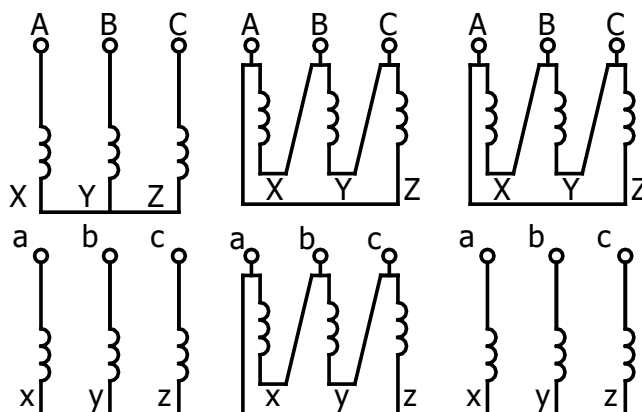
$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p2}}{\sqrt{3} U_{p2}} = \frac{W_1}{\sqrt{3} W_2} \tag{2-61}$$

Khi nối  $\Delta/\Delta$  (Hình -27b), sơ cấp  $U_{d1} = U_{p1}$  và thứ cấp  $U_{d2} = U_{p2}$  cho nên:

$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \tag{2-62}$$

Khi nối  $Y/Y$  (Hình -27c).

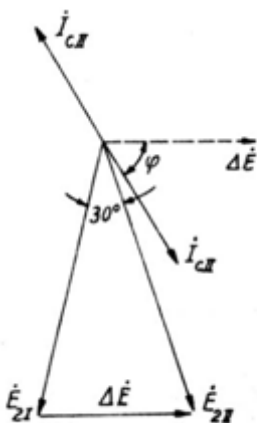
$$\frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3} U_{p1}}{\sqrt{3} U_{p2}} = \frac{W_1}{W_2} \tag{2-63}$$





### 8.1. Điều kiện cùng tổ nối dây

Giả sử trong 2 MBA làm việc // với tổ nối dây Y/D - 11 và Y/Y - 12 có điện áp định mức sơ và thứ cấp giống nhau. Khi S.đ.đ thứ cấp  $E_2$  của các pha tương ứng của các MBA này bằng nhau về trị số chúng sẽ lệch pha nhau  $30^\circ$ .



Hình 34. Sơ đồ điện áp và dòng điện của các máy biến áp có tổ nối dây khác nhau làm việc song song

Trong mạch nối liền các dây quấn thứ của 2 MBA sẽ xuất hiện 1 s.đ.đ:

$\Delta E = 2E_2 \sin 15^\circ = 0,518E_2$ . Kết quả là ngay khi không tải trong cuộn sơ và thứ của các máy biến áp có dòng điện cân bằng:

$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{Z_{nI} + Z_{nII}} \tag{2-65}$$

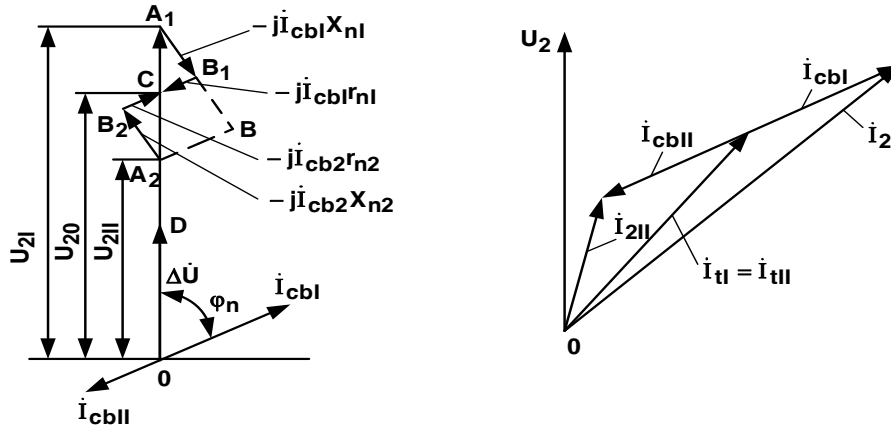
Thí dụ:  $z_{nI}^* = z_{nII}^* = 0,05$ , thì:

$$I_{cb}^* = \frac{0,518}{0,05 + 0,05} = 5,18$$

Trị số dòng điện gấp hơn năm lần dòng điện định mức này sẽ làm hỏng máy biến áp. Vì vậy qui định rằng các máy biến áp làm việc song song bắt buộc phải có cùng tổ nối dây.

### 8.2. Điều kiện cùng hệ số biến áp

Giả sử 2 máy biến áp 1 pha làm việc song song thỏa mãn điều kiện 1 và điều kiện 3, ví dụ  $k_I < k_{II}$  và xem điện áp lưới bằng điện áp định mức của những MBA làm việc song song :  $U_1 = U_{1đmI} = U_{1đmII}$ .



Hình 35. Đồ thị véctơ và sự phân bố phụ tải của MBA làm việc song song.

a. Khi không tải.

b. Khi có K khác nhau.

Khi đó:

$$U_{2I} = \frac{U_1}{k_I} > U_{2II} = \frac{U_1}{k_{II}}$$

Thêm vào đó các véc tơ trùng pha với nhau vì cùng tổ nối dây điều kiện 1 (h4-5a). Dưới tác dụng của hiệu điện áp trong các MBA 1 và 2 xuất hiện  $I_{cb}$ , sự phân bố tức thời của nó trong các máy biến áp 1 và 2 bằng những mũi tên. Chúng ta thấy đối với  $I_{cb}$  thì các MBA 1 và 2 ở vào chế độ ngắn mạch và dòng điện đó chạy trong dây quấn MBA theo chiều ngược nhau  $I_{cb2} = -I_{cb1}$ .

Nếu gọi  $z_{nI}$  và  $z_{nII}$  là tổng trở ngắn mạch của MBA 1 và 2 thì :

$$i_{cb} = \frac{\Delta U}{z_{nI} + z_{nII}} = \frac{U_1 \left( \frac{1}{k_I} - \frac{1}{k_{II}} \right)}{z_{nI} + z_{nII}} = \frac{U_1 \frac{k_{II} - k_I}{k_I k_{II}}}{z_{nI} + z_{nII}}$$

Để biến đổi công thức đó ta thay  $k_I.k_{II} = k^2$  và  $U_1/k = U_{2đm}$  ở đây k là tỉ số biến đổi trung bình của 2 MBA và  $U_{2đm}$  là trị số trung bình điện áp định mức thứ cấp.

vì  $U_{nrI} = U_{nrII}$  và  $U_{nxI} = U_{nxII}$  (theo điều kiện 3) nên:

$$i_{cb} = \frac{\frac{U_1}{k} \frac{k_{II} - k_I}{k}}{z_{nI} + z_{nII}} = \frac{U_{2đm} \frac{k_{II} - k_I}{k} 100}{\frac{z_{nI} |I_{2đmI}|}{I_{2đmI}} 100 + \frac{z_{nII} |I_{2đmII}|}{I_{2đmII}} 100}$$



$$= \frac{\Delta k}{\frac{z_{nI} I_{2dmI}}{U_{2dm}} \frac{100}{I_{2dmI}} + \frac{z_{nII} I_{2dmII}}{U_{2dm}} \frac{100}{I_{2dmII}}}$$

$$= \frac{\Delta k}{\frac{U_{nI} \%}{I_{2dmI}} + \frac{U_{nII} \%}{I_{2dmII}}}$$

Trong đó:

$$\Delta k = \frac{k_{II} - k_I}{k} 100 \tag{2-66}$$

là hiệu số tỉ số biến đổi tính theo phần trăm so với trị số trung bình của nó.  $I_{2dmI}$  và  $I_{2dmII}$  là trị số là các trị số dòng định mức của MBA 1 và 2. thường dòng điện  $I_{cb}$  được biểu diễn theo phần trăm so với dòng điện định mức của một trong những MBA. Thí dụ so với  $I_{2dmI}$  của MBA1. Khi đó :

$$I_{cb} \% = \frac{I_{cbI}}{I_{2dmI}} 100 = \frac{\Delta k \cdot 100}{U_{nI} \% + U_{nII} \% \frac{I_{2dmI}}{I_{2dmII}}} = \frac{\Delta k \cdot 100}{U_{nI} \% + U_{nII} \% \frac{S_{dmI}}{S_{dmII}}}$$

Thí dụ : Cho  $Dk = 1\%$ ,  $U_{nI} \% = U_{nII} \% = 5,5$  và Khi đó  $I_{cbI} = 9,1\%$ ;  $14\%$ ;  $18,3\%$ .

Nếu công suất định mức của các MA như nhau nghĩa là  $S_{dmI} = S_{dmII}$  thì khi  $U_{nI} = U_{nII}$  (điều kiện 3) chúng ta có  $z_{nI} = z_{nII}$ . Trong trường hợp này tam giác ngắn mạch  $A_1B_1C$  và  $A_2B_2C$  bằng nhau về độ lớn và đoạn  $A_1A_2$  được chia làm 2 phần bằng nhau tại C. Như vậy trong trường hợp này  $I_{cbI}$  làm giảm thấp điện áp  $U_{2I}$  tới điện áp chung trên thanh góp điện áp thứ cấp. Còn  $I_{cbII}$  làm tăng điện áp  $U_{2II}$  tới cùng điện áp ấy  $U_{20} = OC$ . Đó là vai trò của  $I_{cb}$  trong trường hợp này.

Nếu công suất MBA khác nhau thí dụ  $S_{dmI} < S_{dmII}$  thì khi  $U_{nI} = U_{nII}$  thì điện trở  $r_n$  và  $x_n$  tỉ lệ ngược với công suất nghĩa là :  $r_{nI} > r_{nII}$  và  $x_{nI} > x_{nII}$ . Tương ứng với điều đó  $A_1B_1C$  sẽ lớn hơn  $A_2B_2C$  nhưng đồng dạng với nó. Vì vậy điểm C chuyển động theo  $A_1A_2$  xuống phía dưới. Tới giới hạn khi  $S_{dmII} \gg S_{dmI}$  điểm C trùng với điểm  $A_2$  và tam giác  $A_1B_1C$  trùng với vị trí của tam giác  $A_1BA_2$ . Trong trường hợp đó  $U_{20} = U_{2II} = OA_2$ .

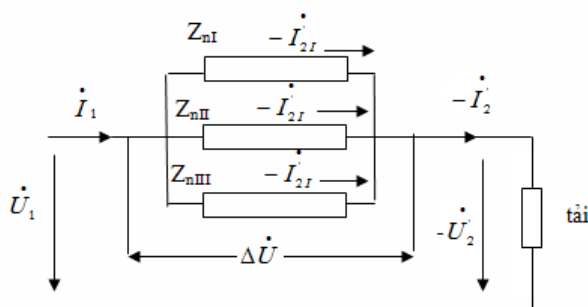
Khi có tải, trong MBA xuất hiện dòng tải  $I_{tI}$  và  $I_{tII}$ . Dòng cân bằng sẽ cộng vào dòng tải làm cho hệ số tải lẽ ra bằng nhau trở thành khác nhau làm ảnh hưởng xấu đến việc lợi dụng công suất của các MBA h4-4b.

Khi các MBA làm việc // trong trường hợp chung cho phép sai khác hệ số biến áp là  $k \leq 0,5\%$ . Đối với các MBA có  $k < 3$  và biến áp tự dùng trong trạm BA thì  $k \leq 1\%$ .

### 8.3. Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch bằng nhau

$$U_{nI}\% = U_{nII}\% = \dots = U_{nIII}\%$$

Xét sự làm việc // của 3 MBA có các điện áp ngắn mạch  $U_{nI}, U_{nII}, U_{nIII}$ . Nếu bỏ qua dòng điện từ hóa.



Hình 36. Mạch điện thay thế của các máy biến áp làm việc song song.

Điện áp rơi:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \dot{U}_{20} - \dot{U}_2$$

Ở tất cả 3 MBA giống nhau :  $\Delta \dot{U} = zI$

Trong đó I là dòng điện tải chung và

$$z = \frac{1}{\frac{1}{z_{nI}} + \frac{1}{z_{nII}} + \frac{1}{z_{nIII}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{z_{ni}}}$$

Do đó dòng điện tải của các MBA :

$$i_I = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nI}} = \frac{i}{z_{nI} \sum_{i=1}^n z_i} \quad i_{II} = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nII}} = \frac{i}{z_{nII} \sum_{i=1}^n z_i} \quad i_{III} = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nIII}} = \frac{i}{z_{nIII} \sum_{i=1}^n z_i}$$

Nhưng trong trường hợp bình thường sự dịch chuyển về pha không lớn lắm nên các dòng điện tải xem như trùng pha, có thể coi tổng dòng điện  $I_1, I_2, I_3$ , là tổng đại số nghĩa là :

$$\dot{I}_I = \dot{I}_I + \dot{I}_{II} + \dot{I}_{III}$$

Kết luận này có tính chất chung có thể áp dụng cho bất kì số MBA là bao nhiêu.

Do đó tổng số học của công suất toàn bộ các MBA bằng công suất toàn bộ của tải :

$$S_I = S_{I} + S_{II} + S_{III}$$

Ta có

$$z_{nI^*} = \frac{z_{nI} I_{dm}}{U_{dm}}$$

Vì

$$U_{n^*} = \frac{U_n}{U_{dm}} = \frac{z_{nI} I_{dm}}{z_{ndm} I_{dm}} = \frac{z_n}{z_{ndm}} = z_{n^*}$$

Ta có thể thu được:

$$z_{nI} = z_{n^*} \frac{U_{dm}}{I_{dm}} = \frac{U_{nI} \%}{100} \frac{U_{dm}}{I_{dm}}$$

Vì

$$U_{nI} \% = \frac{U_n}{U_{dm}} 100 = 100 \cdot U_{n^*} = 100 \cdot z_{n^*}$$

Tương tự ta có  $z_{nII}$ ,  $z_{nIII}$ . Thế  $z_n$  vào biểu thức (2) và thay dòng điện bằng công suất toàn bộ tỉ lệ với nó bằng cách nhân (2) với đại lượng  $m \cdot U_{dm}$  ta có :

$$m \cdot U_{dm} I = \frac{m \cdot U_{dm} I}{\frac{U_{nI} \%}{100} \frac{U_{dm}}{I_{dm}} \frac{m}{m} \sum \frac{100 \cdot I_{dm}}{U_{nI} \% \cdot U_{dm}}}$$

$$S_I = \frac{S}{\frac{U_{nI} \%}{S_{dmi}} \sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} = \frac{S}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} \frac{S_{dmi}}{U_{nI} \%}$$

Tương tự ta có

$$S_{II} = \frac{S}{\frac{U_{nII} \%}{S_{dmiI}} \sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} = \frac{S}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} \frac{S_{dmiI}}{U_{nII} \%}$$

$$S_{III} = \frac{S}{\frac{U_{nIII} \%}{S_{dmiII}} \sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} = \frac{S}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{dmi}}{U_{ni} \%}} \frac{S_{dmiII}}{U_{nIII} \%}$$

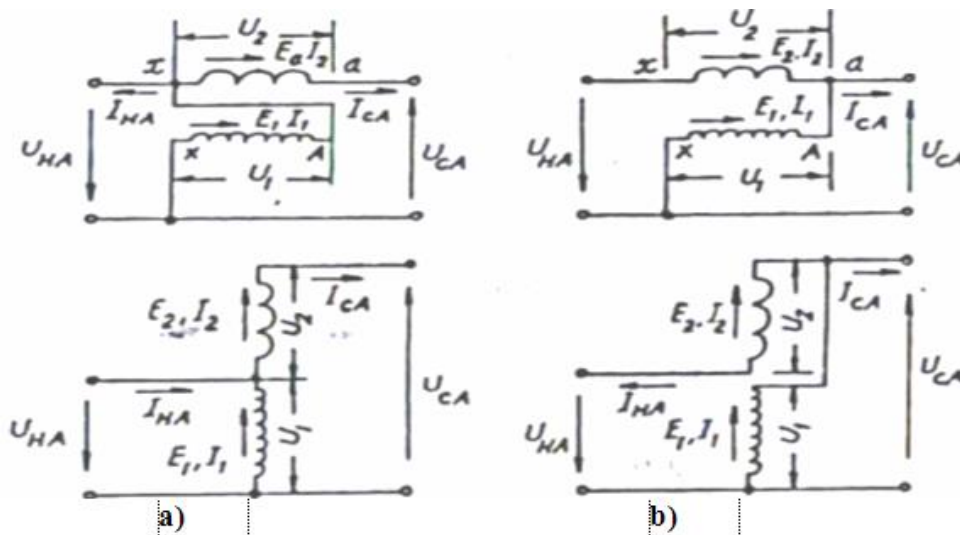
## 9. Hoạt động các máy biến áp đặc biệt

### 9.1. Máy biến áp tự ngẫu

Trong nhiều trường hợp điện áp của các lưới điện sơ cấp và thứ cấp khác nhau không nhiều, nghĩa là tỉ số biến áp nhỏ, để kinh tế hơn về chế tạo và vận hành người ta dùng mba tự ngẫu thay cho mba hai dây quấn.

Máy biến áp tự ngẫu khác mba hai dây quấn ở chỗ dây quấn thứ cấp là 1 bộ phận của dây quấn sơ cấp, nên ngoài sự liên hệ qua hồ cảm các dây quấn sơ cấp và thứ cấp còn liên hệ trực tiếp với nhau về điện. Dây quấn sơ cấp của mba tự ngẫu được nối song song với lưới điện còn dây quấn thứ cấp được nối nối tiếp với lưới điện. Hình -32 trình bày 2 kiểu nối dây của mba tự ngẫu trong đó:

- a) Ứng với chiều sđđ  $E_1, E_2$  thuận nhau
- b) Ứng với chiều sđđ  $E_1, E_2$  ngược nhau.



Hình 37. Sơ đồ máy biến áp 1 pha

a) Nối thuận b) Nối ngược

Với cách nối dây như vậy, công suất truyền tải qua mba tự ngẫu gồm hai phần, một phần qua từ trường của lõi thép và 1 phần truyền dẫn trực tiếp. Ta hãy so sánh dung lượng thiết kế  $S_{tk}$  với dung lượng truyền tải  $S_{tt}$  của mba tự ngẫu. Giống như đối với mba 2 dây quấn, dung lượng thiết kế mba tự ngẫu tức là dung lượng truyền qua từ trường bằng:

$$S_{tk} = E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2$$

Và tỉ số biến đổi mba tự ngẫu:  $\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2} = k$

Trên thực tế, lúc vận hành dung lượng truyền tải của mba tự ngẫu bằng:

$$S_{tt} = U_{CA} I_{CA} = U_{HA} I_{HA}$$

và tỉ số biến đổi điện áp của lưới điện:  $\frac{I_{CA}}{U_{HA}} = \frac{I_{HA}}{I_{CA}} = k'$

Theo Hình -33a ta có:

$$\frac{S_{tk}}{S_{tt}} = \frac{E_2 \cdot I_2}{U_A \cdot I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) \cdot I_{CA}}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = 1 - \frac{1}{k'}$$

Đối với Hình -32b: ứng với các trị số  $k'$  khác nhau của hai kiểu nối dây mba tự ngẫu.

Kiểu nối dây ưu việt hơn vì có cùng trị số  $k'$  tỉ số  $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$  nhỏ hơn

$$\frac{S_{tk}}{S_{tt}} = \frac{E_2 \cdot I_2}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) \cdot I_{HA}}{U_{CA} \cdot I_{CA}} = k' - 1$$

Bảng \* Cho biết trị số của  $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$  ứng với các trị số  $k'$  khác nhau của hai kiểu nối dây

mba tự ngẫu ở Hình -32. Kiểu nối dây Hình -32a ưu việt hơn vì có cùng trị số  $k'$  tỉ số  $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$  nhỏ hơn, do đó thực tế dùng nhiều hơn. Nếu  $k'$  càng gần bằng 1 thì càng có lợi.

Thông thường thì mba tự ngẫu có  $k' \leq 2,5$  và dùng để nối liên lạc các lưới điện có điện áp khác nhau không nhiều: 110, 150, 220, 330, 5000 kV.

Bảng \*

k'	$\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$	
	Sơ đồ nối thuận	Sơ đồ nối ngược
1,00	0	0
1,25	0,20	0,25
1,50	0,33	0,50
1,75	0,43	0,75
2,00	0,50	1,00
2,50	0,60	1,50
3,00	0,67	2,00
5,00	0,80	4,00

Như vậy mba tự ngẫu kinh tế hơn so với mba 2 dây quấn về mặt chế tạo. Trong vận hành, tổn hao trong mba tự ngẫu cũng nhỏ hơn, vì nếu lấy tỉ số giữa tổn hao  $\Sigma p$  với dung lượng truyền tải  $S'_{tt}$  ta có:  $\frac{\Sigma p}{S'_{tt}} = \frac{\Sigma p}{S_{tk}}(1 - \frac{1}{k'})$

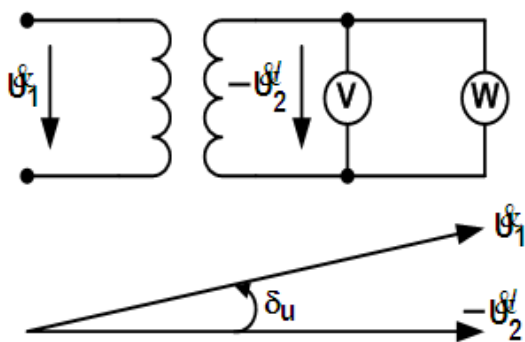
nghĩa là giảm còn  $(1 - \frac{1}{k'})$  so với tổn hao tính theo dung lượng thiết kế  $S_{tk}$  hay là tổn hao của mba 2 dây quấn có cùng dung lượng.

Cũng tương tự như vậy điện áp ngắn mạch của mba tự ngẫu giảm còn  $(1 - \frac{1}{k'})$  so với điện áp ngắn mạch của mba 2 dây quấn, do đó độ thay đổi điện áp  $\Delta U$  hay điện áp rơi trong mba tự ngẫu cũng nhỏ hơn. Điện áp ngắn mạch của mba tự ngẫu nhỏ hơn nên dòng ngắn mạch của nó sẽ tăng lên tương ứng.

Ngoài ứng dụng trong hệ thống điện lực để truyền tải điện năng, mba tự ngẫu còn được dùng để mở máy động cơ điện không đồng bộ. Mba tự ngẫu cũng còn được dùng rộng rãi trong phòng thí nghiệm để thay đổi liên tục điện áp. Trong trường hợp này, số vòng dây thứ cấp được thay đổi bằng cách dùng chổi than tiếp xúc trượt với dây quấn.

### 9.2. Máy biến áp đo lường

Máy biến áp đo lường gồm hai loại: Máy biến điện áp và máy biến dòng điện dùng để biến đổi điện áp cao hoặc dòng điện lớn thành những lượng nhỏ đo bằng dụng cụ đo tiêu chuẩn ( $1 \div 100$  V hoặc  $1 \div 5$  A) hoặc dùng trong mạch bảo vệ. Máy biến điện áp được chế tạo với công suất  $25 \div 1000$  VA và máy biến dòng điện với công suất  $5 \div 100$  VA.



Hình 38. Sơ đồ nối dây và đồ thị véc tơ máy BU

Máy biến điện áp có dây quấn sơ cấp nối song song với lưới điện và dây quấn thứ cấp nối với vôn mét, hoặc với cuộn dây song song của oát mét, hoặc cuộn dây role bảo vệ

(Hình -33 ). Tổng trở Z của những dụng cụ này rất lớn nên máy biến điện áp làm việc ở trạng thái gần như không tải, điện áp rơi trong máy nhỏ, do đó sai số về trị số điện áp bằng:

$$\Delta u\% = \frac{\frac{\omega_1}{\omega_2} U_2 - U_1}{U_1} 100$$

và sai số góc  $\delta_u$  giữa  $\dot{U}_1$  và  $-\dot{U}_2$  (H2.56) đều nhỏ.

Tùy theo mức độ sai số, máy biến điện áp có các cấp chính xác 0,5 ; 1 ; 3, nghĩa là  $\Delta u\%$  tương ứng bằng  $\pm 0,5\%$ ;  $\pm 1\%$ ;  $\pm 3\%$  và  $\delta_u$  tương ứng bằng  $\pm 20'$ ;  $\pm 40'$  (đối với cấp ba không có qui định tiêu chuẩn về  $\delta_u$ ).

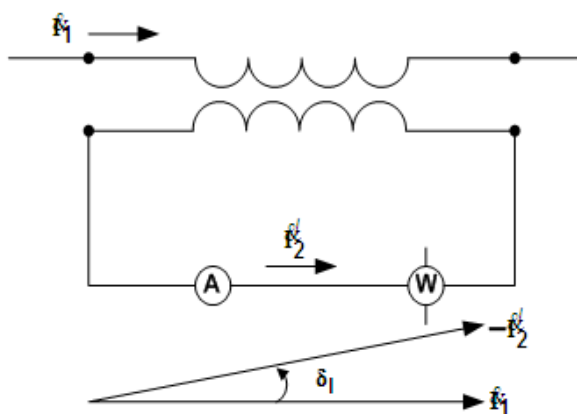
Khi sử dụng máy biến điện áp chú ý không được nối tắt mạch thứ cấp vì vậy sẽ tương đương với mạch sơ cấp nghĩa là gây sự cố ngắn mạch ở lưới điện.

Máy biến dòng điện có dây quấn sơ cấp gồm ít vòng dây và nối nối tiếp với mạch cần đo dòng điện, còn dây quấn thứ cấp gồm nhiều vòng được nối với ampemét hoặc với các cuộn dây nối tiếp với oatmét hay role bảo vệ

Tổng trở Z của những dụng cụ này rất nhỏ và trạng thái làm việc của máy biến dòng điện là trạng thái ngắn mạch, lõi thép không bão hoà ( $\Phi = 0,8 \div 1$  Wb) và  $I_0 \approx 0$  do đó các trị số đo lường về trị số bằng:

$$\Delta i\% = \frac{\frac{\omega_1}{\omega_2} I_2 - I_1}{I_1} 100$$

và sai số về góc  $\delta_i$  (Hình -34) cũng sẽ nhỏ đi.



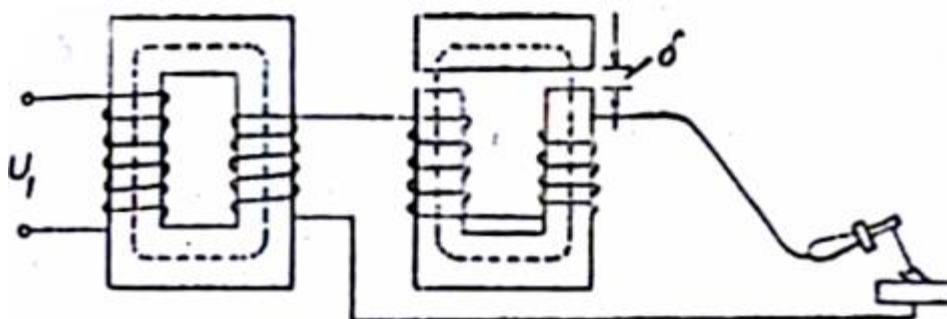
Hình 39. Sơ đồ nối dây và đồ thị vectơ của máy BI

Tùy theo mức độ sai số, máy biến áp dòng điện có các cấp chính xác 0,2; 0,5; 1; 3; 10, nghĩa là  $\Delta i\%$  tương ứng bằng  $\pm 0,2\%$ ;  $\pm 0,5\%$ ; ...  $\pm 10\%$  và  $\delta_i$  tương ứng bằng  $\pm 20'$ ,  $\pm 40'$ ;  $\pm 80'$ , (đối với máy hai cấp 3 và 10 không có qui định gì tiêu chuẩn  $\delta_i$ ).

Khi sử dụng chú ý không được để dây quấn thứ cấp hở mạch vì như vậy dòng điện từ hoá rất lớn ( $I_0 = I_1$ ), lõi thép bão hoà nghiêm trọng ( $\Phi = 1,4 \div 1,8 \text{ Wb}$ ) sẽ nóng lên làm cháy dây quấn. Khi bão hoà, từ thông ban đầu sẽ sinh ra sđđ nhọn đầu, do đó ở đầu dây quấn thứ cấp có thể xuất hiện điện áp cao hàng nghìn vôn, không an toàn cho người sử dụng.

### 9.3 Máy biến áp hàn

Máy biến áp hàn được chia thành nhiều loại có cấu tạo và đặc tính khác nhau tùy theo phương pháp hàn (hồ quang, hàn điện...). Ta chỉ xét mba hàn hồ quang (Hình -35).



Hình 40. Máy biến áp hồ quang làm việc có cuộn kháng

Các máy biến áp hàn hồ quang được chế tạo sao cho có đặc tính ngoài  $U_2 = f(I_2)$  rất dốc để hạn chế được dòng điện ngắn mạch và đảm bảo hồ quang được ổn định.

Muốn điều chỉnh dòng điện hàn cần phải có thêm một cuộn cảm phụ có điện kháng thay đổi được bằng cách thay đổi khe hở  $\delta$  của lõi thép của cuộn cảm.

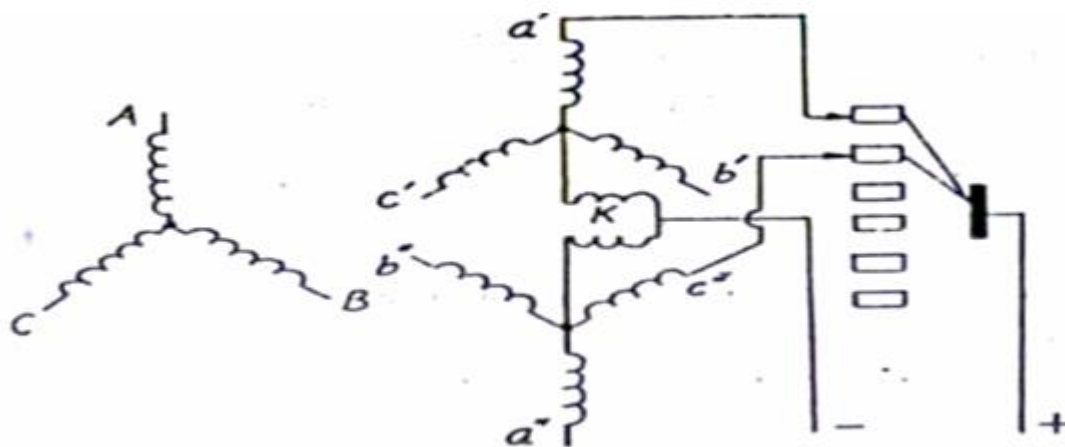
Mba hàn hồ quang thường có điện áp không tải bằng  $60 \div 75 \text{ V}$  và điện áp ở tải định mức bằng  $30 \text{ V}$ . Công suất của mba hàn vào khoảng  $20 \text{ kVA}$  và nếu dùng cho hàn tự động thì có thể lên tới hàng  $100 \text{ kVA}$ .

### 9.4 Máy biến áp chỉnh lưu

Mba chỉnh lưu có đặc điểm là tải của các pha không đồng thời mà luân phiên nhau theo sự làm việc của các dương cực của các bộ chỉnh lưu thủy ngân bán dẫn đặt ở thứ



cấp của mba. Như vậy mba luôn luôn làm việc trong tình trạng không đối xứng, do đó phải chọn sơ đồ nối dây sao cho đảm bảo được điều kiện từ hoá bình thường của các trụ thép và giảm nhỏ được sự đập mạch của điện áp và dòng điện chỉnh lưu. Muốn vậy phải tăng số pha của dây quấn thứ cấp (chọn số pha bằng 6) và ở phía thứ cấp có đặt thêm cuộn cảm cân bằng K giữa các điểm trung tính của các pha thuận (a'b'c') và 3 pha ngược (a''b''c''). Tác dụng của cuộn cảm K là làm cân bằng điện áp trong mạch của 2 pha có góc lệch 60° làm việc song song.



Hình 41. Sơ đồ máy biến áp chỉnh lưu

Khi dây quấn thứ cấp làm việc song song với nhau, bộ chỉnh lưu 6 pha làm việc tương tự như bộ chỉnh lưu 3 pha và mỗi dương cực làm việc không phải trong thời gian một phần sáu mà trong 1 phần ba chu kì.

## 10. Quấn máy biến áp một pha cỡ nhỏ

### 10.1. Tính toán số liệu dây quấn máy biến áp.

a. Lấy số liệu dây quấn máy biến áp.

Điện áp định mức phía sơ cấp  $U_1$  (V).

Điện áp định mức phía thứ cấp  $U_2$  (V)

Tiết diện dây quấn cuộn sơ cấp  $S_1$

Tiết diện dây quấn cuộn sơ thứ cấp  $S_1$

Số vòng dây quấn cuộn sơ cấp  $W_1$

Số vòng dây quấn cuộn sơ cấp  $W_2$

Dòng điện định mức phía thứ cấp  $I_2$  [ V ]

Trường hợp nếu không biết rõ giá trị  $I_2$ , ta cần xác định được công suất biểu kiến phía thứ cấp  $S_2$

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 \quad [ \text{VA} ]$$

Tần số f nguồn điện.

Chế độ làm việc ngắn hạn hay dài hạn.

b. Tháo lõi thép máy biến áp.

Quan sát tìm vị trí bulông, ốc vít, liên kết các phần trong máy điện .

Quan sát, lựa chọn phương tiện kỹ thuật sao cho phù hợp để tháo động cơ (cây vặn vít, khóa, tube ống,.. kích cỡ phù hợp).

Tháo động cơ phải thực hiện trình tự sau: (tháo từ ngoài vào trong)

Chuẩn bị sẵn sàng các dụng cụ cần thiết và thùng để đựng các bộ phận tháo.

Đánh dấu trên nắp máy và thân máy bằng đục sắt (đập nhẹ) để thuận tiện cho việc lắp ráp sau này.

Tháo nắp bảo vệ quạt gió.

Tháo các ốc bắt nắp động cơ.

Dùng hai cây vặn vít lớn đồng thời bẩy nắp máy ra khỏi thân stato.

Nếu một bên nắp máy đó được tháo ra khỏi stato, thì có thể đập nhẹ hoặc ấn vào trục (bằng búa nhựa) để lấy phần nắp máy còn lại ra khỏi stato.

Lấy phần quay (trục, rôto) cùng với nắp máy còn lại ra khỏi stato.

Lấy các phần được tháo đựng vào thùng.

c. Tháo lõi thép máy biến áp.

Bước 1 : Tách rời các bộ phận động cơ giữ lại phần cần quấn dây

Bước 2 : Quan sát động cơ bị cháy hỏng tìm nguyên nhân để khắc phục lần sau

Bước 3 : Quan sát động cơ bị cháy hỏng đếm  $Z = 16$  rãnh, số bó dây trong một tổ  $q = 1$  Số tổ bó dây trong một pha, bước quấn dây = đủ, đầu nối tiếp

d. Tính toán số liệu dây quấn máy biến áp một pha mất mẫu.

Bước 1: xác định các số hiệu cần thiết.

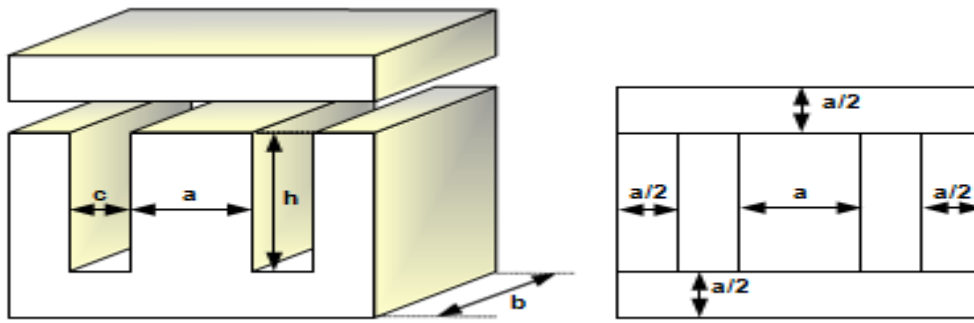
Điện áp vào và điện áp ra.

Dòng điện ngõ ra:  $I_2$

Tần số của dòng điện

Suy ra công suất máy biến áp

$$S_2 = U_2 I_2 \quad (\text{VA})$$



Hình 42

$$A_t = 1,423 K_{hd} \frac{\sqrt{S_2}}{B}$$

$A_t$ : là tiết diện tính toán(m)

$S_2$ : công suất ngõ ra (kva)

$B$ : mật độ từ ng (T)

Chọn  $B = (1 \rightarrow 1,2T)$

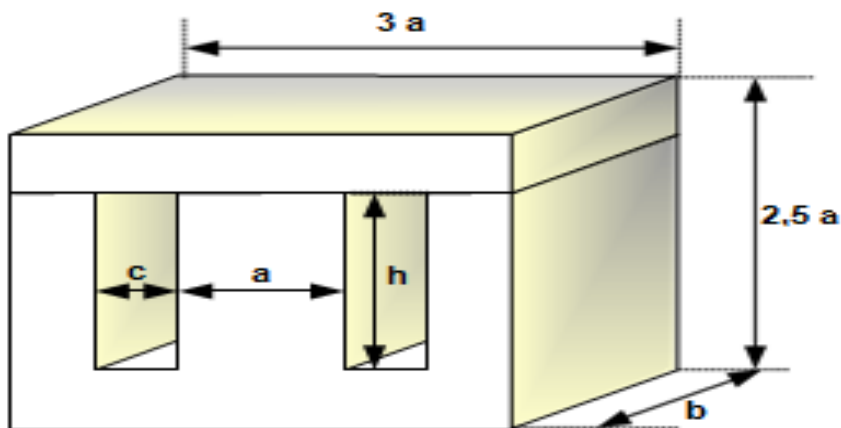
$K_{hd}$ : hệ số hình dáng của lõi thép

- Lõi EI:  $H_{sd} = 1 \rightarrow 1,2T$
- Lõi UI:  $H_{sd} = 0,75 \rightarrow 0,85$

Ngoài ra ta có thể tính

$$A_t = a.b$$

Đơn vị  $a, b$  là (cm)



Hình 43

Bước 2: Khối lượng của lõi thép

$$W_{thép} = 7,8.2.a.b(a + c + h)$$

Trong đó:  $W_{thép}$  :(kg)

A,b,c,h : (dm)

Bước 3: xác định số vòng tạo ra 1 vôn

$$n_v = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot \beta \cdot A_t}$$

$n_v$  vòng/1 vôn

$f$  tần số (Hz)

$\beta$  từ thông (T)

$A_t$  thể tích ( $m^3$ )

Nếu chọn  $\beta = 1T$

Bước 4: Xác định số vòng cuộn sơ cấp và số vòng cuộn thứ cấp.

Số vòng cuộn sơ cấp.

$$W_1 = n_v \cdot U_1$$

Số vòng cuộn thứ cấp.

$$W_2 = n_v \cdot U_2 \cdot C_n$$

$C_n$  hệ số điều chỉnh độ sụt áp khi mang tải ngõ ra.

$C_n = (1,05 \rightarrow 1.1)$  ứng với công suất từ 70VA  $\rightarrow$  100KVA

Bước 5: Xác định dòng điện sơ cấp.

$$\eta = \frac{S_2}{S_1}$$

Thường chọn hiệu suất từ (0,85  $\rightarrow$  0,95)

$$\Rightarrow S_1 = \frac{S_2}{\eta}$$

$$S_1 = U_1 \cdot I_1$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{S_1}{U_1}$$

Bước 6: Xác định tiết diện dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Tiết diện dây quấn sơ cấp

Tiết diện dây quấn thứ cấp

$$d_2 = 1,128 \sqrt{\frac{I_2}{J}}$$

J: mật độ cho phép dòng điện chạy qua 1mm<sup>2</sup> tiết diện dây dẫn

$$J = (3 \rightarrow 5)$$

Diện tích

$$S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$$

d : đường kính

s : tiết diện

Vì đường kính dây lớn khó thi công thường thì  $d > 1,4\text{mm}$  thì ta thay thế đường kính dây lớn bằng 2 hay nhiều sợi dây khác có đường kính nhỏ hơn tuy nhiên phải đảm bảo tổng tiết diện của dây thay thế phải bằng tiết diện dây lớn cần thay thế.

$$S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$$

$$S_m = 2 \frac{\pi d_m^2}{4}$$

$$\text{Mà } S_c = S_m$$

$$\frac{\pi \cdot d_c^2}{4} = 2 \frac{\pi d_m^2}{4}$$

$$d_m = \sqrt{\frac{d_c^2}{2}}$$

Gọi  $d_c$  là đường kính dây lớn cần thay thế

$d_m$  là đường kính dây nhỏ cần thay thế

Nếu thay thế 1 sợi bằng 2 sợi.

$$d_m = \sqrt{\frac{d_c^2}{2}}$$

Nếu thay thế 1 sợi bằng m sợi.

$$d_m = \sqrt{\frac{d_c^2}{m}}$$

Thay bằng 2 dây khác tiết diện

$$S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$$

$$S_m = 2 \frac{\pi}{4} (d_{m1}^2 + d_{m2}^2)$$

$$\frac{\pi \cdot d_c^2}{4} = \frac{\pi}{4} (d_{m1}^2 + d_{m2}^2)$$

$$d_{m2} = \sqrt{d_c^2 - d_{m1}^2}$$

Bước 7: Tính hệ số lấp đầy ( $k_{ld}$ )

Hệ số lấp đầy cho biết bề dày cuộn dây chiếm chỗ bao nhiêu trong cửa sổ của lõi thép

$$K_{ld} = \frac{BD}{C} = 0,6 \div 0,7; \text{ Tối đa là } 0,8$$

Trong đó:

BD: Bề dày cuộn dây

C: Bề rộng cửa sổ  $c = 2/a$

+ Tính bề dày cuộn dây

- Cuộn sơ cấp có bề dày BD1 được tính từ số vòng quấn  $n_1$ .
- Cuộn thứ cấp có bề dày BD2 được tính từ số vòng quấn  $n_2$ .
- Bề dày cả cuộn dây  $BD = BD1 + BD2 + (1 - 2)\text{mm}$ .

\* Số vòng dây quấn cho 1 lớp:

$$n_{vl} = \frac{h_K}{d'}$$

Trong đó:

$h_K$ : Chiều dài h của khuôn quấn

$d'$ : Đường kính dây kể cả cách điện

\* Số lớp dây quấn:

$$n_L = \frac{n}{n_{VL}}$$

*Trong đó:*

$n$ : Số vòng dây của từng cuộn (sơ hoặc thứ cấp)

$n_{VL}$ : Số vòng dây quấn cho 1 lớp

Bề dày cuộn dây sơ cấp hoặc thứ cấp.

$$BD_{1(2)} = nL_{1(2)} \cdot d'_{i}$$

+ Tính khối lượng dây quấn ( $W$ )

$$W = W_1 + W_2$$

Với:  $W_1$ ;  $W_2$  là khối lượng của cuộn sơ cấp và thứ cấp.

Khối lượng của từng cuộn dây được tính theo biểu thức.

$$W_{1(2)} = (1,2 \div 1,3) \cdot 8,9 \cdot L_{TB} \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 10^{-4}$$

*Trong đó:*

$L_{TB}$ : Là chiều dài trung bình của một vòng dây (tính bằng dm).

$n$ : Số vòng quấn của cuộn sơ cấp hoặc thứ cấp.

$d$ : Đường kính dây quấn ở cuộn sơ cấp hoặc thứ cấp (tính bằng  $mm^2$ ).

$W$ : Là khối lượng (tính bằng Kg).

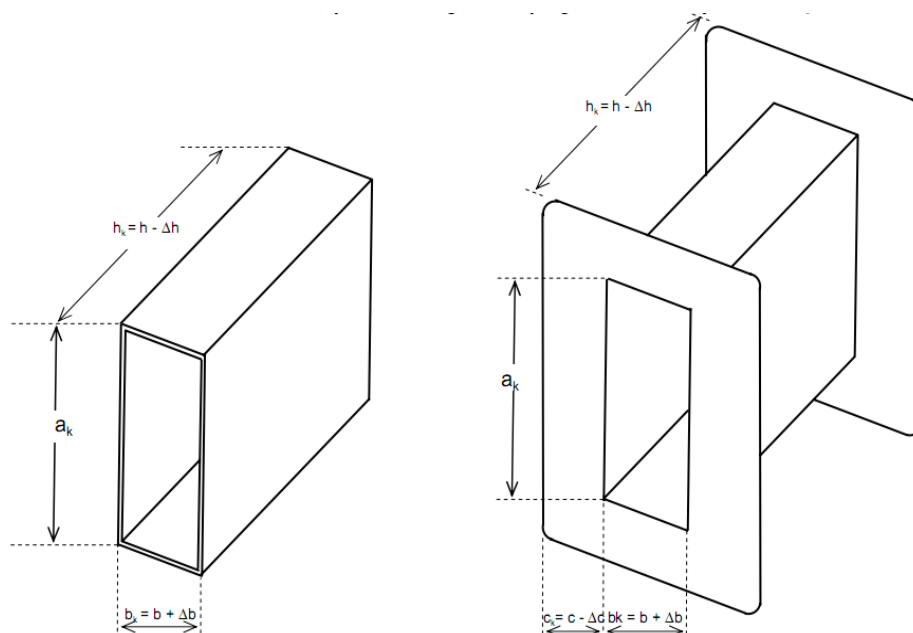
## 10.2. Thi công quấn bộ dây máy biến áp một pha.

### a. Chuẩn bị khuôn.

Khuôn cách điện nhằm mục đích cách điện giữa cuộn dây và mạch từ, còn làm sườn cứng như giấy cách điện presspahn, phíp (fibre) hoặc bằng chất dẻo chịu nhiệt.

Có 2 dạng khuôn.

- Khuôn không vách chặn được sử dụng đối với máy biến áp lớn
- Khuôn có vách chặn thường sử dụng ở các máy biến áp nhỏ



Hình 43

**Chú ý:**

Kích thước của khuôn so với kích thước của lõi thép như sau:

Các hệ số dự trừ  $\Delta b$ ,  $\Delta c$  và  $\Delta h$  được chọn sao cho không hẹp quá hoặc rộng quá, để sau này khi lắp vào mạch từ không bị cản để gây sự chạm masse. Cụ thể:

- $a_k = a_{l\sigma}$  để các lá thép ép chặt vào nhau.
- $c_k < c_{l\sigma}$  khoảng 0,5mm để lắp khuôn để lọt vào cửa sổ.
- $h_k < h_{l\sigma}$  khoảng 1mm để khe hở mạch từ giữa I với chữ E sát khít nhau
- $b_k > b_{l\sigma}$  khoảng 1mm để dễ lắp chữ E vào khuôn.
- Góc tiếp giáp giữa  $a_k$ , và  $b_k$  theo chiều cao của  $h_k$  phải vuông thành, sắc cạnh không uốn lượn để khi lắp lá thép thì mặt trong của áp sát khít với mặt lá thép .

Nếu có vật liệu bằng bìa mica, bakêlít hoặc các tông chịu nhiệt cứng, bề dày 0,5mm làm khuôn quấn dây rất tốt.

Sau khi lấy mẫu khuôn cuộn dây, thực hiện khuôn nòng cho khít khao với khuôn cách điện. Mục đích là để khi lắp khuôn vào trục máy quấn dây làm sao cho tâm của khuôn trùng với tâm trục máy.

Khuôn nòng làm bằng gỗ có kích thước như hình 1.21, giữa mặt phẳng  $a_k \times b_k$  khoan một lỗ có đường kính bằng đường kính trục máy quay suốt dọc chiều dài  $h$ .



Đồng thời, gia công thêm 2 tấm chặn (má ốp) (hình 1.22) bằng gỗ, vuông, kích thước 15x15cm (tốt nhất là gỗ ván ép), có bề dày khoảng (3 - 5)mm để ép chặt 2 đầu khuôn trên trục khi quay máy quấn dây

#### b. Quấn bộ dây

- Trước khi quấn dây phải vẽ sơ đồ bố trí các dây ra ở vị trí thực tế để sau này khi nối mạch không bị vướng và dễ phân biệt .

- Trước khi quấn dây cố định đầu dây khởi đầu như hình vẽ . Trong lúc quấn dây cố gắng quấn dây cho thẳng và sóng hàng với nhau. Cứ hết mỗi lớp dây phải lót giấy cách điện. Đối với dây quá bé ( $d < 0,15$ ) có thể quấn suốt luôn không cần lót giấy cách điện giữa các lớp. Chỉ lót cách điện kỹ giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp mà thôi.

- Khi quấn nửa chừng muốn đưa dây ra ngoài thực hiện như hình . Dây đưa ra ngoài này phải được cách điện bằng ống gen cách điện. Việc nối dây giữa chừng cũng phải đưa mỗi nối ra ngoài cuộn dây .

- Đối với loại khuôn không có vách chặn dây, để giữ các lớp dây không bị chồi ra ngoài khuôn, dùng băng vải hoặc giấy chặn dây lại ở cả 2 phía đầu cuộn dây.

- Khi sắp hoàn tất việc quấn đủ số vòng dây, phải đặt dây vải hoặc giấy sau đây quấn dây đè chồng lên băng vải, giấy đó, để cuối cùng luôn dây qua và rút chặt băng vải giữa cho chắc.

#### c. Hoàn chỉnh các đầu dây ra.

Các đầu dây vào ra của hai cuộn dây phải nằm cùng một phía của tai khuôn.

Với những MBA dùng cỡ dây đường kính rất nhỏ, ở các đầu dây vào ra người ta khoan hai lỗ sát nhau ở tai khuôn để quấn vài vòng dây của các đầu ra để phòng dây quá nhỏ rất dễ đứt.

Nhiều khi ở các đầu ra của các loại dây quá nhỏ, người ta gắn một miếng tôn sắt hoặc tôn đồng rồi hàn các đầu dây ra của cuộn dây và các đầu dây nguồn và tải. Dây nguồn và tải sử dụng loại dây sợi đơn, mềm. Tùy theo công suất MBA mà chọn dây nguồn, tải có tiết diện phù hợp.

#### d. Lắp ghép các lá thép vào cuộn dây

- Tùy theo dạng lá sắt ghép thành mạch từ là dạng EI hoặc các thanh chữ I mà ghép theo trật tự có tính trước.

- Cách ghép mạch từ với lá sắt EI:

Lắp từng lá sắt E suốt dọc chiều (b) của khuôn, trở đầu đối diện nhau. Các lá sắt cuối cùng thường rất khó lắp phải dùng búa sắt lót một miếng gỗ đống dần dần, nhẹ nhàng cho lá sắt ép chặt vào lõi khuôn.

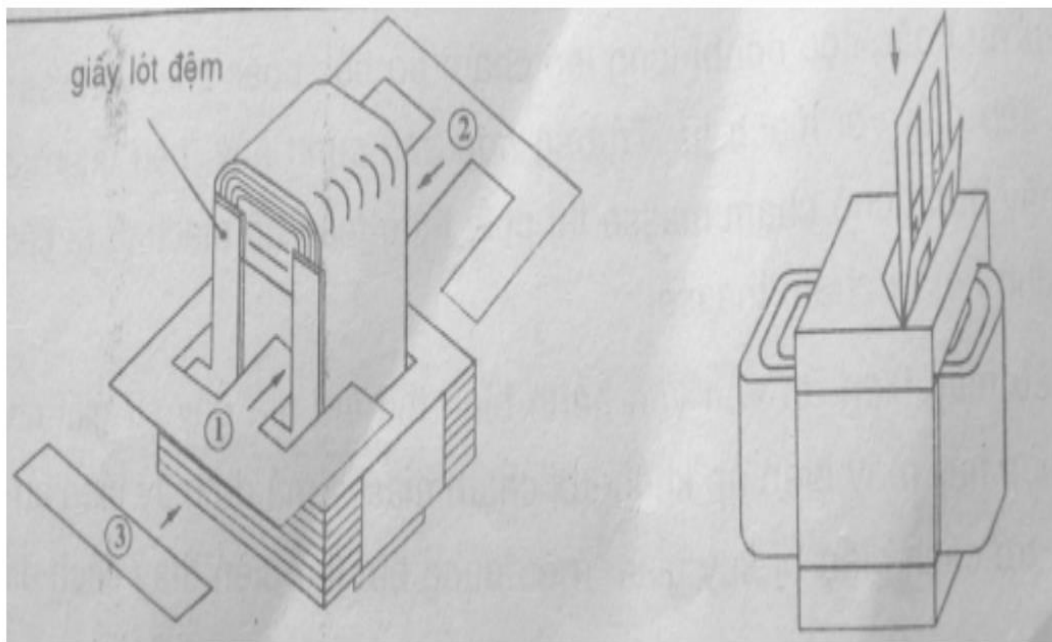
Sau khi lắp chặt các lá sắt chữ “E”, vì các chữ “E” trở đầu nên giữa 2 gông từ chữ “E” có một khe hở để lắp chữ “I”. Các lá sắt chữ “I” cũng lắp dần vào các khe hở đó ở cả 2 phía của khuôn

Chú ý:

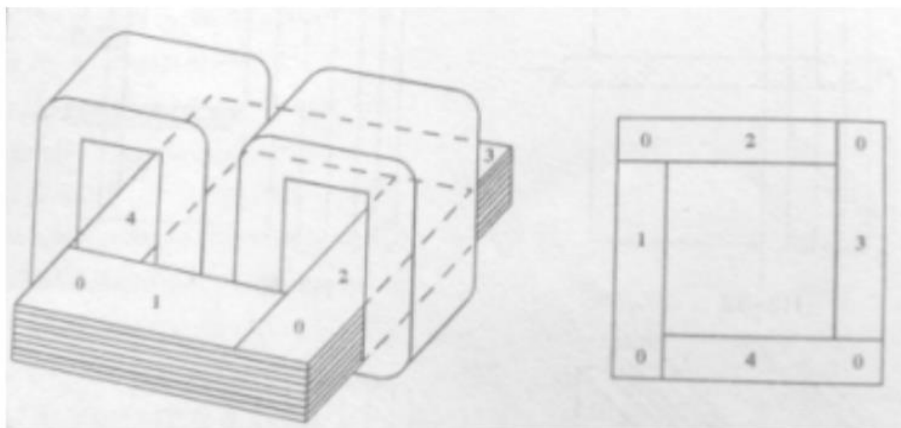
Các lá sắt càng ép chặt, khi vận hành MBA khởi rung và không phát tiếng “ù”.

Nếu các lá sắt lỏng ngoài tiếng kêu và rung, MBA còn bị nóng lên

do từ trở lớn.



Hình 44. Cách ghép mạch từ với lá sắt EI Cách ghép mạch từ với lá sắt chữ I



Hình 45. Cách ghép mạch từ với lá sắt chữ I

### c. Hoàn chỉnh các đầu dây ra.

Các đầu dây vào ra của hai cuộn dây phải nằm cùng một phía của tai khuôn.

Với những MBA dùng cỡ dây đường kính rất nhỏ, ở các đầu dây vào ra người ta khoan hai lỗ sát nhau ở tai khuôn để quấn vài vòng dây của các đầu ra để phòng dây quá nhỏ rất dễ đứt.

Nhiều khi ở các đầu ra của các loại dây quá nhỏ, người ta gắn một miếng tôn sắt hoặc tôn đồng rồi hàn các đầu dây ra của cuộn dây và các đầu dây nguồn và tải. Dây nguồn và tải sử dụng loại dây sợi đơn, mềm. Tùy theo công suất MBA mà chọn dây nguồn, tải có tiết diện phù hợp.

### 10.3. Thử nghiệm.

Sử dụng ôm kế kiểm tra cách điện giữa 2 cuộn dây, giữa cuộn dây với lõi sắt. Nếu 2 cuộn dây chạm nhau hoặc chạm lõi sắt phải tháo toàn bộ rồi quấn dây lại.

Đấu điện nguồn kiểm tra điện áp U<sub>2</sub> có đúng thiết kế không.

#### 1. Sấy sơ bộ:

Thường trong điều kiện môi trường ẩm thấp, lớp êmay và bìa cách điện rất dễ hút ẩm nên phải sấy sơ bộ cho khô hơi ẩm.

#### 2. Tắm sơn cách điện:

\* Thường các MBA làm việc trong điều kiện môi trường ẩm thấp phải tắm sơn cách điện.

Sau khi sấy sơ bộ phải tắm sơn cách điện bằng cách:

- Nhúng toàn bộ MBA vào sơn cách điện đến lúc không thấy bọt

khí nổi lên nữa mới lấy MBA ra.

- Đồ sơn cách điện từ từ vào các cuộn dây.

\* Sau khi tẩm sơn phải sấy lại cho khô sơn, kiểm tra cách điện, U2 một lần nữa rồi cho xuất xưởng.

### 3. Các pan thông thường trong máy biến áp.

+ Pan chạm masse:

- Trường hợp này gây hiện tượng điện giật, nếu kèm sự nỗ cầu chì, bốc khói nhẹ thì do sự chạm masse đã làm chập mạch cuộn dây.

- Có thể do bị chạm giữa các cọc nối với vỏ sắt hoặc có sự cố nối tắt giữa các cọc nối ở các đảo điện. Dùng đèn thử hoặc ôm kế kiểm tra các điểm cần lưu ý để xác định nơi bị chạm, chập mạch... sau đó sửa chữa lại cho hết bị chạm masse.

- Nếu máy biến áp vẫn vận hành bình thường, thì nơi bị chạm chỉ có 1 chỗ, có thể đường dây ra cọc nối bị tróc lớp cách điện chạm vào vỏ bọc máy biến áp hoặc cọc nối bị lỏng lẻo chạm vỏ bọc hoặc chạm masse ở lớp dây tiếp cận với mạch từ. Trường hợp sau cùng này, nếu quan sát không thấy được chỗ chạm masse.

- Nếu máy biến áp vẫn vận hành bình thường mà gây sự giật nhẹ.

Trường hợp này máy biến áp không bị chạm masse mà do máy biến áp bị ẩm, điện trở cách điện bị suy giảm (nếu dùng bút thử điện thấy cách điện bằng Mê-gôm kế sao cho trên 1 MΩ là tốt. Nếu không đạt, lớp cách điện bị lão hoá cần phải quấn lại toàn bộ.

+ Máy biến áp đang vận hành bị nỗ cầu chì:

- Nếu máy biến áp bị phát nhiệt thái quá, có thể là do mạch tiêu thụ quá lớn. Thay lại dây chì đúng cỡ và cho máy biến áp vận hành không tải, nếu vẫn bình thường chứng tỏ lúc trước máy biến áp làm việc quá tải.

- Nếu máy biến áp vận hành không tải mà cầu chì vẫn nỗ thì chắc chắn máy biến áp chập vòng trong cuộn dây, phải quấn dây lại.

- Đối với máy biến áp có công suất nhỏ thì sự chập vòng khó làm cầu chì nỗ ngay nhưng có sự phát nhiệt rất nhanh.

- Đối với máy biến áp nạp ắc quy, chỉnh lưu toàn kỳ, lưu ý diode bị hỏng nối tắt.

Hoặc mắc nhầm 2 cọc (+) và cọc (-) vào bình ắc quy.

- Nếu máy biến áp bị phát nhiệt thái quá, có thể là do mạch tiêu thụ

+ Máy biến áp vận hành bị rung lên, kèm sự phát nhiệt:

- Do dòng điện tiêu thụ quá lớn, quá công suất của máy nên máy biến áp rung lên phát tiếng rè, để lâu phát nhiệt nhanh, chóng cháy máy biến áp. Để khắc phục cần giảm bớt tải.

- Do mắc không đúng với điện áp nguồn, nhầm vào nguồn có điện áp cao.

- Do mạch từ ghép không chặt. Phải siết chặt lại các bulong ép giữa các lá sắt của mạch từ và tẩm verni vào cuộn dây và vào các khe hở để chèn cứng các lá sắt lại, dính chặt hơn.

- Do bản chất lá sắt của mạch từ kém phẩm chất, quá rỉ sét hoặc quấn thiếu vòng dây.

+ Máy biến áp không vận hành:

- Nếu đèn báo không sáng hoặc không cảm thấy máy biến áp rung nhẹ do có dòng điện vào, thì lưu ý đường dây vào bị hở mạch, cọc nối dây vào không tiếp điện, hoặc tiếp xúc xấu ở đảo điện.

- Nếu đèn báo sáng, vôn kế hoạt động mà điện áp lấy ra không có, phải xem lại cọc nối dây ra bị tiếp điện xấu, đứt dây ra... Dùng vôn kế hoặc bút thử điện dò tìm để xác định chỗ pan để khắc phục.

- Nếu bị hở mạch ở bên trong cuộn dây, có thể do mối nối dây cầu thả, không hàn chì nên tiếp điện xấu sau một thời gian sử dụng, hoặc dây quấn bị gãy đứt... Trường hợp này phải tháo ra quấn lại.

- Đối với nạp ắc quy, có thể diode chỉnh lưu bị hỏng đứt mạch.

Trường hợp này dễ phát hiện khi dùng vôn kế đo có điện áp xoay chiều U<sub>2</sub>, nhưng không có điện áp ra UDC chỉ cần thay mới diode mà thôi.

+ Máy biến áp lúc vận hành, lúc không:

- Nhìn chung do nguồn điện cung cấp vào máy biến áp lúc có, lúc không hoặc điện áp ra bị đứt quãng, chính là do tiếp xúc xấu. Nên kiểm tra lại từ nguồn điện cung cấp đến máy biến áp vụn từ máy biến áp đến mạch tiêu thụ. Lưu ý nơi cầu dao chính, xiết lại các ốc vít xiết dây chì cho chặt, cạo sạch nơi tiếp điện hết ten đồng tại cầu dao chính, các cọc nối ở máy biến áp..

• Một số pan trong máy biến áp gia dụng:

Ngoài số pan nêu trên đối với máy biến áp gia dụng còn có một số pan như sau:

- Chuông báo sớm nhưng điện áp ra vẫn không cao do tắc te điều khiển chuông bị hỏng, nên thay cái mới.

- Chuông không báo, mặc dù điện áp ra quá điện áp định mức. Do tắc te bị hỏng làm hở mạch chuông, cuộn dây chuông bị cháy.

- Đèn báo không sáng nhưng máy biến áp vẫn hoạt động bình thường. Do bị đứt bóng, mạch đèn bị hở mạch.

- Vôn kế chỉ sai trị số điện áp. Hiệu chỉnh lại và đối chiếu với vôn kế chuẩn hoặc thay vôn kế mới.

- Không tăng được điện áp ra đến điện áp định mức. Do điện áp nguồn xuống quá thấp ngoài khoảng cho phép của máy biến áp hoặc do quá tải (máy biến áp rung rần lên). Trường hợp này do sự thiết kế máy biến áp, cuộn sơ cấp quấn dư vòng nên có trở kháng lớn gây sự sụt áp lớn bên trong cuộn dây. Vì thế không thể nâng điện áp lên được, khi điện áp nguồn bị suy giảm thái quá.

- Một số pan trong máy biến áp nạp ắc quy:

Ngoài số pan nói chung, còn riêng đối với máy biến áp sạc ắc quy có các trường hợp sau:

- Máy biến áp phát nhiệt thái quá, nổ cầu chì hoặc công tắc bảo vệ quá tải (OVERLOAD) của máy sạc cắt mạch. Cần phải xem lại bình ắc quy có bị chạm nối tắt không. Hoặc diode chỉnh lưu toàn kỳ bị nối ngắn mạch.

- Máy biến áp mới vận hành đã phát tiếng rung rè và phát nhiệt. Cần cắt mạch ngay, vì do nối nhầm các cọc (+) và cọc (-) vào bình ắc quy, gây ra dòng điện nạp lớn trong máy biến áp. Nếu để lâu có thể làm hỏng diode, cháy máy biến áp (trường hợp không có công tắc bảo vệ quá tải).

- Máy biến áp nạp bình yếu. Do điện áp sạc bình thấp hơn điện áp của ắc quy. Lưu ý 1 diode bị hỏng đứt (chỉnh lưu cầu 4 diode), không sạc bình được (chỉnh lưu bán kỳ).

## BÀI 2

### SỬA CHỮA VẬN HÀNH MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Mã bài: MĐ 12-03

#### 1. Tìm hiểu các khái niệm chung về máy điện không đồng bộ

##### 1.1 Khái niệm

Máy điện không đồng bộ là máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay rotor  $n$  (tốc độ quay của máy) khác với tốc độ quay của từ trường. Máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch, nghĩa là nó có thể làm việc ở chế độ động cơ điện hoặc chế độ máy phát điện.

##### 1.2 Phân loại

Khi phân loại máy điện không đồng bộ, có thể căn cứ theo:

- Theo kết cấu của vỏ, có thể chia làm các loại: kiểu hở, kiểu bảo vệ, kiểu kín, kiểu chống nổ, kiểu chống rung,...
- Theo kết cấu của rotor chia làm hai loại: kiểu rotor dây quấn và kiểu rotor lồng sóc.
- Theo số pha: kiểu một pha, hai pha, ba pha.

##### 1.3 Các đại lượng định mức

Máy điện không đồng bộ có các đại lượng định mức đặc trưng cho điều kiện kỹ thuật của máy. Các trị số này do nhà máy thiết kế, chế tạo qui định và được ghi trên nhãn máy. Máy điện không đồng bộ chủ yếu làm việc ở chế độ động cơ nên trên nhãn máy chỉ ghi các trị số làm việc của chế độ động cơ ứng với tải định mức.

- Công suất định mức ở đầu trục (công suất đầu ra)  $P_{đm}$  (kW, W) hoặc Hp, 1Cv = 736 W (theo tiêu chuẩn Pháp); 1kW = 1,358 Cv. 1Hp = 746 W (theo tiêu chuẩn Anh)

- Dòng điện định mức  $I_{đm}$  (A)

- Điện áp dây định mức  $U_{đm}$  (V)

- Kiểu đấu sao hay tam giác

- Tốc độ quay định mức  $n_{đm}$

- Hiệu suất định mức  $\eta_{đm}$

- Hệ số công suất định mức  $\cos\varphi_{đm}$

Công suất định mức mà động cơ điện tiêu thụ:

$$P_{1đm} = \frac{P_{đm}}{\eta_{đm}} = \sqrt{3}U_{đm}I_{đm} \cos\varphi_{đm}$$

$$P_{đm} = \sqrt{3}U_{đm}I_{đm} \cos\varphi_{đm} \eta_{đm}$$

$$\text{Mômen định mức ở đầu trục: } M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega} \frac{1}{9,81} = 0,975 \frac{P_{đm}(W)}{n_{đm}(vg/ph)} (KGM)$$

## 1.4 Công dụng của máy điện không đồng bộ

Máy điện không đồng bộ là loại máy điện xoay chiều chủ yếu dùng làm động cơ điện. Do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, hiệu suất cao, giá thành hạ nên động cơ không đồng bộ là loại máy được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân. Trong công nghiệp thường dùng máy điện không đồng bộ làm nguồn động lực cho máy cán thép loại vừa và nhỏ, động lực cho các máy công cụ... Trong hầm mỏ dùng làm máy tời hay quạt gió. Trong nông nghiệp dùng làm máy bơm hay máy gia công nông sản phẩm. Trong đời sống hàng ngày máy điện không đồng bộ cũng dần dần chiếm một vị trí quan trọng: quạt gió, động cơ tủ lạnh... Tóm lại phạm vi ứng dụng của máy điện không đồng bộ ngày càng rộng rãi.

Tuy vậy máy điện không đồng bộ có những nhược điểm sau:  $\cos\varphi$  của máy thường không cao lắm, đặc tính điều chỉnh tốc độ không tốt nên ứng dụng của nó có phần bị hạn chế.

## 2. Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha

### 2.1 Stator (phần tĩnh)

Stator gồm có: Lõi thép, dây quấn và vỏ máy

- Lõi thép stator (mạch từ) chế tạo từ các lá thép kỹ thuật điện (thép silic) hình tròn được đập rãnh phía trong theo hướng tâm, sau đó ghép cách điện với nhau tạo thành hình trụ rỗng với các rãnh đặt dây quấn. Lõi thép được ép vào trong vỏ máy.
- Dây quấn: Dây quấn của stator được đặt vào các rãnh của lõi thép và cách điện tốt đối với rãnh.
- Vỏ máy: Để cố định lõi sắt và dây quấn không dùng làm mạch dẫn từ. Thường làm bằng gang hay thép tấm hàn lại.

### 2.2. Rotor (phần quay)

Gồm có lõi thép, dây quấn



- Lõi thép: dùng thép kỹ thuật điện như stator, lõi sắt được ép lên trục quay, phía ngoài có xẻ rãnh để đặt dây quấn

- Dây quấn: Có hai loại:

Loại rotor kiểu dây quấn: Là rotor có dây quấn giống như dây quấn của stator. Dây quấn 3 pha của rotor thường được đấu hình sao, còn ba đầu kia nối với ba vành trượt đặt cố định ở một đầu trục và thông qua chổi than đấu với mạch điện bên ngoài. Khi máy làm việc bình thường dây quấn rotor được nối ngắn mạch.



Hình 46. Rotor dây quấn của động cơ không đồng bộ

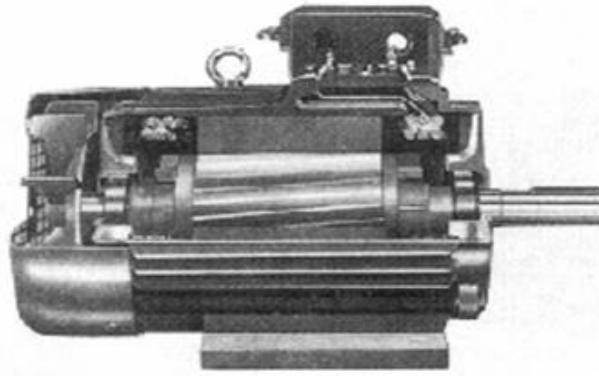
Loại rotor kiểu lồng sóc: Cấu tạo của loại dây quấn này khác với dây quấn stator. Trong mỗi rãnh của stator đặt vào thanh dẫn bằng đồng hoặc bằng nhôm dài ra khỏi lõi sắt và được nối tắt ở hai đầu bằng hai vành ngắn mạch bằng đồng hoặc bằng nhôm mà người ta thường quen gọi là lồng sóc



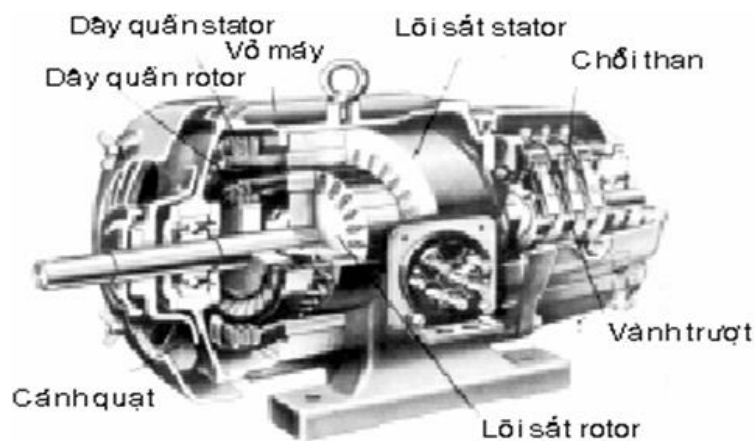
Hình 47. Rotor lồng sóc động cơ điện không đồng bộ

### 2.3 Khe hở

Khe hở trong máy điện không đồng bộ rất nhỏ (từ 0,2 đến 1 mm trong máy điện cỡ nhỏ và vừa), càng nhỏ càng tốt để hạn chế dòng từ hóa lấy từ lưới điện vào. Kết cấu của động cơ điện không đồng bộ rotor lồng sóc và rotor dây quấn được trình trong hình bên dưới.



Hình 48. Động cơ điện KĐB rotor lồng sóc



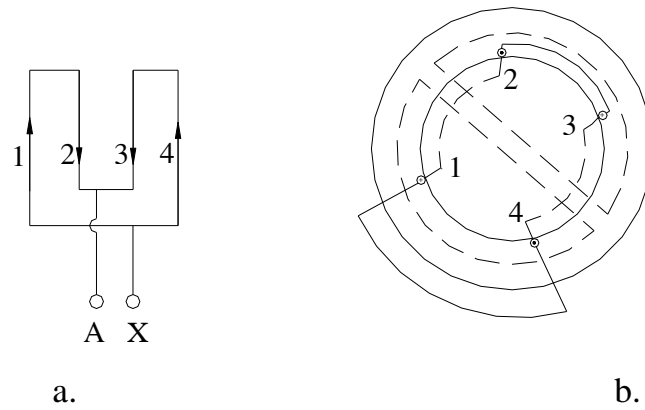
Hình 49. Động cơ điện KĐB rotor dây quấn

### 3. Tìm hiểu từ trường của máy điện không đồng bộ

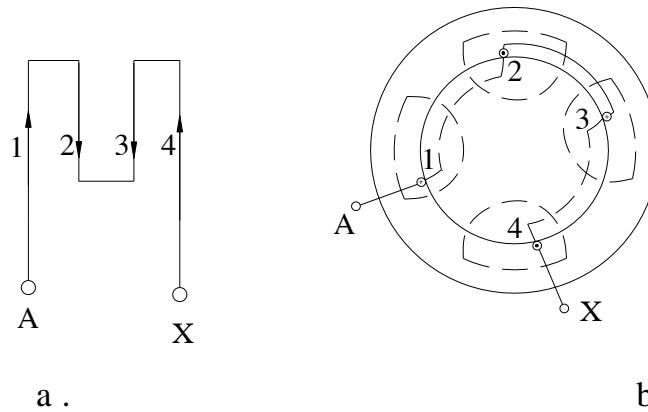
#### 3.1. Từ trường đập mạch của dây quấn một pha

Từ trường của dây quấn một pha là từ trường có phương không đổi, song trị số và chiều biến đổi theo thời gian, được gọi là từ trường đập mạch. Gọi  $p$  là số đôi cực, ta có thể cấu tạo dây quấn để tạo ra từ trường một, hai hoặc  $p$  đôi cực.

Để đơn giản ta hãy xét dây quấn một pha đặt trong 4 rãnh của stato. Dòng điện trong dây quấn là dòng điện một pha  $i = I_{\max} \sin \omega t$  (Hình -5 và 17-03-6). Trên hình vẽ, chiều dòng điện trong thanh 1 đi từ 1 đến 1' được kí hiệu  $\otimes$  ở rãnh 1 hoặc thanh 2 đi từ 2' đến 2 được kí hiệu  $\ominus$  ở rãnh 2. Cũng ký hiệu tương tự đối với các thanh còn lại. Căn cứ vào chiều dòng điện ta vẽ được chiều từ trường theo quy tắc vắn nút chai. Dây quấn tạo thành từ trường một đôi cực:  $p = 1$ . Dây quấn hình bên dưới tạo nên từ trường hai đôi cực  $p = 2$ .



Hình 50



Hình 51

### 3.2. Từ trường quay của dây quấn ba pha

Dòng điện xoay chiều ba pha có ưu điểm lớn là tạo ra từ trường quay trong các máy điện.

#### 3.2.1. Sự tạo thành từ trường quay

Trên Hình -7a, b, c vẽ mặt cắt ngang của máy điện ba pha đơn giản, trong đó dây quấn ba pha đối xứng ở stato AX, BY, CZ đặt trong 6 rãnh. Trục của các dây quấn lệch nhau trong không gian một góc  $120^\circ$  điện.

Giả thiết trong 3 dây quấn có dòng điện ba pha đối xứng chạy qua (Hình -7).

$$I_A = I_{\max} \sin \omega t$$

$$I_B = I_{\max} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$I_C = I_{\max} \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Để thấy rõ sự hình thành từ trường, khi vẽ từ trường ta qui ước chiều dòng điện như sau:

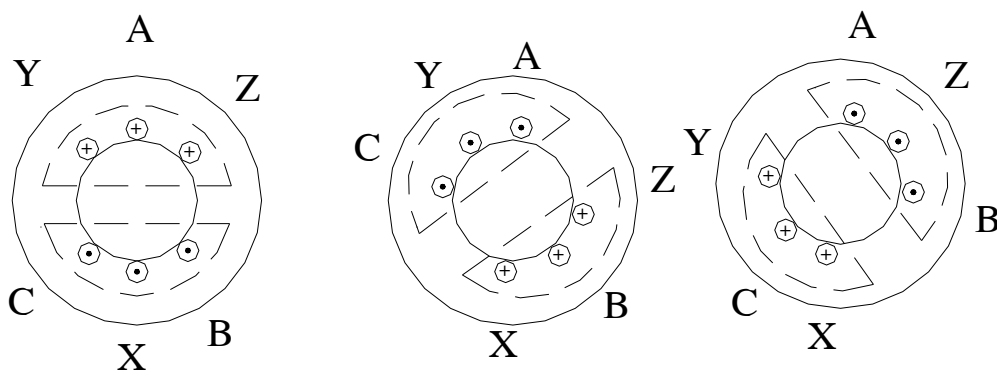
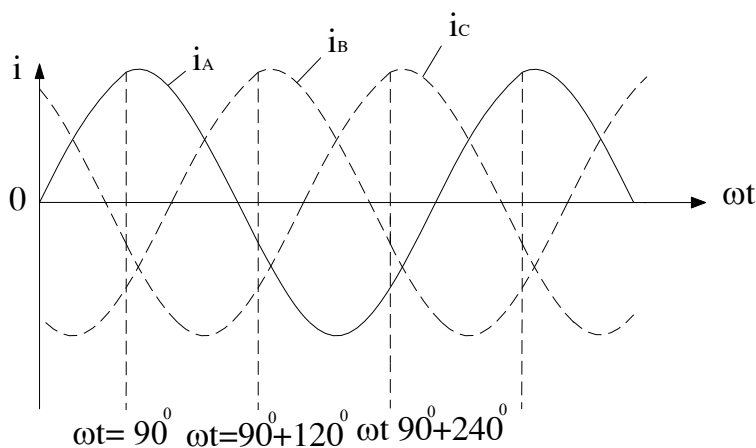
- Dòng điện pha nào dương có chiều từ đầu đến cuối pha, đầu được ký hiệu bằng vòng tròn có dấu nhân ở giữa  $\otimes$ , còn cuối ký hiệu bằng vòng tròn có dấu chấm ở

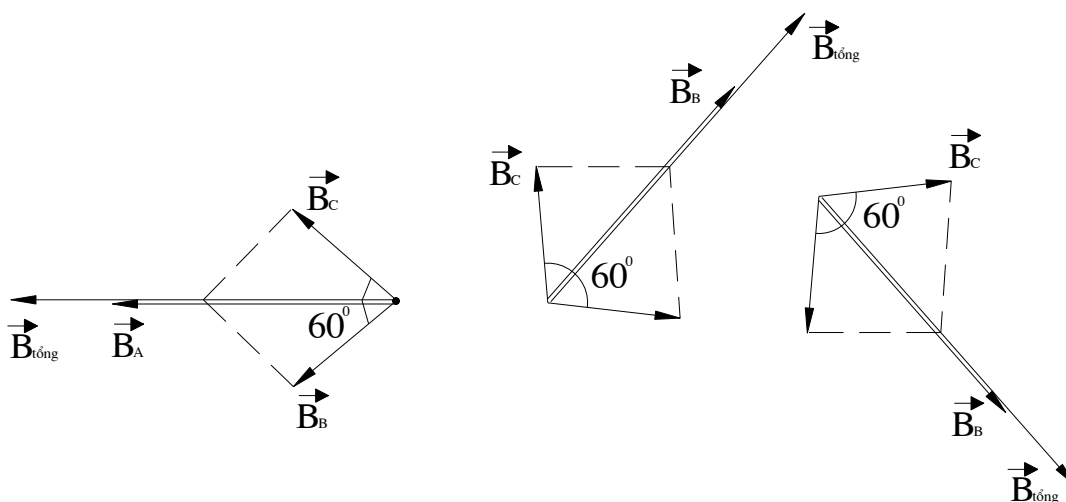
giữa  $\ominus$ . Dòng điện pha nào âm có chiều và ký hiệu ngược lại, đầu ký hiệu bằng  $\ominus$  cuối ký hiệu bằng  $\otimes$

Bây giờ ta xét từ trường ở các thời điểm khác nhau:

- Thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ$ : Ở thời điểm này, dòng điện pha A cực đại và dương, dòng điện pha B và C âm. Theo quy định trên, dòng điện pha A dương, nên đầu A ký hiệu là  $\otimes$ , cuối x ký hiệu là  $\ominus$ ; dòng điện pha B và C âm nên đầu B và C ký hiệu là  $\ominus$  cuối Y và Z ký hiệu là  $\otimes$ .

Dùng quy tắc vắn nút chai ta xác định chiều đường sức từ trường do các dòng điện sinh ra; ta thấy từ trường tổng có một cực S và một cực N, ta gọi là từ trường một đôi cực ( $p = 1$ ). Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại.





Hình 52. Sự tạo thành từ trường quay

- Thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ + 120^\circ$ : Là thời điểm sau thời điểm đã xét ở trên một phần ba chu kỳ. Ở thời điểm này, dòng điện pha B cực đại và dương, các dòng điện pha A và C âm. Dùng quy tắc vụn nút chai ta xác định chiều đương sức từ trường. Ta thấy từ trường tổng đã quay đi một góc là  $120^\circ$  so với thời điểm trước. Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha B là pha có dòng điện cực đại.

- Thời điểm pha  $\omega t = 90^\circ + 240^\circ$ : Là thời điểm chậm sau thời điểm đầu 2/3 chu kỳ; lúc này dòng điện pha C cực đại và dương, còn dòng điện pha A và pha B âm. Ta thấy từ trường tổng ở thời điểm này đã quay đi một góc  $240^\circ$  so với thời điểm đầu. Trục của từ trường tổng trùng với trục của dây quấn pha C, là pha có dòng điện cực đại.

Qua sự phân tích ở trên, ta thấy từ trường tổng của dòng điện ba pha là từ trường quay. Từ trường quay móc vòng với cả hai dây quấn stato và rôto, đó là từ trường chính của máy điện, tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng.

Với cách cấu tạo dây quấn như trên, ta được từ trường quay một đôi cực. Nếu thay đổi cấu tạo dây quấn, ta được từ trường 2, 3, 4 v.v... đôi cực.

### 3.2.2 Đặc điểm của từ trường quay

Từ trường quay của hệ thống dòng điện ba pha có 3 đặc điểm quan trọng:

- Tốc độ từ trường quay

Tốc độ từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stato  $f$  và số đôi cực  $p$ . Thật vậy, ở Hình -7 ta thấy rằng khi dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được một vòng, do đó trong một phút dòng điện biến thiên  $60f$  chu kỳ, từ trường quay được  $60f$  vòng. Vậy khi từ trường có một đôi cực, tốc độ của từ trường quay là

$n_1 = 60f \frac{\text{vòng}}{\text{phút}}$ . Khi từ trường có hai đôi cực, dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được  $\frac{1}{2}$  vòng (từ cực N qua S đến N là  $\frac{1}{2}$  vòng), do đó tốc độ từ trường quay là  $n_1 = \frac{60f}{2}$ . Một cách tổng quát, khi từ trường quay có p đôi cực, tốc độ từ trường quay (còn gọi là tốc độ đồng bộ) là:

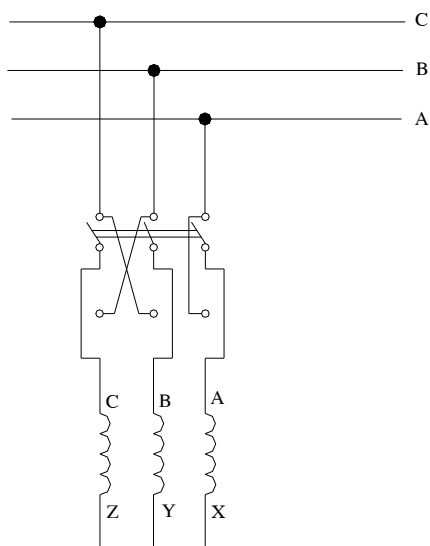
$$n_1 = \frac{60f}{p} (\text{vòng / phút}) \tag{3-1}$$

- Chiều quay của từ trường

Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện. Muốn đổi chiều quay của từ trường ta thay đổi thứ tự hai pha với nhau.

Thật vậy, ở Hình -8 ta thấy rằng, khi thứ tự dòng điện các pha cực đại lần lượt là pha A, pha B, rồi đến pha C một cách chu kỳ thì từ trường quay từ trục dây quấn pha A đến trục dây quấn pha B rồi đến trục dây quấn pha C một cách tương ứng.

Như vậy nếu thay đổi thứ tự hai pha cho nhau, ví dụ dòng điện  $i_B$  cho vào dây quấn CZ, dòng điện  $i_C$  cho vào dây quấn BY, từ trường sẽ quay theo chiều từ trục dây quấn AX đến trục dây quấn CZ (có dòng điện  $i_B$ ) rồi đến trục dây quấn BY (có dòng điện  $i_C$ ), nghĩa là từ trường quay theo chiều ngược lại (Hình -8).



Hình 53. Từ trường quay

- Biên độ của từ trường quay

Từ trường quay sinh ra từ thông  $\Phi$  xuyên qua mỗi dây quấn. Ví dụ ta xét từ thông của từ trường quay xuyên qua mỗi dây quấn AX.

Dây quấn các pha lệch về không gian với pha A một góc lần lượt là  $120^\circ$ ,  $240^\circ$ , từ thông xuyên qua dây quấn AX do dây quấn ba pha là:

$$\begin{aligned}\Phi &= \Phi_A + \Phi_B \cos(-120^\circ) + \Phi_C \cos(-240^\circ) \\ &= \Phi_A - \frac{1}{2}(\Phi_B + \Phi_C)\end{aligned}\quad (3-2)$$

Hệ thống dòng điện ba pha đối xứng nên  $\Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$  hay  $\Phi_B + \Phi_C = -\Phi_A$  do đó ta có:

$$\Phi = \Phi_A + \frac{\Phi_A}{2} = \frac{3}{2} \Phi_A \quad (3-3)$$

Dòng điện  $i_A = I_{\max} \sin \omega t$  nên:

Từ thông của dòng điện pha A là:

$$\Phi_A = \Phi_{A\max} \sin \omega t$$

Cuối cùng ta có:

$$\Phi = \frac{3}{2} \Phi_{A\max} \sin \omega t$$

Vậy từ thông của từ trường quay xuyên qua dây quấn biến thiên hình sin và có biên độ bằng  $3/2$  từ thông cực đại của một pha.

$$\Phi_{\max} = \frac{3}{2} \Phi_{p\max} \quad (3-4)$$

trong đó  $\Phi_{p\max}$  là từ thông cực đại của một pha.

Đối với dây quấn m pha thì:

$$\Phi_{\max} = \frac{m}{2} \Phi_{p\max} \quad (3-5)$$

### 3.3. Từ trường quay của dây quấn hai pha

Khi có dây quấn hai pha ( $m=2$ ) đặc lệch nhau trong không gian góc  $90^0$  điện, dòng điện trong hai dây quấn lệch pha nhau về thời gian  $90^0$ , cũng phân tích như trên, từ trường của hai pha là từ trường quay có các tính chất như đã xét ở trên và có biên độ là:

$$\Phi_{\max} = \frac{m}{2} \Phi_{p\max} = \Phi_{\max} = \Phi_{p\max}$$

Từ trường quay của dây quấn hai pha có biên độ bằng biên độ từ trường một pha.

### 3.4. Từ thông tản

Bộ phận từ thông chỉ móc vòng riêng rẽ với mỗi dây quấn gọi là từ thông tản. Ta có từ thông tản stato, chỉ móc vòng với dây quấn stato, từ thông tản rôto chỉ móc vòng với dây quấn rôto. Từ thông tản được đặc trưng bằng điện kháng tản, như đã xét ở máy biến áp.

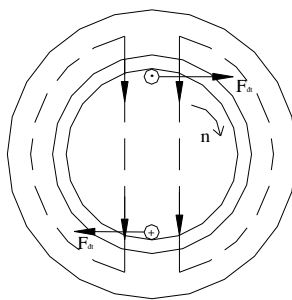
## 4. Tìm hiểu nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ

### 4.1. Nguyên lý làm việc của động cơ điện không đồng bộ

Khi ta cho dòng điện ba pha tần số  $f$  vào ba dây quấn Stato, sẽ tạo ra từ trường quay  $p$  đôi cực, quay với tốc độ là  $n_1 = \frac{60f}{p}$ . Từ trường quay cắt các thanh dây dẫn của dây quấn rôto, cảm ứng các sức điện động. Vì dây quấn rôto nối ngắn mạch, nên sức điện động cảm ứng sẽ sinh ra dòng điện trong các thanh dẫn rôto. Lực tác dụng tương hỗ giữa từ trường quay của máy với thanh dẫn mang dòng điện rôto, kéo rôto quay cùng chiều quay từ trường với tốc độ  $n$ .

Để minh họa, trong Hình -9 vẽ từ trường quay tốc độ  $n_1$ , chiều sức điện động và các lực điện từ  $F_{dt}$ .





Hình 54. Từ trường quay tốc độ  $n_1$

Khi xác định chiều sức điện động cảm ứng theo quy tắc bàn tay phải, ta căn cứ vào chiều chuyển động tương đối của thanh dẫn đối với từ trường. Nếu coi từ trường đứng yên, thì chiều chuyển động tương đối của thanh dẫn ngược chiều với chiều  $n_1$ , từ đó áp dụng quy tắc bàn tay phải, xác định được chiều sđđ như hình vẽ (dấu  $\otimes$  chỉ chiều đi từ ngoài vào trong).

Chiều lực điện từ xác định theo quy tắc bàn tay trái, trùng với chiều quay  $n_1$ .

Tốc độ  $n$  của máy nhỏ hơn tốc độ từ trường quay  $n_1$  vì nếu tốc độ bằng nhau thì không có sự chuyển động tương đối, trong dây quấn rôto không có sđđ và dòng điện cảm ứng, lực điện từ bằng không.

Độ chênh lệch giữa tốc độ từ trường quay và tốc độ máy gọi là tốc độ trượt  $n_2$ .

$$n_2 = n_1 - n \tag{3-6}$$

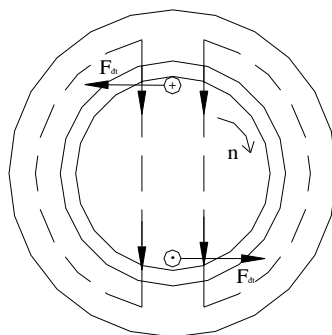
Hệ số trượt của tốc độ là:

$$s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1} \tag{3-7}$$

#### 4.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ

Nếu bây giờ Stato vẫn nối với lưới điện, nhưng trục rôto không nối với tải, mà nối với một động cơ sơ cấp. Dùng động cơ sơ cấp kéo rôto quay cùng chiều với  $n_1$  và với tốc độ  $n$  lớn hơn tốc độ từ trường quay  $n_1$ . Lúc này, chiều dòng điện rôto  $I_2$  ngược lại với chế độ động cơ và lực điện từ đổi chiều. Lực điện từ tác dụng lên rôto ngược

với chiều quay, gây ra mômen hãm cân bằng với mômen quay động cơ sơ cấp (Hình - 10).



Hình 55. Từ trường quay tốc độ  $n > n_1$

Máy điện làm việc ở chế độ máy phát. Hệ số trượt là:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0 \quad (3-8)$$

Nhờ từ trường quay, cơ năng động cơ sơ cấp đưa vào rôto được biến thành điện năng ở Stato. Để tạo ra từ trường quay, lưới điện phải cung cấp cho máy phát không đồng bộ công suất phản kháng Q, vì thế làm cho hệ số công suất  $\cos \varphi$  của lưới điện thấp đi. Nếu khi máy phát làm việc riêng lẻ, ta phải dùng tụ điện nối đầu cực máy để kích từ cho máy.

Đó nhược điểm của máy phát không đồng bộ, vì thế ít khi dùng máy phát điện không đồng bộ.

## 5. Tìm hiểu mô hình toán và sơ đồ thay thế của động cơ điện không đồng bộ

### 5.1. Phương trình cân bằng điện từ

#### 5.1.1 Phương trình cân bằng điện dây quấn stato

Dây quấn stato của động cơ điện tương tự như dây quấn sơ cấp của máy biến áp, ta có phương trình cân bằng điện áp là :

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \overline{Z}_1 - \dot{E}_1 \quad (3-9)$$

trong đó

$\overline{Z}_1 = R_1 + jX_1$  là tổng trở dây quấn Stato.

$R_1$  là điện trở dây quấn Stato.

$X_1 = 2\pi fL_1$  là điện kháng tản dây quấn Stato, đặc trưng cho từ thông tản Stato

$f$  – tần số dòng điện Stato

$L_1$  – điện cảm tản Stato

$\dot{E}_1$  - sức điện động pha Stato do từ thông của từ trường quay sinh ra có trị số là :

$$E_1 = 4,44fW_1k_{gq1}\Phi_{\max} \quad (3-10)$$

$W_1, k_{gq1}$  thứ tự là số vòng dây và hệ số dây quấn của một pha Stato. Hệ số dây quấn  $k_{gq1} < 1$ , nói lên sự giảm sức điện động của dây quấn do quấn rải trên các rãnh và bước rút ngắn, so với quấn tập trung như máy biến áp.

$\Phi_{\max}$  – Biên độ từ thông của từ trường quay.

### 5.1.2. Phương trình cân bằng điện ở dây quấn rôto

Dây quấn rôto được coi như dây quấn thứ cấp máy biến áp, song ở động cơ, dây quấn rôto chuyển động đối với từ trường quay tốc độ trượt  $n_2 = n_1 - n = sn_1$ . Như vậy sức điện động và dòng điện trong dây quấn rôto có tần số là:

$$f_2 = \frac{pn_2}{60} = \frac{spn_1}{60} = sf \quad (3-11)$$

Tần số dòng điện rôto lúc quay bằng hệ số trượt nhân với tần số dòng điện Stato  $f$ . Lúc rôto đứng yên tần số dòng điện rôto là  $f$ .

Sức điện động pha dây quấn Stato lúc quay là:

$$\begin{aligned} E_{2s} &= 4,44f_2W_2k_{gq2}\Phi_{\max} \\ &= 4,44sfW_2k_{gq2}\Phi_{\max} \end{aligned} \quad (3-12)$$

$W_2, k_{gq2}$  thứ tự là số vòng dây quấn của dây quấn rôto. Hệ số  $k_{gq2} < 1$  nói lên sự giảm sức điện động do dây quấn rôto trải trên các rãnh và bước rút ngắn.

Khi rôto đứng yên  $s = 1$ , tần số  $f_2 = f$ . Sức điện động dây quấn rôto lúc không quay là:

$$E_2 = 4,44fW_2k_{gq2} \Phi_{\max} \quad (3-13)$$

So sánh (7-13) và (7-12b) ta thấy

$$E_{2s} = sE_2 \quad (3-14)$$

Sức điện pha rôto lúc quay  $E_{2s}$  bằng sức điện động pha rôto lúc không quay nhân với hệ số trượt  $s$ .

Cũng tương tự như vậy điện kháng tản dây quấn rôto lúc quay là:

$$X_{2s} = 2\pi f_2 L_2 = s \cdot 2\pi f L_2 = sX_2 \quad (3-15)$$

trong đó  $L_2$  là điện cảm tản pha dây quấn rôto,  $X_2 = 2\pi f L_2$  là điện kháng tản rôto lúc không quay. Điện kháng tản rôto lúc quay bằng điện kháng tản rôto lúc không quay nhân với hệ số trượt  $s$ .

Từ (3-13) và (3-10) ta có tỷ số sđđ pha stato và rôto là:

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1 k_{gq1}}{W_2 k_{gq2}} \quad (3-16)$$

$k_e$  gọi là hệ số quy đổi sức điện động.

Chọn chiều  $E_{2s}, I_2$  như Hình -11. Vì dây quấn rôto ngắn mạch nên phương trình cân bằng điện lúc rôto quay là:

$$-E_{2s} = I_2(R_2 + jX_{2s}) \quad (3-17a)$$

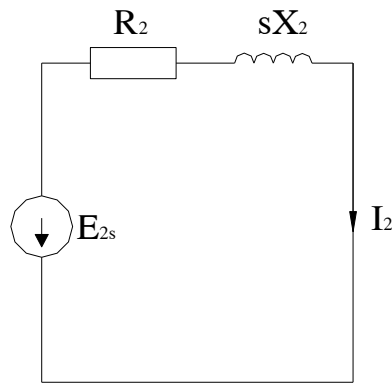
hoặc

$$- \dot{E}_{2s} = \dot{I}_2 (R_2 + jX_{2s})$$

$$0 = - \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 (R_2 + jX_{2s}) \quad (3-17b)$$

Trong phương trình (7-17) dòng điện rôto có tần số  $f_2 = sf$  và có trị số hiệu dụng là:

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \quad (3-18)$$



Hình 56.

### 5.1.3. Phương trình cân bằng từ của động cơ không đồng bộ

Khi động cơ làm việc, từ trường quay trong máy do đồng thời dòng điện của cả hai dây quấn sinh ra. Dòng điện trong dây quấn stato sinh ra từ trường quay Stato quay tốc độ  $n_1$  đối với Stato. Dòng điện trong dây quấn rôto sinh ra từ trường quay rôto, quay đối với rôto tốc độ:

$$n_2 = \frac{60f_2}{p} = \frac{s60f}{p} = sn_1$$

Vì rôto quay đối với stato tốc độ  $n$ , cho nên từ trường rôto sẽ quay đối với stato tốc độ là:

$$n_2 + n = sn_1 + n = sn_1 + n_1(1 - s) = n_1$$

Như vậy từ trường quay Stato và từ trường quay rôto không chuyển động tương đối với nhau. Từ trường tổng hợp của máy sẽ là từ trường quay với tốc độ  $n_1$ .

Cũng lý luận như ở máy biến áp, từ thông  $\Phi_{\max}$  có trị số hầu như không đổi ứng với chế độ không tải và có tải. Do đó ta có thể viết được phương trình cân bằng từ của động cơ:

$$m_1 w_1 k_{gq1} \dot{I}_1 - m_2 w_2 k_{gq2} \dot{I}_2 = m_1 w_1 k_{gq1} \dot{I}_0$$

trong đó:

$\dot{I}_0$  là dòng điện Stato lúc không tải.

$\dot{I}_1, \dot{I}_2$  là dòng điện Stato và rôto khi động cơ kéo tải.

$m_1, m_2$  là số pha của dây quấn Stato và rôto

Các hệ số  $m_1 w_1 k_{gq1}, m_2 w_2 k_{gq2}$  nói lên từ trường quay do đồng thời  $m_1$  pha Stato và  $m_2$  pha rôto sinh ra và có xét đến số vòng dây, cấu tạo các dây quấn.

Dấu trừ trước  $\dot{I}_2$  vì ta chọn chiều  $\dot{I}_2$  không phù hợp với chiều từ thông theo quy tắc vắn nút chai.

Chia hai vế cho  $m_1 w_1 k_{gq1}$  và đặt:

$$\frac{\dot{I}_2}{m_1 w_1 k_{gq1}} = \frac{\dot{I}_2}{k_i} = \dot{I}_2' \quad (3-19)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2' \quad \text{là dòng điện rôto quy đổi về Stato, hệ số } k_i = \frac{m_1 w_1 k_{gq1}}{m_2 w_2 k_{gq2}} \quad (3-20)$$

gọi là hệ số quy đổi dòng điện.

## 5.2 Sơ đồ thay thế của động cơ điện không đồng bộ

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu và tính toán, từ hệ phương trình cân bằng điện và từ của động cơ, ta tìm cách thành lập một sơ đồ điện, gọi là sơ đồ thay thế động cơ điện.

Theo (3-9), (3-11b), (3-19) hệ phương trình của động cơ điện là:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1(R_1 + jX_1) - \dot{E}_1 \quad (3-21)$$

$$0 = -s\dot{E}_2 - \dot{I}_2(R_2 + jsX_2) \quad (3-22)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2 \quad (3-23)$$

Chia (3-22) cho  $s$  ta có:

$$0 = -\dot{E}_2 - \dot{I}_2\left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right) \quad (3-24)$$

Các thông số  $E_2$ ,  $X_2$  trong (3-24) là sđđ rôto, điện kháng rôto lúc không quay, ứng với tần số dòng điện rôto bằng  $f$ .

Phương trình (3-22) là phương trình mạch điện rôto lúc quay, trong đó dòng điện  $I_2$  có tần số  $f_2 = sf$ .

Nhân phương trình (3-24) với  $k_e$ , chia và nhân với  $k_i$  ta có:

$$0 = -k_e \dot{E}_2 - \frac{\dot{I}_2}{k_i} \left( \frac{R_2}{s} k_e k_i + jX_2 k_e k_i \right) \quad (3-25)$$

trong đó  $k_e$ ,  $k_i$  là hệ số quy đổi sức điện động (3-16) và hệ số quy đổi dòng điện (3-20).

Gọi  $E'_2 = k_e E_2 = E_1$  là dòng điện rôto quy đổi về Stato.

Trong biểu thức  $k_i$  cho thấy, ngoài quy đổi dây quấn còn quy đổi số pha rôto  $m_2$  về bằng số pha Stato  $m_1$ .

$R'_2 = R_2 k_e k_i$  là điện trở dây quấn rôto quy đổi về Stato

$X'_2 = X_2 k_e k_i$  là điện kháng dây quấn rôto quy đổi về stato

$k_e k_i = k_z$  là hệ số quy đổi tổng trở.

Phương trình (3-25) trở thành:

$$0 = -\dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \left( \frac{R'_2}{s} + jX'_2 \right) \quad (3-26)$$

Giống như máy biến áp,  $-E_1$  và  $-E'_2$  là điện áp rơi trên tổng trở từ hóa:

$$-E_1 = -E'_2 = \dot{I}_0 (R_{th} + jX_{th}) \quad (3-27)$$

Cuối cùng ta có hệ phương trình động cơ điện như sau:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 (R_1 + jX_1) + \dot{I}'_0 (R_{th} + jX_{th}) \quad (3-28)$$

$$0 = \dot{I}'_0 (R_{th} + jX_{th}) - \dot{I}'_2 \left( \frac{R'_2}{s} + jX'_2 \right) \quad (3-29)$$

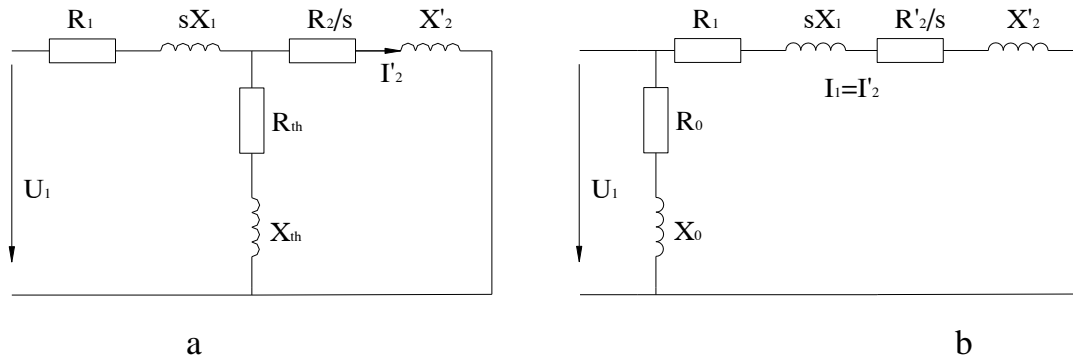
$$\dot{I}_1 = \dot{I}'_0 + \dot{I}'_2 \quad (3-30)$$

Hệ phương trình (3-28), (3-29), (3-30) là hệ phương trình Kiêchốp cho mạch điện Hình -12a. Mạch điện Hình -12a là sơ đồ thay thế động cơ điện không đồng bộ. Để thuận tiện cho việc tính toán, sơ đồ 17-03-12a được xem gần đúng tương đương với sơ đồ 17-03-12b. Sơ đồ 17-03-12b được sử dụng nhiều trong tính toán động cơ điện không đồng bộ, trong đó

$$R_o = R_1 + R_{th}$$

$$X_o = X_1 + X_{th}$$





Hình 57. Sơ đồ thay thế động cơ

Ngoài ra nếu làm phép biến đổi đơn giản

$$\frac{R'_2}{s} = R'_2 + \frac{R'_2(1-s)}{s} \tag{3-31}$$

$\frac{R'_2}{s}$  đặc trưng cho công suất điện từ

$$P_{dt} = m_1 I_2'^2 \frac{R'_2}{s} = m_2 I_2'^2 \frac{R_2}{s} \tag{3-32}$$

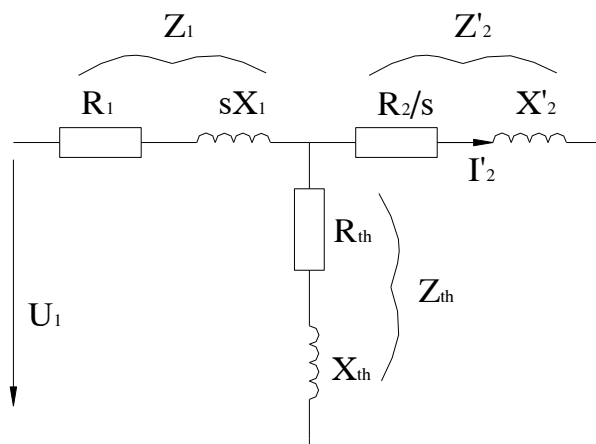
$R'_2$  Đặc trưng cho tổn hao đồng trong rôto

$$P_{d2} = m_1 I_2'^2 R'_2 = m_2 I_2'^2 R_2 \tag{3-33}$$

$\frac{R'_2(1-s)}{s}$  đặc trưng cho công suất cơ trên trục

$$P_{co} = m_1 I_2'^2 R'_2 \frac{1-s}{s} = m_2 I_2'^2 R_2 \frac{1-s}{s} \tag{3-34}$$

Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ có thể vẽ như Hình -13



Hình 58. Sơ đồ thay thế động cơ đơn giản

### 6. Tìm hiểu biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ điện không đồng bộ

Động cơ lấy năng lượng  $P_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$  từ lưới. Một phần nhỏ công suất biến thành tổn hao đồng của dây quấn stator  $\Delta P_{d1} = m_1 \cdot I_1^2 \cdot R_1$  và tổn hao lõi sắt stator  $\Delta P_{st} = m_1 \cdot I_0^2 R_{th}$  còn lại phần lớn công suất chuyển thành công suất điện từ  $P_{dt}$  truyền qua rotor, như vậy:

$$P_{dt} = P_1 - \Delta P_{d1} - \Delta P_{st} = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s}$$

Vì trong rotor có dòng điện, nên có tổn hao đồng dây quấn rotor  $\Delta P_{d2} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot R_2'$ , do đó công suất cơ của động cơ điện bằng:

$$P_c = P_{dt} - \Delta P_{d2} = m_1 \cdot I_2'^2 \left( \frac{1-s}{s} \right) R_2'$$

Vì máy quay có tổn hao cơ  $\Delta P_c$  và tổn hao phụ  $\Delta P_f$  nên công suất đưa ra đầu trục động cơ sẽ là:

$$P_2 = P_c - (\Delta P_c + \Delta P_f) = P_c - \Delta P_{cf}$$

Như vậy, tổng tổn hao trong động cơ điện bằng:

$$\Delta P = \Delta P_{d1} + \Delta P_{st} + \Delta P_{d2} + \Delta P_{cf}$$

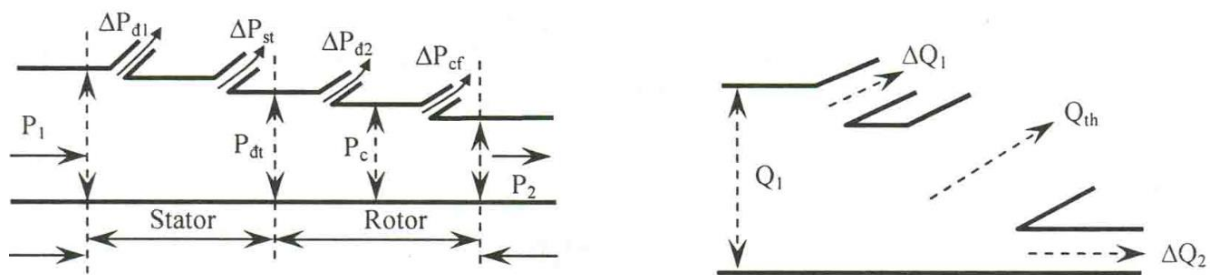
Và công suất đưa ra đầu trục:

$$P_2 = P_1 - \Delta P$$

Hiệu suất của động cơ:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P}{P_1}$$

Giản đồ năng lượng của động cơ không đồng bộ như hình 17-03-14



Hình 59. Giản đồ năng lượng của động cơ KĐB

Về công suất phản kháng, động cơ không đồng bộ lấy từ lưới vào một công suất bằng:

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1$$

Một phần công suất này sinh ra từ trường tản trong mạch stator  $\Delta Q_1$  và rotor  $\Delta Q_2$  :

$$\Delta Q_1 = m_1 I_1^2 X_1 \text{ và } \Delta Q_2 = m_1 I_2'^2 X_2'$$

Phần lớn công suất phản kháng còn lại để sinh ra từ trường khe hở:

$$Q_{th} = m_1 E_1 I_0 = m_1 I_0^2 X_{th}$$

Như vậy, giản đồ công suất phản kháng của động cơ điện được minh họa trên hình 17-3-14 với

$$Q_1 = Q_{th} + \Delta Q_1 + \Delta Q_2$$

Do trong máy điện không đồng bộ khe hở lớn hơn trong máy biến áp nên dòng điện từ hóa  $I_0$  trong máy điện không đồng bộ lớn hơn dòng điện từ hóa trong máy biến áp.

Công suất phản kháng  $Q$  và dòng điện không tải  $I_0$  tương đối lớn dẫn đến hệ số công suất  $\cos \varphi$  tương đối thấp. Thông thường, động cơ không đồng bộ có  $\cos \varphi = 0,7 \div 0,85$ ; khi không tải  $\cos \varphi$  rất thấp thường là  $\cos \varphi_0 = 0,1 \div 0,2$ .

## 7. Tìm hiểu mômen quay của động cơ không đồng bộ ba pha

Ở chế độ động cơ điện, mômen điện từ đóng vai trò mômen quay, được tính là:

$$M = M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} \quad (3-35)$$

$P_{dt}$  là công suất điện từ được tính theo (3-32)

$$P_{dt} = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s} \quad (3-36)$$

$\omega_1$  là tần số góc của từ trường quay:

$$\omega_1 = \frac{\omega}{p} \quad (3-37)$$

$\omega$  là tần số góc dòng điện stato

$p$  là số đôi cực từ.

Dựa vào sơ đồ gần đúng (3-12b), dòng điện  $I_2'$  được tính là:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (3-38)$$

Thay (3-38), (3-37), (3-36) vào (3-35) cuối cùng ta có:

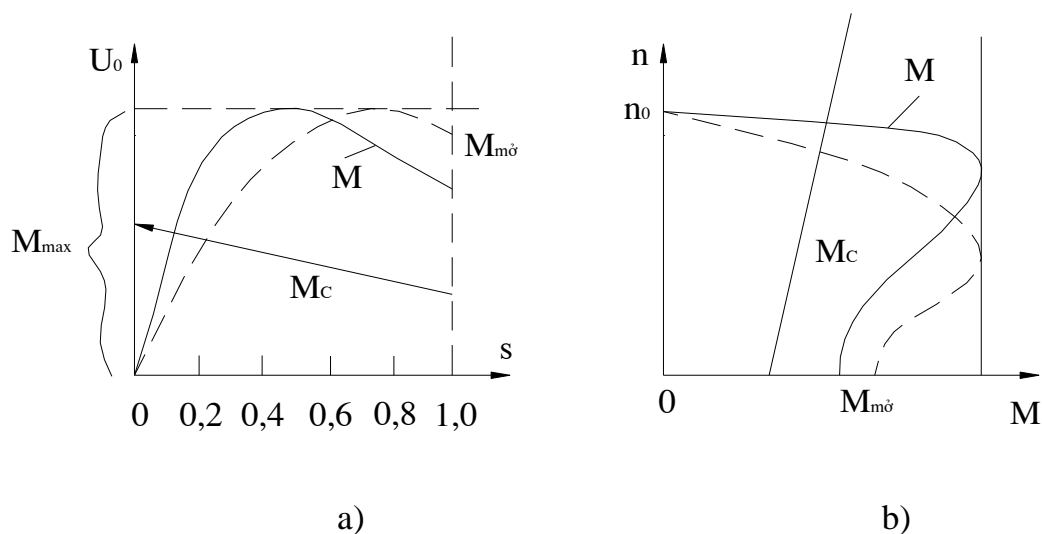
$$M = \frac{3pU_1^2 R'_2}{s\omega \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]} \quad (3-39)$$

Trên hình (17-03-15a) vẽ quan hệ mômen theo hệ số trượt

$$M = f(s)$$

Nếu thay  $s = \frac{n_1 - n}{n}$  ta sẽ có quan hệ  $n = f(M)$ , đó là đường đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ (Hình -15b).

Động cơ sẽ làm việc ở điểm mômen quay bằng  $M$  bằng mômen cản  $M_c$



Hình 60

Các đặc điểm của mômen quay động cơ không đồng bộ:

a, Mômen tỷ lệ với bình phương điện áp, nếu điện áp đặt vào động cơ thay đổi, mômen động cơ thay đổi rất nhiều. Trên Hình -15a vẽ đường  $M = f(s)$  với các điện áp khác nhau  $U'_1 < U_1$ .

b, Mômen có trị số cực đại  $M_{max}$  ứng với giá trị tới hạn  $s_{th}$  làm cho đạo hàm  $\frac{\partial M}{\partial s} = 0$ . Sau khi đạo hàm ta tính được trị số  $s_{th}$  và  $M_{max}$  là:

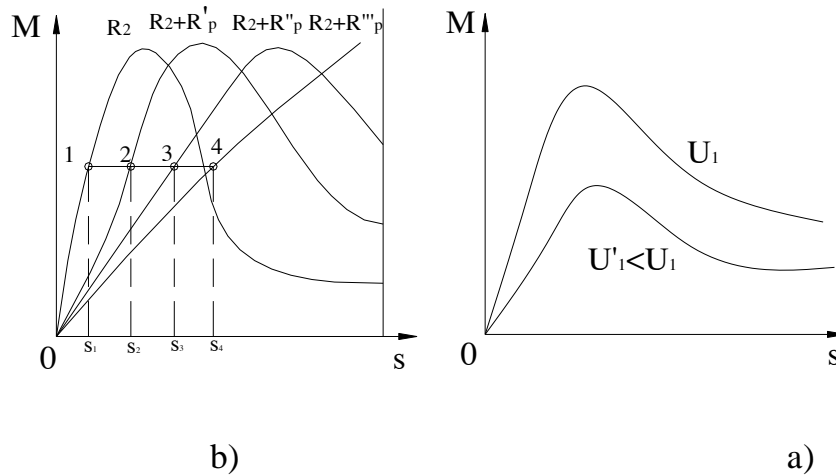
$$s_{th} = \frac{R'_2}{R_1 + X_1 + X'_2} = \frac{R'_2}{X_1 + X'_2} \quad (3-40)$$

$$M_{max} = \frac{3pU_1^2}{2\omega \left[ R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2} \right]}$$

Vì  $R_1$  rất nhỏ cho nên bỏ qua.

$$\approx \frac{3pU_1^2}{2\omega(R_1 + X_1 + X'_2)} \quad (3-41)$$

Hệ số trượt tới hạn  $s_{th}$  tỷ lệ thuận với điện trở rôto, còn  $M_{max}$  không phụ thuộc vào điện trở rôto, khi cho thêm điện trở phụ  $R_p$  vào rôto, đường đặc tính  $M = f(s)$  thay đổi như Hình -16b. Tính chất này được sử dụng để điều chỉnh tốc độ và mở máy động cơ rôto dây quấn.



Hình 61

Quan hệ giữa  $M$ ,  $M_{max}$  và  $s_{th}$  có thể viết gần đúng như sau:

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}} \quad (3-42)$$

Thay  $a=1$  vào biểu thức (7-39), mômen mở máy động cơ là:

$$M_{mo} = \frac{3pU_1^2 R'_2}{\omega[(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2]} \quad (3-43)$$

Đối với động cơ lồng sóc thường cho các tỷ số sau:

$$\frac{M_{mo}}{M_{dm}} = 1,1 \div 1,7; \frac{M_{max}}{M_{dm}} = 1,6 \div 2,5$$

## 8. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha

Động cơ không đồng bộ ba pha có mômen mở máy. Để mở máy được, mômen mở máy động cơ phải lớn hơn mômen cản của tải lúc mở máy, đồng thời mômen động cơ phải đủ lớn để thời gian mở máy trong phạm vi cho phép.

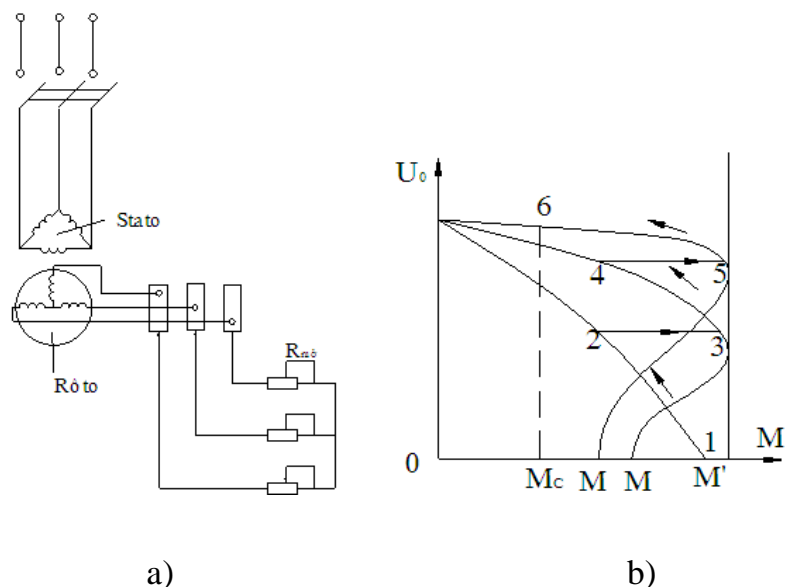
Khi mở máy hệ số trượt  $s = 1$ , theo sơ đồ thay thế gần đúng, dòng điện pha lúc mở máy:

$$I_{pmo} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

Dòng điện mở máy lớn bằng 5 ÷ 7 lần dòng điện định mức. Đối với lưới điện công suất nhỏ sẽ làm cho điện áp mạng điện tụt xuống, ảnh hưởng đến sự làm việc của các thiết bị khác. Vì thế ta cần có các biện pháp mở máy.

### 8.1. Mở máy động cơ rôto dây quấn

Khi mở máy, dây quấn rôto được nối với biến trở mở máy (Hình -17a). Đầu tiên để biến trở lớn nhất, sau đó giảm dần đến không. Đường đặc tính mômen ứng với các giá trị  $R_{mở}$  trên Hình -17b.



Hình 62. Sơ đồ mở máy động cơ rotor dây quấn

Muốn mômen mở máy cực đại, hệ số trượt tới hạn phải bằng 1:

$$s_{th} = \frac{R'_2 + R'_{m\phi}}{X_1 + X'_2} = 1 \tag{3-44}$$

Từ đó xác định được điện trở  $R_{m\phi}$  cần thiết

Khi có  $R_{m\phi}$  dòng điện pha mở máy là:

$$I_{p\phi} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_{m\phi})^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

Nhờ có  $R_{m\phi}$  dòng điện mở máy giảm xuống.

Như vậy, có  $R_{m\phi}$  mômen mở máy tăng, dòng điện mở máy giảm, đó là ưu điểm lớn của động cơ rôto dây quấn.

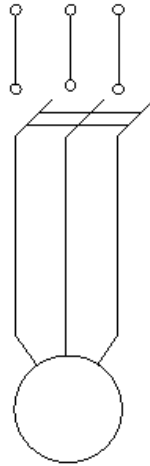
## 8.2. Mở máy động cơ lồng sóc

### 8.2.1 Mở máy trực tiếp

Đây là phương pháp đơn giản nhất, chỉ việc đóng trực tiếp động cơ điện vào lưới điện. (Hình -18). Khuyết điểm của phương pháp này là dòng điện mở máy lớn, làm sụt điện áp mạng điện rất nhiều, nếu quán tính của máy lớn, thời gian mở máy sẽ rất lâu,



có thể làm chảy cầu chì bảo vệ. Vì thế phương pháp này dùng được khi công suất mạng điện (hoặc nguồn điện) lớn hơn công suất động cơ rất nhiều, việc mở máy sẽ rất nhanh và đơn giản.



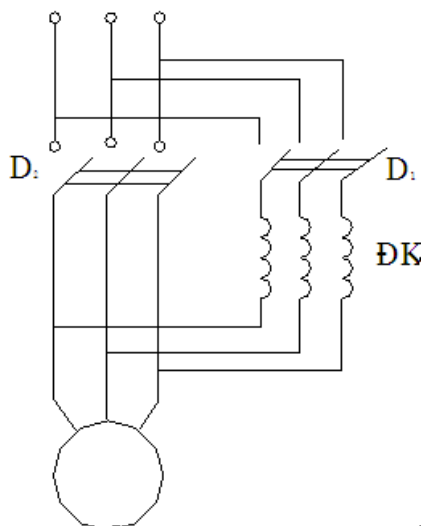
Hình 62. Mở máy trực tiếp

### 8.2.2. Giảm điện áp stato khi mở máy

Khi ta mở máy ta giảm điện áp đặt vào động cơ để giảm dòng điện mở máy. Khuyết điểm của phương pháp này là mômen mở máy giảm đi rất nhiều, vì thế nó chỉ sử dụng được đối với trường hợp không yêu cầu mômen mở máy lớn. Có các biện pháp giảm điện áp như sau:

- Dùng điện kháng nối tiếp vào mạch stato.

Điện áp mạng điện đặt vào động cơ qua điện kháng ĐK (Hình -19). Lúc mở máy, cầu dao  $D_2$  mở, cầu dao  $D_1$  đóng. Khi động cơ đã quay ổn định thì đóng cầu dao 2 để ngắn mạch điện kháng. Nhờ có điện áp rơi trên điện kháng, điện áp trực tiếp đặt vào động cơ giảm đi  $k$  lần. dòng điện sẽ giảm đi  $k$  lần, song mômen giảm đi  $k^2$  lần (vì mômen tỷ lệ với bình phương điện áp).



Hình 63. Mở máy dùng điện trở kháng

- Dùng máy tự biến áp.

Điện áp mạng điện đặt vào sơ cấp máy tự biến áp (Hình -20). Điện áp thứ cấp máy tự biến áp đưa vào động cơ. Thay đổi vị trí con chạy để cho lúc mở máy điện áp đặt vào động cơ nhỏ, sau đó dần dần tăng lên bằng định mức. Gọi  $k$  là hệ số biến áp của máy tự biến áp;  $U_1$  là điện áp pha lưới điện;  $z_n$  là tổng trở động cơ lúc mở máy. Điện áp pha đặt vào động cơ lúc mở máy. Điện áp pha đặt vào động cơ khi mở máy là:

$$U_{đc} = \frac{U_1}{k}$$

Dòng điện chạy vào động cơ lúc có máy tự biến áp:

$$I_{đc} = \frac{U_{đc}}{z_n} = \frac{U_1}{kz_n}$$

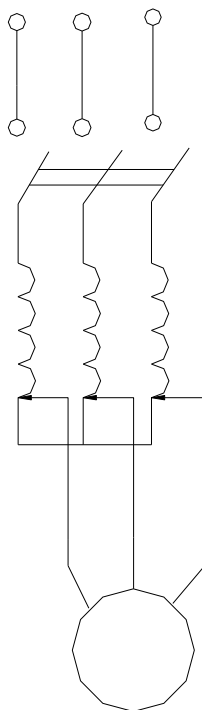
Dòng điện  $I_1$  lưới điện cung cấp cho động cơ lúc có máy tự biến áp là (dòng điện sơ cấp của máy tự biến áp)

$$I_1 = \frac{I_{đc}}{k} = \frac{U_1}{k^2 z_n} \tag{3-45}$$

Khi mở máy trực tiếp dòng điện  $I_1$  bằng:

$$I_1 = \frac{U_1}{z_n} \tag{3-46}$$

So sánh (3-45) và (3-46) ta thấy, lúc có máy tự biến áp, dòng điện của lưới điện giảm đi  $k^2$  lần. Đây là một ưu điểm so với phương pháp dùng điện kháng (dòng điện chỉ giảm  $k$  lần). Vì thế phương pháp dùng máy tự biến áp được dùng nhiều đối với động cơ công suất lớn. Điện áp đặt vào động cơ giảm  $k$  lần, nên mômen giảm  $k^2$  lần.

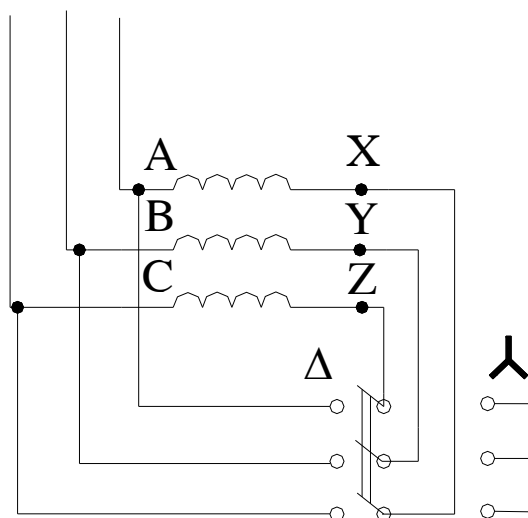


Hình 64. Mở máy dùng máy tự biến áp

- Phương pháp đổi nối sao – tam giác.

Phương pháp này chỉ dùng được với động cơ khi làm việc bình thường dây quấn stato nối hình tam giác.

Khi mở máy ta nối hình sao để điện áp đặt vào mỗi pha giảm  $\sqrt{3}$  lần. Sau khi mở máy ta đổi nối thành hình tam giác theo đúng quy định của máy. Trên Hình -21 khi mở máy ta đóng cầu dao sang phía Y, mở máy xong đóng sang phía  $\Delta$ .



Hình 65. Mở máy dùng phương pháp đổi nối sao-tam giác

Dòng điện dây khi nối hình tam giác:

$$I_{d\Delta} = \frac{\sqrt{3}U_1}{z_n} \quad (3-47)$$

Dòng điện dây khi nối hình sao là:

$$I_{dY} = \frac{U_1}{\sqrt{3}z_n} \quad (3-48)$$

So sánh (3-47) và (3-48) ta thấy lúc mở máy kiểu nối hình sao – tam giác dòng điện dây mạng điện giảm đi 3 lần. Cũng như trên, phương pháp này mômen giảm đi 3 lần.

Qua việc nghiên cứu các phương pháp, chúng ta đều thấy mômen mở máy giảm xuống nhiều. Để khắc phục điều này, người ta đã chế tạo loại động cơ lồng sóc kép và loại rãnh sâu có đặc tính mở máy tốt.

## 9. Điều chỉnh tốc độ động cơ

Tốc độ của động cơ điện không đồng bộ là:

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p}, \text{ vòng/phút}$$

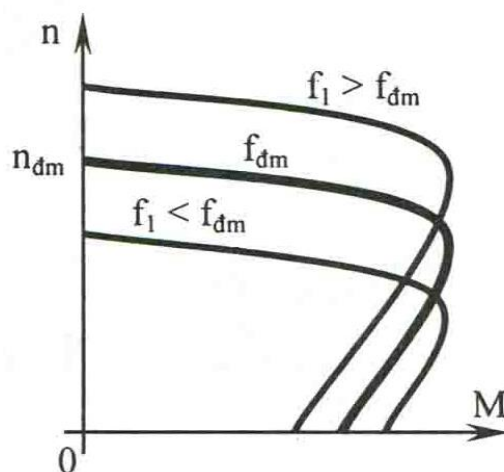
Nhìn vào biểu thức ấy ta thấy:

Với động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc có thể điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi tần số dòng điện stato, bằng cách đổi nối dây quấn stato để thay đổi số đôi cực  $p$  của từ trường, hoặc thay đổi điện áp đặt vào stato để thay đổi hệ số trượt  $s$ . Tất cả các phương pháp đều thực hiện ở phía stato. Đối với động cơ rôto dây quấn thường điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở rôto để thay đổi hệ số trượt  $s$ , việc điều chỉnh thực hiện ở phía rôto.

### 9.1. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số

Việc thay đổi tần số  $f$  của dòng điện stato thực hiện bằng bộ biến đổi tần số.

Như đã biết ở biểu thức (17-03-10) từ thông  $\Phi_{\max}$  tỷ lệ thuận với tỷ số  $U_1/f$ , khi thay đổi tần số người ta mong muốn giữ cho từ thông  $\Phi_{\max}$  không đổi, để mạch từ máy ở tình trạng định mức. Muốn vậy phải điều chỉnh đồng thời tần số và điện áp, giữ cho tỷ số giữa điện áp  $U_1$  và tần số  $f$  không đổi.



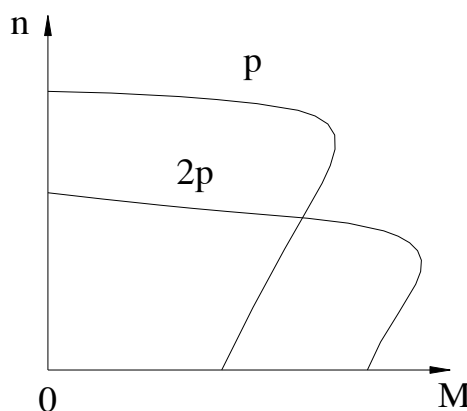
Hình 66. Điều chỉnh tốc độ bằng tần số

Hình -22 vẽ họ đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ khi điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số với tỷ số  $U_1/f$  không đổi.

**9.2. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực**

Số đôi cực của từ trường quay phụ thuộc vào cấu tạo dây quấn. Động cơ không đồng bộ có cấu tạo dây quấn dễ thay đổi đôi cực từ được gọi là động cơ không đồng bộ nhiều cấp tốc độ. Phương pháp này chỉ sử dụng cho loại động cơ rôto lồng sóc.

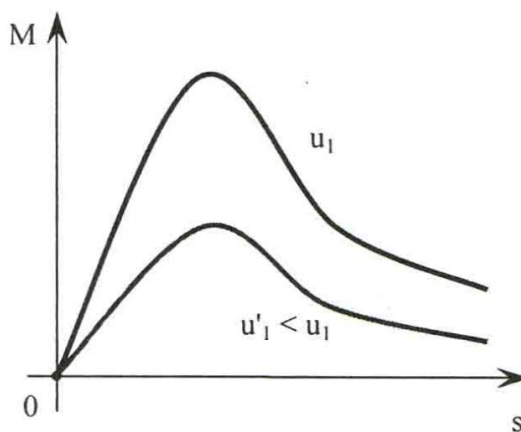
Mặc dù điều chỉnh tốc độ động cơ nhảy cấp, nhưng có ưu điểm là giữ nguyên độ cứng của đặc tính cơ (Hình -24), động cơ nhiều cấp tốc độ được sử dụng rộng rãi trong các máy luyện kim, máy tàu thủy v.v...



Hình 67. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi đôi cực

**9.3. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp cung cấp cho stator**

Phương pháp này chỉ thực hiện việc giảm điện áp. Khi giảm điện áp đường đặc tính  $M = f(s)$  sẽ thay đổi Hình -24 do đó hệ số trượt thay đổi, tốc độ động cơ thay đổi.



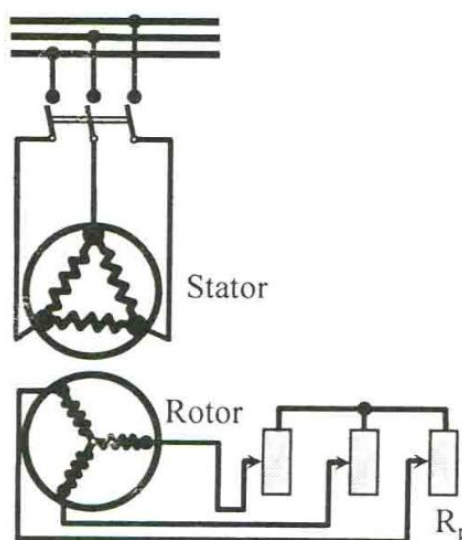
Hình 68

**9.4. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở mạch rôto của động cơ rôto dây quấn.**

Thay đổi điện trở dây quấn rôto, mắc biến trở ba pha vào mạch rôto như (Hình - 25).

Biến trở điều chỉnh tốc độ phải làm việc lâu dài nên có kích thước lớn hơn so với biến trở mở máy.

Nếu mômen cản không đổi, dòng rôto không đổi, khi tăng điện trở để giảm tốc độ, sẽ tăng tổn hao công suất trong biến trở, do đó phương pháp này không kinh tế. Tuy nhiên phương pháp đơn giản, điều chỉnh trơn và khoảng điều chỉnh tương đối rộng, được sử dụng điều chỉnh tốc độ quay của động cơ công suất cỡ trung bình.



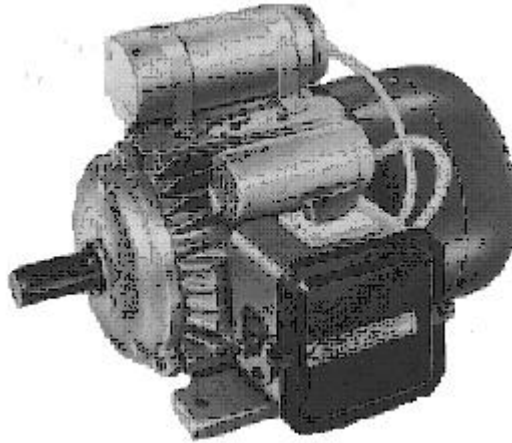
Hình 69

Nhìn chung khả năng điều chỉnh tốc độ của động cơ không đồng bộ bị hạn chế. Đây là một nhược điểm của động cơ không đồng bộ.

## 10. Tìm hiểu động cơ không đồng bộ một pha

### 10.1. Khái quát

Động cơ không đồng bộ một pha thường được dùng trong các dụng cụ sinh hoạt và công nghiệp, công suất từ vài watt đến khoảng vài nghìn watt và nối vào lưới điện xoay chiều một pha.

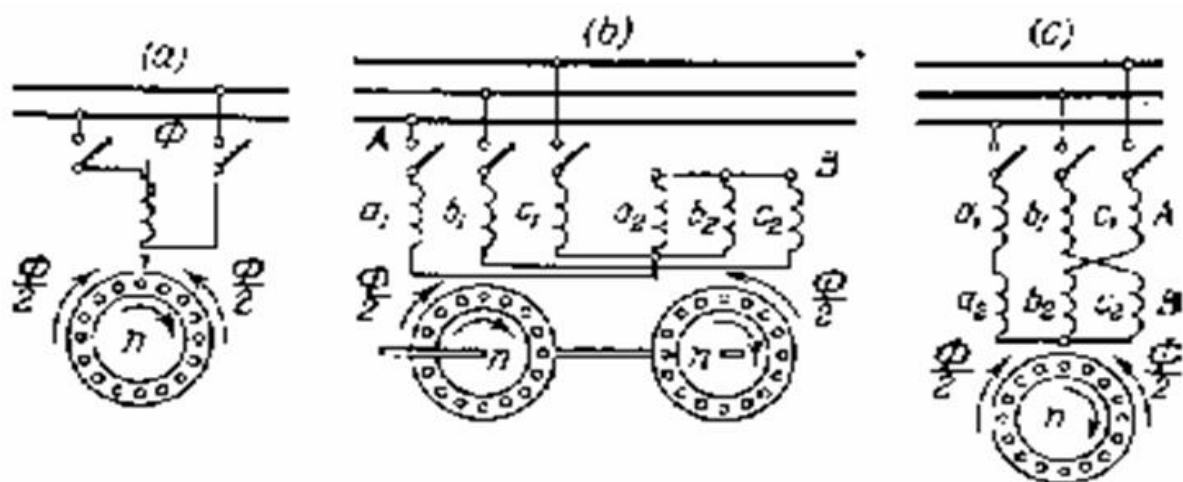


Hình 70. Động cơ K ĐB 1 pha

Do nguyên lý mở máy khác nhau và yêu cầu tính năng khác nhau mà xuất hiện những kết cấu khác nhau, nhưng nói chung vẫn có kết cấu cơ bản giống như động cơ điện ba pha, chỉ khác là trên stator có hai dây quấn: Dây quấn chính hay dây quấn làm việc và dây quấn phụ hay dây quấn mở máy. Rotor thường là lồng sóc. Dây quấn chính được nối vào lưới điện trong suốt quá trình làm việc, còn dây quấn phụ thường chỉ nối vào khi mở máy. Trong quá trình mở máy, khi tốc độ đạt đến 75 đến 80% tốc độ đồng bộ thì dùng ngắt điện kiểu ly tâm cắt dây quấn phụ ra khỏi lưới. Có loại động cơ sau khi mở máy, dây quấn phụ vẫn nối vào lưới. Đó là động cơ điện một pha kiểu điện dung (hay còn gọi là động cơ điện hai pha).

#### 10.1.1. Nguyên lý làm việc

Đầu tiên, ta xét chế độ làm việc của động cơ điện một pha khi dây quấn mở máy đã ngắt ra khỏi lưới. Dây quấn làm việc nối với điện áp một pha, dòng điện trong dây quấn sẽ sinh ra từ trường đập mạch  $\Phi$ . Từ trường này có thể phân tích thành hai từ trường quay  $\Phi_A$  và  $\Phi_B$  có chiều ngược nhau, có  $n_A = n_B$  và biên độ bằng 1/2 biên độ từ trường đập mạch (hình 3.27a).



Hình 71. Nguyên lý làm việc của động cơ KĐB 1pha

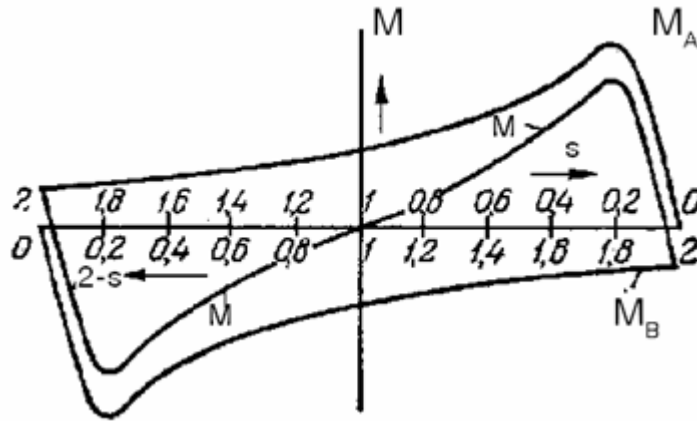
Như vậy, có thể xem động cơ điện một pha tương đương như 2 động cơ điện ba pha giống nhau có rotor đặt trên cùng một trục và dây quấn stator nối nối tiếp nhau sao cho từ trường của chúng sinh ra trong không gian theo chiều ngược nhau (Hình -27b). Đến lượt chúng lại tương đương một động cơ điện ba pha có hai dây quấn nối nối tiếp nhau tạo ra  $\Phi_A$  và  $\Phi_B$  (Hình -27c). Trong động cơ điện một pha cùng như trong hai mô hình của chúng, từ trường quay thuận và nghịch tác dụng với dòng điện rotor do chúng sinh ra tạo thành hai moment  $M_A$  và  $M_B$ . Khi động cơ đứng yên ( $s = 1$ ) thì  $M_A = M_B$  và ngược chiều nhau, do đó moment tổng  $M = M_A + M_B = 0$ . Động cơ không quay được ngay cả khi không có  $M_C$  trên trục.

Nếu quay rotor của động cơ điện theo một chiều nào đó (ví dụ quay theo chiều quay của từ trường dây quấn A như Hình -27b) với tốc độ  $n$  thì tần số của s.đ.đ, dòng điện cảm ứng ở rotor do từ trường quay thuận  $\Phi_A$  sinh ra sẽ là:

$$f_{2A} = \frac{p(n_1 + n)}{60} = \frac{pn_1(n_1 - n)}{60n_1} = sf_1$$

Còn đối với từ trường quay ngược  $\Phi_B$  thì tần số ấy là:





Hình 72. Đặc tính  $M = f(s)$  của động cơ điện KĐB 1 pha

$$f_{2B} = \frac{p(n_1 + n)}{60} = \frac{pn_1}{60} \left[ \frac{2n_1 - (n_1 - n)}{n_1} \right] = (2 - s)f_1$$

Ở đây  $(2 - s)$  là hệ số trượt của rotor đối với từ trường  $\Phi_B$ . Cho rằng  $M > 0$  khi chúng tác dụng theo chiều quay của từ trường  $\Phi_A$ , ta sẽ có các dạng đường cong  $M_A$  và  $M_B$  như Hình -28

Khi  $s = 1$  thì  $M = 0$ , động cơ không thể bắt đầu quay được khi trên stator chỉ có một dây quấn và điều kiện làm việc của động cơ khi rotor quay theo chiều này hoặc chiều kia với tốc độ  $n$  đều giống nhau (vì đường đặc tính moment có tính chất đối xứng qua góc tọa độ).

### 10.1.2. Phương pháp mở máy và các loại động cơ điện một pha

#### \* Các phương pháp mở máy

- Dùng dây quấn phụ:

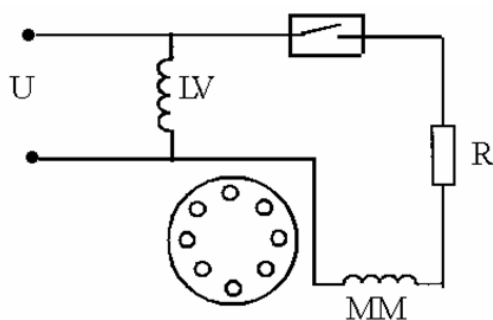
Như chúng ta đã biết, nếu chỉ có dây quấn chính nối vào lưới điện thì từ trường trong dây quấn một pha là từ trường đập mạch, nên động cơ điện không đồng bộ một pha không thể tự mở máy được vì khi  $s = 1$  thì  $M = 0$ .

Muốn động cơ tự mở máy (khởi động) thì từ trường trong máy phải là từ trường quay hoặc ít nhất từ trường quay ngược phải yếu hơn so với từ trường quay thuận  $\Phi_A$ , để tạo ra từ trường quay có thể dùng vòng ngắn mạch hoặc dây quấn phụ và phân tử mở máy. Dây quấn phụ đặt lệch pha so với dây quấn chính một góc  $90^\circ$  trong không gian trên mạch từ stator; phân tử mở máy dùng để tạo sự lệch pha về thời gian giữa dòng điện trong dây quấn chính và dây quấn phụ có thể là điện trở, cuộn dây hoặc tụ điện, tụ

điện được dùng phổ biến vì dùng tụ động cơ có mô men mở máy lớn, hệ số công suất  $\cos\phi$  cao và dòng điện mở máy tương đối nhỏ.

*α. Dùng điện trở để mở máy:*

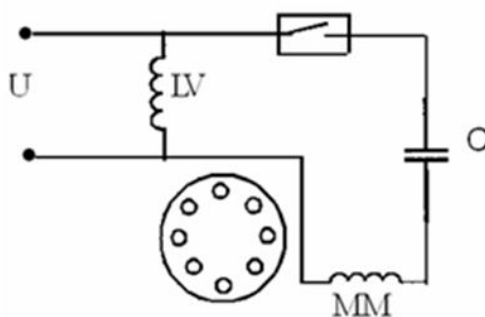
Để làm cho  $I_{mm}$  lệch pha so với  $I_{lv}$  người ta nối thêm một điện trở hay điện cảm vào cuộn dây mở máy.  $M_{mm}$  của loại động cơ này tương đối nhỏ. Trong thực tế chỉ cần tính toán sao cho bản thân dây quấn phụ có điện trở tương đối lớn là được (dùng bố dây chập ngược) không cần nối thêm điện trở ngoài.



Hình 73. Mở máy bằng điện trở

*β. Dùng tụ điện mở máy:*

Nối tụ điện vào dây quấn mở máy ta được kết quả tốt hơn. Có thể chọn trị số tụ điện sao cho khi  $s = 1$  thì  $I_{mm}$  lệch pha so với  $I_{lv}$   $90^0$  và dòng điện của các dây quấn đó có trị số sao cho từ trường do chúng sinh ra bằng nhau. Như vậy khi khởi động động cơ sẽ cho một từ trường quay tròn.

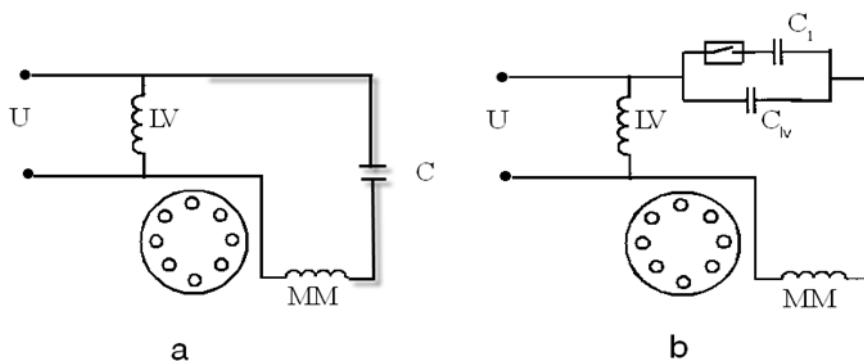


Hình 74. Mở máy bằng điện dung

*γ. Động cơ điện một pha kiểu điện dung:*

Ta có thể để nguyên dây quấn mở máy có tụ điện nối vào lưới điện khi động cơ đã làm việc. Nhờ vậy động cơ điện được coi như động cơ điện hai pha. Loại này có đặc tính làm việc tốt, năng lực quá tải lớn, hệ số công suất của máy được cải thiện. Nhưng trị số điện dung có lợi nhất cho mở máy lại thường quá lớn đối với chế độ làm

việc, vì thế trong một số trường hợp khi mở máy kết thúc phải cắt bớt trị số của tụ điện ra bằng công tắc ly tâm.



Hình 75. Động cơ điện một pha kiểu điện dung

- *Dùng vòng ngắn mạch:*

Vòng ngắn mạch F đóng vai trò cuộn dây phụ F quãng 1/3 cực từ. Khi đặt một điện áp vào cuộn dây chính để mở máy, dây quấn sẽ sinh ra một từ trường đập mạch  $\Phi_C$ . Một phần của  $\Phi_C$  là  $\Phi'_C$  sẽ đi qua F và sinh ra  $I_n$  trong F ( $I_n - \Phi_n$ ), nếu bỏ qua tổn hao trong vòng ngắn mạch thì  $\Phi_n$  sẽ trùng phương với  $I_n$ .  $\Phi_n$  tác dụng với  $\Phi'_C$  sinh ra  $\Phi''_f = \Phi''_n + \Phi''_c$  lệch pha so với phần từ thông còn lại  $\Phi_C - \Phi'_C$ . Do đó, sẽ sinh ra một từ trường gần giống từ trường quay và cho một moment mở máy đáng kể.



Hình 76. Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch

**\* Phân loại**

Động cơ điện một pha có thể phân làm các loại sau:

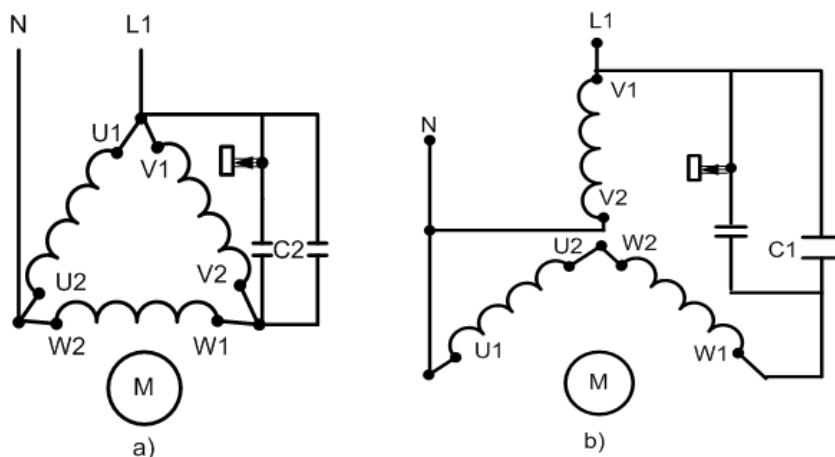
- Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch
- Động cơ điện một pha mở máy bằng điện trở
- Động cơ điện một pha mở máy bằng điện dung
- Động cơ điện một pha kiểu điện dung:
  - + Có điện dung làm việc

+ Có điện dung làm việc và mở máy

## 10.2. Sử dụng động cơ điện 3 pha vào lưới điện 1 pha

### 10.2.1. Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ

- Sơ đồ Hình -33a



Hình 77. Sơ đồ đấu dây động cơ 3pha thành động cơ 1 pha

+ Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ  $U = U_f$

+ Điện dung làm việc của tụ điện  $C_{LV} = 4800 \frac{I_f}{U} \mu F$

+ Điện áp làm việc của tụ:  $U_C \approx UN$  Nếu dòng điện pha định mức của động cơ ba pha, đơn vị là ampe.

- Sơ đồ hình 3.33b

+ Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ  $U = U_f$

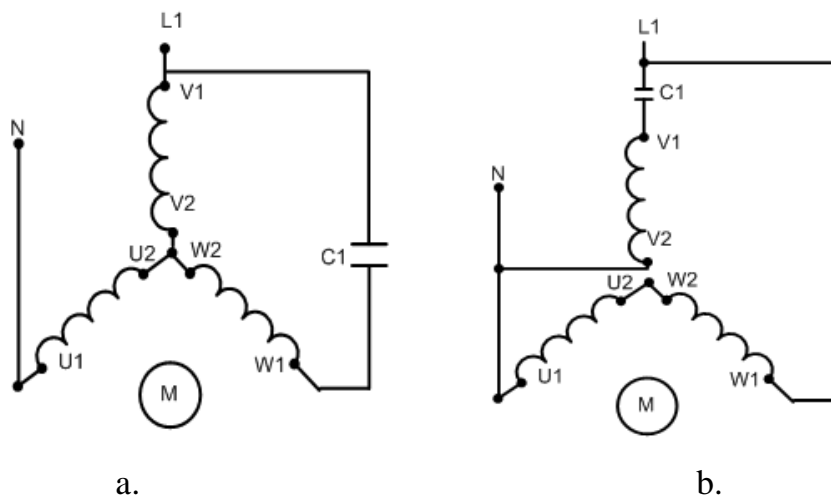
+ Điện dung làm việc của tụ điện  $C_{LV} = 1600 \frac{I_f}{U} \mu F$

+ Điện áp làm việc của tụ điện:

Cách đấu dây theo sơ đồ Hình -34b có ưu điểm hơn sơ đồ Hình -34a: Mômen mở máy lớn hơn, lợi dụng công suất khá, điện dung của tụ nhỏ hơn, nhưng điện áp trên tụ lớn hơn.

### 10.2.2. Khi điện áp nguồn điện 1 pha bằng điện áp dây của động cơ 3 pha.

Có thể đấu dây theo sơ đồ sau



Hình 78. Động cơ điện một pha kiểu điện dung

- Sơ đồ hình 3.34a +  $U = U_d$  +  $C_{LV} = 2800 \frac{I_f}{U} \mu F$  +  $U_C \approx U$

-Sơ đồ hình 3.34b +  $U = U_d$  +  $C_{LV} = 2740 \frac{I_f}{U} \mu F$  +  $U_C \approx 1,15U$

## 11. Vẽ sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ

### 11.1. Sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ ba pha

a. Khái niệm chung về dây quấn.

\* Nhiệm vụ.

+ Số pha (số cuộn dây) : m

$m_1$  số pha cuộn dây STATO  $m_1=3$

$m_2$  số pha cuộn dây ROTO

$m_2 = Z_2$ (roto lồng sóc)

$m_2 = 3$ (roto dây quấn)

+ số rãnh : Z

$Z_1$  : số rãnh lõi thép STATO

$Z_2$  : số rãnh lõi thép ROTO

+ số cực từ : 2p. Số đôi cực p

Mỗi động cơ cuộn dây STATO hoặc ROTO có đôi cực nhất định và số cực nhất định

+ Bước cực  $\tau$

\* Các yêu cầu kỹ thuật.

Các yêu cầu cơ bản về bộ dây máy điện xoay chiều 3 pha ta đặt 3 bộ dây giống nhau lệch nhau  $120^0$  trong không gian, đặc trưng cho 3 pha mỗi pha có 2 đầu ra.

Ba bộ dây được cách điện với nhau và cách điện với lõi thép

Tổng trở bằng nhau  $R_A=R_B=R_C$

$X_A=X_B=X_C$ .

\* Phân loại dây quấn.

Dây quấn máy điện có 2 kiểu cuốn dây : kiểu quấn xếp và kiểu quấn sóng.

+ Dây quấn kiểu xếp

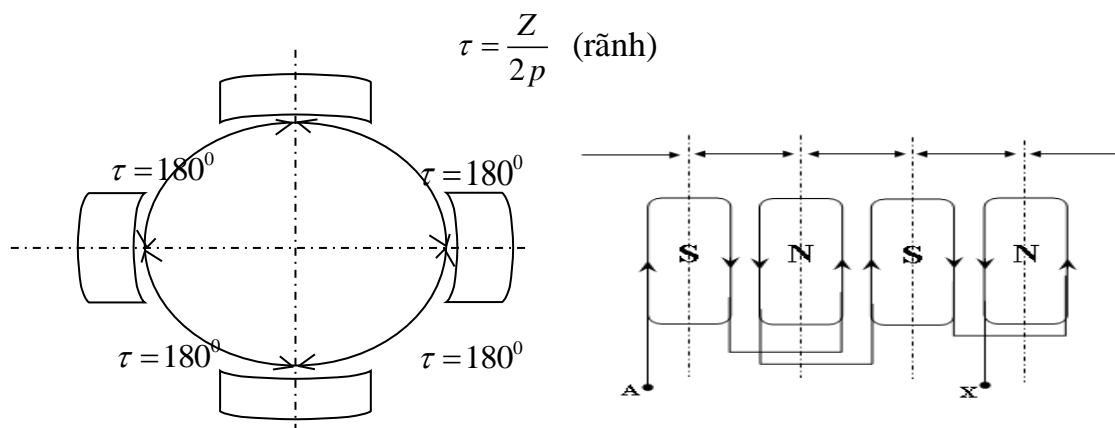
- Dây quấn xếp đơn
- Dây quấn xếp đơn đồng khuôn
- Dây quấn xếp đơn đồng tâm
- Dây quấn xếp kép

+ Dây quấn kiểu sóng.

b. Những cơ sở để vẽ sơ đồ dây quấn.

\* Từ cực

Được hình thành bởi một bó dây hay nhóm bó dây sau cho khi dòng điện đi qua sẽ tạo được các từ cực N, S xen kẽ kế tiếp nhau trong cùng các nhóm bó dây của 1 pha, số lượng từ cực N, S luôn là số chẵn.



Hình 79. Từ cực và cách đấu dây tạo từ cực

Ví dụ: Động cơ tốc độ 1500 vòng / phút có tổng số rãnh trên stato  $Z= 36$  rãnh. Bước từ cực bằng:

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \text{ (rãnh)}$$

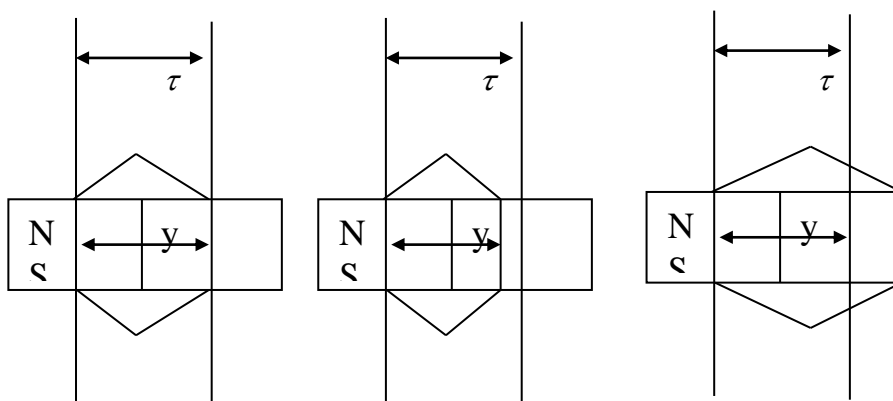
\* Bó dây

Là tập hợp nhiều vòng dây, được quấn nối tiếp với nhau và được bố trí trên stato với hình dạng đã định trước, thì đoạn nằm trong rãnh được gọi là cạnh tác dụng, còn phần ở ngoài rãnh là đầu nối của hai cạnh tác dụng.

Bước bôi dây là khoảng cách giữa 2 cạnh tác dụng và phần đầu nối đó được bố trí trên stato và được tính theo đơn vị rãnh.

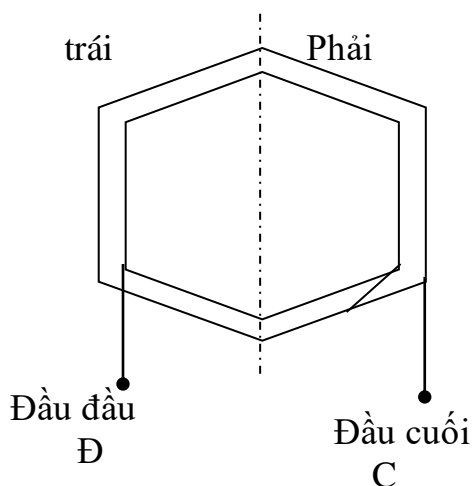
So sánh bước bôi dây với bước từ cực ta có:

- Bước đủ:  $y = \tau$
- Bước ngắn:  $y < \tau$
- Bước dài:  $y > \tau$



Hình 80. Bước bôi dây đủ. Bước bôi dây ngắn. Bước bôi dây dài.

Trong khi thực hành, khi xây dựng sơ đồ dây quấn ta phải qui ước khi nhìn vào hình vẽ của bôi dây (hay nhóm bôi dây) đầu nằm ở phía trái là đầu “đầu” đầu cũn lại nằm ở phía phải là đầu “cuối”.



Hình 81

### \* Cạnh dây

Là các cạnh tác dụng của bối dây được lồng vào rãnh. Mỗi bối dây có hai cạnh tác dụng khi cho dòng điện đi vào ở một đầu bối dây và đi ra ở đầu còn lại, bước chuyển dịch dòng điện qua hai cạnh tác dụng của bối dây lúc đó ngược chiều nhau.

Như vậy, khi bố trí trên sơ đồ hai cạnh tác dụng của cùng một bối dây phải bố trí trên hai khoảng cực từ lân cận khác nhau.

Bước bối dây (bước dây quấn), là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của cùng một bối dây.

Nếu trên sơ đồ ta có đánh số thứ tự cho từng rãnh stato thì khoảng cách  $y$  có thể tính bằng hiệu số giữa hai số thứ tự của 2 rãnh đang chứa 2 cạnh tác dụng của bối dây đó.

Vậy cạnh tác dụng thứ nhất được lồng vào rãnh 2 thì cách 8 rãnh sẽ lồng rãnh còn lại.

Đầu nối bối dây là phần liên kết hai cạnh tác dụng của bối dây, tùy theo cách liên kết đầu nối ta có thể đổi được dạng dây quấn, nhưng không thay đổi vị trí rãnh đó.

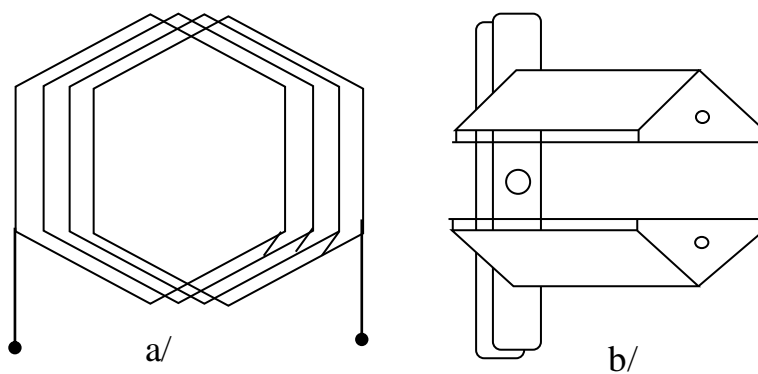
### \* Nhóm bối dây

+ Nhóm bối dây quấn đồng khuôn.

Nhóm bối dây này có bước từ cực các bối dây điều bằng nhau nên chúng có cùng một khuôn định hình, các bối dây trong nhóm này cũng được nối tiếp với nhau cùng chiều và được bố trí trên stato ở các rãnh kế cận để tạo thành các từ cực xen kẽ nhau.

Thông thường các bối dây trong nhóm bối dây đồng khuôn điều là bước ngắn nên ít tổn dây và được bố trí gọn các đầu của các bối dây. Tuy nhiên, để đạt yêu cầu thì việc lắp các bộ dây quấn ở dạng này phải khó khăn hơn, tốn thời gian nhiều hơn so với dạng dây quấn đồng tâm.

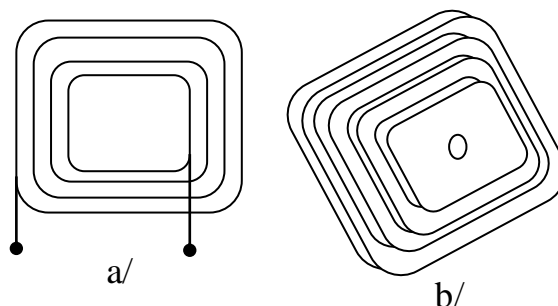




**Hình 82. Nhóm bó dây đồng khuôn**

a/ Nhóm bó dây đồng khuôn

b/ Khuôn định hình nhóm



**Hình 83. Nhóm bó dây đồng tâm**

Nhóm bó dây đồng tâm.

Nhóm bó dây đồng tâm được hình thành bởi nhiều bó dây có bước bó dây khác nhau và được mắc nối tiếp nhau theo cùng một chiều quấn. Các cạnh dây của mỗi bó chiếm các rãnh kế cận nhau để tạo thành cực.

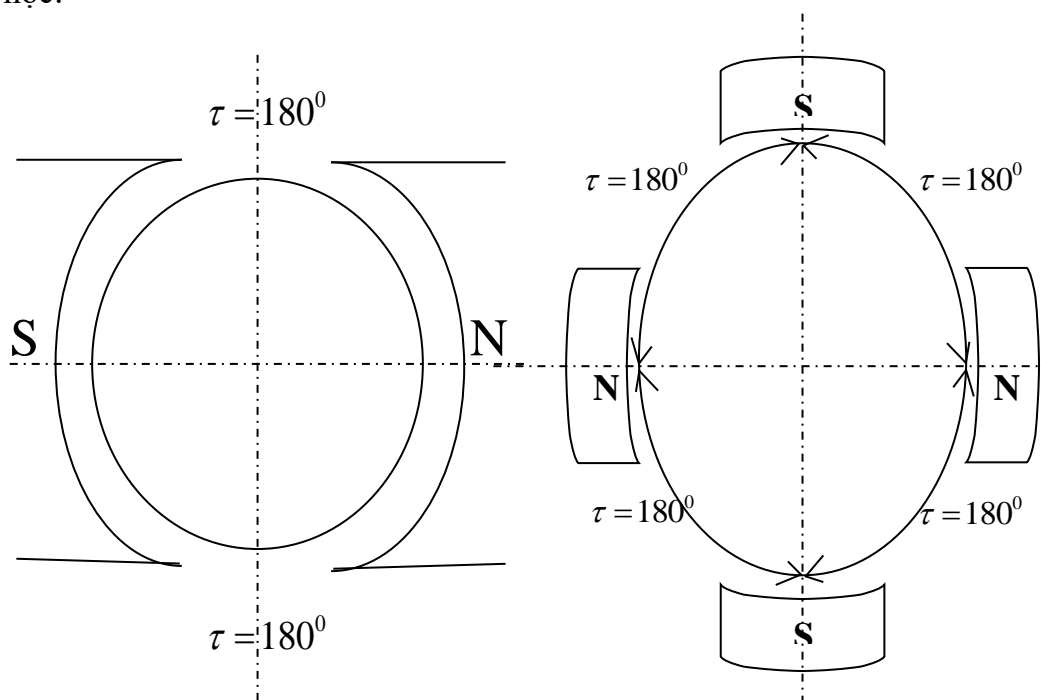
Để tạo thành nhóm bó dây đồng tâm, người ta quấn liên tiếp dây dẫn theo cùng một chiều quấn lên trên một bộ khuôn có kích thước khác nhau và đặt đồng tâm trên cùng một trục quấn.

\* Cuộn dây.

Cuộn dây (còn gọi là 1 pha) là tập hợp nhiều nhóm bó dây được đấu lại với nhau và thông qua các cách đấu dây để hình thành các từ cực N, S xen kẽ nhau trong cùng một pha (các từ cực luôn là số chẵn).

\* Góc điện.

Góc điện là đại lượng được tính theo thời gian, có đơn vị tính là độ điện, khác với độ hình học.



Hình 84. Tương quan giữa góc điện và góc hình học

Trong thực hành, để bố trí các nhóm bồi dây trên stator ở vị trí chính xác trên mỗi khoảng của các bước từ cực trong cùng một pha hoặc hai pha kế tiếp nhau trên một bộ dây quấn nhất định trước hết ta tính góc lệch pha giữa hai rãnh liên tiếp (tính theo góc điện) hoặc góc lệch pha giữa hai pha kế tiếp nhau (tính theo đơn vị rãnh).

$$\alpha_d = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} \quad (\text{góc điện})$$

Góc lệch pha giữa hai rãnh kế tiếp nhau tính theo độ hình học.

$$\alpha_{hh} = \frac{360^\circ}{Z} \quad (\text{góc hình học})$$

Góc lệch pha giữa hai pha liên tiếp nhau tính theo đơn vị rãnh.

$$\alpha = \frac{\theta^\circ}{\alpha_d} \quad (\text{rãnh})$$

$\theta^\circ$  : góc lệch pha tính theo góc điện.

$\alpha$  : Khoảng cách lệch pha giữa hai pha tính theo số rãnh.

VD: Động cơ có hai từ cực  $\tau = 180^\circ$  điện hay tương ứng với  $180^\circ$  hình học.

Nếu động cơ có 4 từ cực thì bước từ cực  $\tau = 180^0$  điện chỉ tương ứng với  $90^0$  hình học.

Tương ứng nếu động cơ có càng nhiều từ cực thì bước từ cực được tính theo độ hình học càng ít đi.

\* Góc lệch pha.

+ Góc độ điện và góc độ hình học.

Giả sử STATO có số rãnh là Z, có số đôi cực  $p = 1$ , khi cho dòng xoay chiều 3 pha vào 3 cuộn dây STATO sinh ra từ trường quay  $n_1$ .

$n_1$  quay 1 vũng xung quanh lõi thép STATO thực hiện được 1 chu kỳ tương ứng 1 góc  $360^0$  điện =  $360^0$  không gian (độ hình học).

mà dưới 1 đôi cực cuộn dây pha A, B, C đặt lệch nhau 1 góc  $120^0$  trong không gian =  $120^0$  điện về thời gian.

Như vậy dưới đôi cực của tổ bối dây đầu pha A, pha B, pha C, lệch nhau 1 góc  $120^0$  điện thì trong không gian chúng ta lệch nhau góc  $60^0$  hình học.

→ Tổng quát các tổ bối dây đầu các pha A, B, C đặt lệch nhau 1 góc  $120^0$  điện thì chúng lệch nhau 1 góc  $120^0$  hình học.

+ Xác định tổ bối dây đầu các pha theo độ hình học.

Cách 1 :

A, B, C lệch nhau 1 góc  $120^0$  điện.

$$120^0 = \frac{2T}{3} = \frac{2}{3} \cdot \frac{Z}{3p} = \frac{Z}{3p} = \frac{Z}{mp} = 2q$$

Kết luận Các tổ bối dây đầu của các pha lệch nhau 1 góc  $120^0$  điện dưới một đôi cực thì thực tế chúng lệch nhau 1 khoảng cách  $2q$ .

Cách 2 : Gọi  $\alpha^0$  là góc độ điện 2 rãnh kề nhau.

$$\alpha^0 = \frac{360^0 \cdot p}{Z}$$

Mà các tổ bối dây đầu các pha lệch nhau  $120^0$  điện thì thực tế trong không gian chúng lệch nhau 1 khoảng cách  $n_z$ .

$$n_z = \frac{120}{\alpha^0}$$

Vớ dụ : Hãy xác định tổ bối dây đầu của các pha A, B, C của động cơ có  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $m = 3$  đặt ở những rãnh nào để chúng lệch nhau  $120^0$  điện.

Giải

$$q = \frac{Z}{2.p.m} = \frac{24}{4.3} = 2$$

Cách 1: Giả sử tổ bội dây đầu của pha A đặt vào rãnh 1 thì tổ bội dây đầu pha A đặt vào rãnh 1 thì tổ bội dây đầu pha B đặt vào rãnh  $1+2q=5$  và tổ bội dây đầu pha C đặt rãnh  $5+2q=9$

c. Phân loại dây quấn.

Dây quấn máy điện có 2 kiểu cuốn dây : kiểu quấn xếp và kiểu quấn sóng.

\* Dây quấn kiểu xếp.

- Các cuộn dây quấn xếp xen kẽ nhau lần lượt với nhau.

Tiết diện dây hình tròn, số vòng dây trong một rãnh có nhiều vòng dây.

- Dây quấn kiểu xếp được thực hiện ở tất cả các máy có công suất nhỏ hoặc lớn.

Dây quấn kiểu xếp được chia làm 2 loại dây quấn xếp đơn và kép.

+ Dây quấn xếp đơn.

Là dây quấn mà trong một rãnh lõi thép chỉ đặt một cạnh của bội dây. mỗi rãnh có một bội dây, tự theo kích thước các bội dây trong một tổ mà người ta chia ra thành 2 loại :

- Dây quấn xếp đơn đồng khuôn.

Kích thước khuôn cuốn bằng nhau.

Kích thước bội dây trong một tổ bội dây bằng nhau.

Bước dây quấn như nhau.

- Dây quấn xếp đơn đồng tâm.

Khuôn cuốn khác nhau.

Kích thước các bội dây trong một tổ là khác nhau.

Bước quấn dây khác nhau theo một thứ tự bội nhỏ kém bội lớn 2 rãnh.

→Chú ý :1 động cơ có thể quấn đồng tâm hoặc đồng khuôn nhưng phải đảm bảo số vòng dây trong cuộn ,rãnh và đường kính dây không đổi.

+ Dây quấn xếp kép:

Là một rãnh có đặt 2 cạnh tác 2 bội dây nếu một bội dây có cạnh thứ nhất nằm trên rãnh này thì cạnh kia ở dưới rãnh khác được quy ước cách nằm lớp trên là nét liền, cạnh nằm phía dưới là nét đứt.

→Chú ý :một động cơ có thể quấn đơn hoặc quấn kép đều được nhưng cần phải đảm bảo số vòng dây và đường kính trong một rãnh không đổi.

+ Dây quấn kiểu súng.

Quấn dải trên bề mặt ROTO từng vòng một cho đến hết số rãnh.

Tiết diện dây hình chữ nhật, một bồi dây chỉ có một vòng, chỉ thực hiện quấn ở lõi thép ROTO của các máy điện có công suất lớn.

d. Phương pháp vẽ sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ xoay chiều 3 pha một lớp q là số nguyên.

Bước 1: Các thông số cần thiết.

2P là số đôi cực.

P : là số đôi cực.

Z : tổng số rãnh Stator.

Kiểu quấn.

Bước 2: Các thông số cơ bản.

Bước cực từ.

$$\tau = \frac{Z}{2p} \quad (\text{rãnh})$$

Góc lệch điện

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau}$$

Số rãnh phân bố mỗi pha trên một cực từ.

$$q = \frac{\tau}{m} \quad (\text{m: là số pha})$$

Khoảng cách đầu vào 2 pha liên tiếp.

$$ABC = \frac{120^\circ}{\alpha_d} \quad (\text{rãnh})$$

Bước 3: Xây dựng sơ đồ trải.

Đánh số thứ tự từ 1 -> Z cách đều nhau.

Dựa vào  $\tau$  phân ra bước cực từ

Dựa vào q ta tiến hành vẽ cho một pha

Các pha còn lại tương tự như pha A

Phương pháp đấu dây các nhóm trong 1 pha.

Phương pháp đấu cực thật.

Cuối --- Cuối ; Đầu --- Đầu

Đấu theo phương pháp này khi số nhóm một bội 1 pha bằng số cực từ  $2p$

Phương pháp đấu cực giả.

Cuối --- Đầu ; Cuối --- Đầu

Áp dụng khi số nhóm 1 pha bằng số đôi cực  $p$ .

Ví dụ 1: Cho động cơ 3 pha có  $z = 24$ ,  $2q = 4$  hãy vẽ sơ đồ trái tính toán, dạng đồng tâm tập trung.

Giải.

Bước 1: Các thông số cần thiết.

$2P = 4$  là số đôi cực.

$P = 2$  là số đôi cực.

$Z = 24$  tổng số rãnh stator.

Kiểu quấn: Đồng tâm tập trung

Bước 2: Các thông số cơ bản.

Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \quad (\text{rãnh})$$

Góc lệch điện

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau} = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$$

Số rãnh phân bố mỗi pha trên một cực từ.

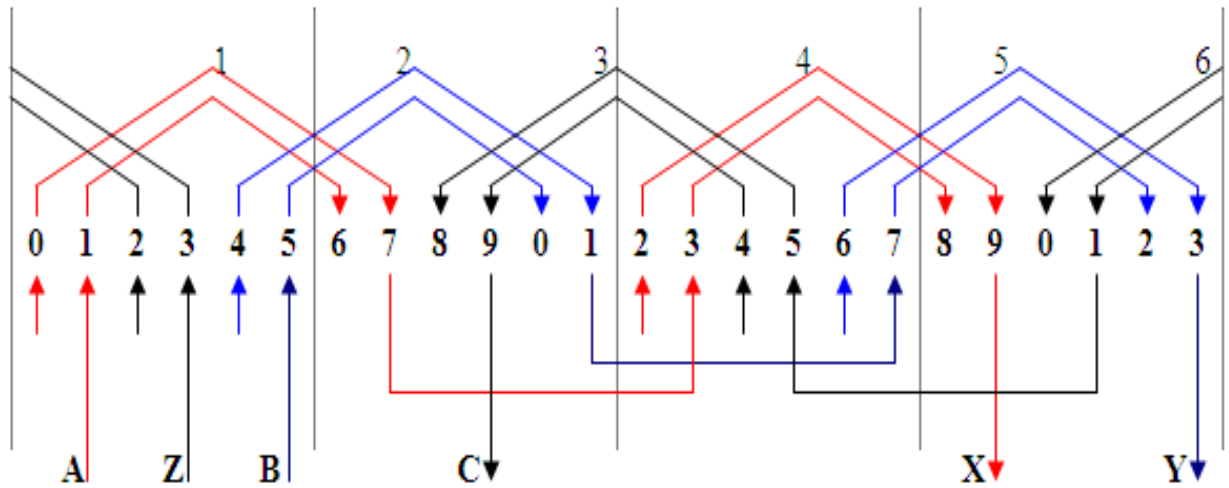
$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad (\text{rãnh})$$

( $m$ : là số pha)

Khoảng cách đầu vào 2 pha liên tiếp.

$$ABC = \frac{120^\circ}{\alpha_d} = \frac{120^\circ}{30^\circ} = 4 \quad (\text{rãnh})$$

Bước 3: Vẽ sơ đồ trái.



Hình 85

Phương pháp lồng dây quấn theo kiểu đồng tâm tập trung.

Lồng dây một mặt phẳng.

1 -> 2 -> 3 -> ..... -> 6 -> .....-> n

Chú ý: có cạnh chờ ở nhóm 1

Lồng dây hai mặt phẳng.

1 -> 3 -> 5 -> .....-> n<sub>lẻ</sub>

2 -> 4 -> 6 -> .....-> n<sub>chẵn</sub>

Các nhóm 1,3,5 tạo thành một mặt phẳng

Các nhóm 2,4,6 tạo thành một mặt phẳng

Lồng dây ba mặt phẳng.

1 -> 4 -> 2 -> 5 -> 4 -> 6

Kiểu này ít được sử dụng

**Ví dụ 2:** Cho động cơ 3 pha có  $z = 18$ ,  $2p = 6$  Hãy vẽ sơ đồ trải tính toán, dạng đồng tâm tập trung.

### Giải

Bước 1: Các thông số cần thiết.

$2P = 6$  là số đôi cực.

$P = 3$  là số đôi cực.

$Z = 18$  tổng số rãnh stator.

Kiểu quấn: Đồng tâm tập trung

Bước 2: Các thông số cơ bản.

Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{18}{6} = 3 \text{ (rãnh)}$$

Góc lệch điện

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau} = \frac{180^\circ}{3} = 60^\circ$$

Số rãnh phân bố mỗi pha trên một cực từ.

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{3}{3} = 1 \text{ ( rãnh )}$$

(m: là số pha)

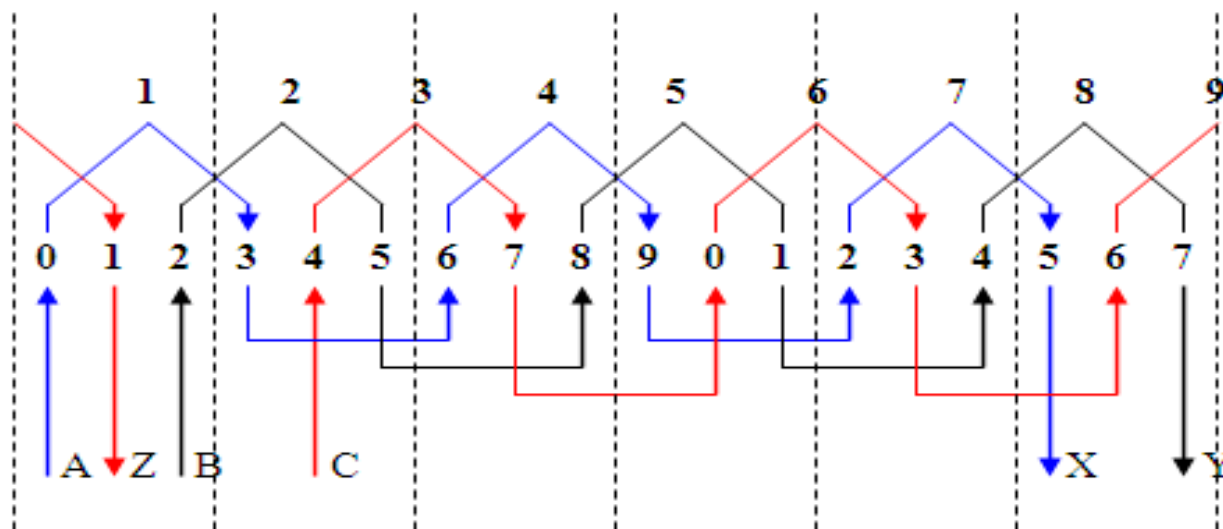
Khoảng cách đầu vào 2 pha liên tiếp.

$$ABC = \frac{120^\circ}{\alpha_d} = \frac{120^\circ}{60^\circ} = 2 \text{ ( rãnh )}$$

Phương pháp đấu dây cách nhóm trong một pha.

- Phương pháp đấu cực giả.  
Cuối --- Đầu ; Cuối --- Đầu
- Phương pháp lồng dây theo kiểu 1 mặt phẳng.  
1 --> 2 --> 3 --> ..... --> 9

Bước 3: Vẽ sơ đồ trải.



Hình 86



e. Phương pháp vẽ sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ xoay chiều 3 pha một lớp q là phân số.

Bước 1: Các thông số cần thiết.

2P là số đôi cực.

P : là số đôi cực.

Z : tổng số rãnh stator.

Kiểu quấn

Bước 2: Các thông số cơ bản.

Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} \quad (\text{rãnh})$$

Góc lệch điện

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau}$$

Số rãnh phân bố mỗi pha trên một cực từ.

$$q = \frac{\tau}{m} \quad (q: \text{bằng một phân số})$$

Khoảng cách đầu vào 2 pha liên tiếp.

$$ABC = \frac{120^\circ}{\alpha_d} \quad (\text{rãnh})$$

Bước 3: Xây dựng sơ đồ trải.

Đánh số thứ tự từ 1 -> Z cách đều nhau.

Dựa vào  $\tau$  phân ra bước cực từ

Dựa vào q ta tiến hành phân tích

Các pha còn lại tương tự như pha A

Phương pháp đấu dây các nhóm trong 1 pha.

Phương pháp đấu cực thật.

Cuối --- Cuối ; Đầu --- Đầu

Đấu theo phương pháp này khi số nhóm một búi 1 pha bằng số cực từ 2p

Phương pháp đấu cực giả.

Cuối --- Đầu ; Cuối --- Đầu

Áp dụng khi số nhóm 1 pha bằng số đôi cực p.

**Vớ dụ 1:** Cho động cơ 3 pha có  $z = 36$ ,  $2q = 8$  Hãy vẽ sơ đồ trải tính toán, dạng đồng tâm tập trung.

Giải

Bước 1: Các thông số cần thiết.

$2P = 8$  là số đôi cực.

$P = 4$  là số đôi cực.

$Z = 36$  tổng số rãnh stator.

Kiểu quấn: Đồng tâm tập trung

Bước 2: Các thông số cơ bản.

Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \quad (\text{rãnh})$$

Góc lệch điện

$$\alpha_d = \frac{180^0}{\tau} = \frac{180^0}{6} = 30^0$$

Số rãnh phân bố mỗi pha trên một cực từ.

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad (\text{rãnh})$$

(m: là số pha)

Khoảng cách đầu vào 2 pha liên tiếp.

$$ABC = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120^0}{30^0} = 4 \quad (\text{rãnh})$$

Bước 3: Vẽ sơ đồ trải.

## 11.2. Sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ một pha.

a. Khái niệm và phân loại dây quấn

1. Bước từ cực .

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} r \text{rãnh}$$

2. Các nhóm cuộn của pha chạy trên stato.

$$X = Y_{nh} - \tau + 1$$

X : Số rãnh chung của 2 nhóm cuộn (N) và (S) kế cận chồng cạnh dây chung 1 rãnh.

$Y_{nh}$  : Bước nhóm cuộn, tính từ cạnh đầu nhóm đến cạnh cuối nhóm.

Đối với nhóm cuộn đồng tâm  $Y_{nh} = Y_1$  (lớn nhất)

3. Qui đổi độ lệch pha  $= 90^\circ$  độ điện giữa pha làm việc và pha khởi động bằng khoảng cách tính theo số rãnh.

$$\alpha = \frac{Z_1}{4p}$$

+ Khi vẽ sơ đồ bộ dây quấn của động cơ 1 pha, ta có thể trình bày bằng sơ đồ trái.

Và tiến hành theo các bước sau :

- Kẻ các đường thẳng song song và đánh số thứ tự rãnh tương ứng với tổng số rãnh trên stato.

- Căn cứ vào dạng nhóm cuộn, số cuộn trong nhóm cuộn, bước từng cuộn dây. Bắt đầu từ rãnh số 1 vẽ hình thành dạng 1 nhóm cuộn.

- Tựa theo số rãnh chung giữa 2 nhóm cuộn kế tiếp (X), chọn rãnh khởi đầu vẽ tiếp nhóm cuộn thứ 2.

- Tương tự như bước 3, vẽ các nhóm cuộn còn lại của pha làm việc.

- Vẽ các đường nối dây giữa các nhóm cuộn, sao cho khi có dòng điện đi qua sẽ tạo các từ cực N, S xen kẽ. Đánh chiều mũi tên trên các cạnh dây theo chiều dòng điện và kí hiệu các đầu ra của pha làm việc là  $A_1 - A_2$  hoặc (1), (2), (3), (4).

- Căn cứ vào khoảng cách bố trí lệch pha  $\alpha = 90^\circ$  theo đơn vị rãnh, chọn rãnh khởi đầu để vẽ tiếp pha khởi động và cũng tương tự như cách vẽ pha làm việc. Kí hiệu đầu ra của pha khởi động là  $B_1, B_2$  hoặc (5), (6).

Có thể vẽ thực hành là bố trí nhóm cuộn pha khởi động sao cho nằm giữa 2 nhóm cuộn kế tiếp của pha làm việc, cân xứng đều.

\* Phân loại dây quấn.

+ Dây quấn xếp đơn

- Dây quấn xếp đơn đồng khuôn

- Dây quấn xếp đơn đồng tâm

+ Dây quấn kiểu sóng.

b. Những cơ sở để vẽ sơ đồ dây quấn.

\* Từ cực

Được hình thành bởi một bó dây hay nhóm bó dây sau cho khi dừng điện đi qua sẽ tạo được các từ cực N, S xen kẽ tiếp nhau trong cùng các nhóm bó dây của 1 pha, số lượng từ cực N, S luôn là số chẵn.

$$\tau = \frac{Z}{2p} \text{ (rãnh)}$$

Ví dụ: Động cơ tốc độ 1500 vòng / phút có tổng số rãnh trên stato  $Z= 36$  rãnh. Bước từ cực bằng:

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \text{ (rãnh)}$$

\* Bó dây

Là tập hợp nhiều vòng dây, được quấn nối tiếp với nhau và được bố trí trên stato với hình dạng đã định trước, thì đoạn nằm trong rãnh được gọi là cạnh tác dụng, còn phần ở ngoài rãnh là đầu nối của hai cạnh tác dụng.

Bước bó dây là khoảng cách giữa 2 cạnh tác dụng và phần đầu nối đó được bố trí trên stato và được tính theo đơn vị rãnh.

So sánh bước bó dây với bước từ cực ta có:

- Bước đủ:  $y = \tau$
- Bước ngắn:  $y < \tau$
- Bước dài:  $y > \tau$

Trong khi thực hành, khi xây dựng sơ đồ dây quấn ta phải qui ước khi nhìn vào hình vẽ của bó dây (hay nhóm bó dây) đầu nằm ở phía trái là đầu “đầu” đầu còn lại nằm ở phải là đầu “cuối”.

\* Cạnh dây

Là các cạnh tác dụng của búi dây được lồng vào rãnh. Mỗi búi dây có hai cạnh tác dụng khi cho dừng điện đi vào ở một đầu búi dây và đi ra ở đầu còn lại, bước chuyển dịch dòng điện qua hai cạnh tác dụng của búi dây lúc đó ngược chiều nhau.

Như vậy, khi bố trí trên sơ đồ hai cạnh tác dụng của cùng một búi dây phải bố trí trên hai khoảng cực từ lân cận khác nhau.

Bước búi dây (bước dây quấn), là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của cùng một búi dây.

Nếu trên sơ đồ ta có đánh số thứ tự cho từng rãnh stato thì khoảng cách  $y$  có thể tính bằng hiệu số giữa hai số thứ tự của 2 rãnh đang chứa 2 cạnh tác dụng của búi dây đó.

Vậy cạnh tác dụng thứ nhất được lồng vào rãnh 2 thì cách 8 rãnh sẽ lồng rãnh còn lại.

Đầu nối búi dây là phần liên kết hai cạnh tác dụng của búi dây, tùy theo cách liên kết đầu nối ta có thể đổi được dạng dây quấn, nhưng không thay đổi vị trí rãnh đó.

#### \* Nhóm búi dây

+ Nhóm búi dây quấn đồng khuôn.

Nhóm búi dây này có bước từ cực các búi dây điều bằng nhau nên chúng có cùng một khuôn định hình, các búi dây trong nhóm này cũng được nối tiếp với nhau cùng chiều và được bố trí trên stato ở các rãnh kế cận để tạo thành các từ cực xen kẽ nhau.

Thông thường các búi dây trong nhóm búi dây đồng khuôn điều là bước ngắn nên ít tổn dây và được bố trí gọn các đầu của các búi dây. Tuy nhiên, để đạt yêu cầu thì việc lắp các bộ dây quấn ở dạng này phải khó khăn hơn, tốn thời gian nhiều hơn so với dạng dây quấn đồng tâm.

+ Nhóm búi dây đồng tâm.

Nhóm búi dây đồng tâm được hõnh thành bởi nhiều búi dây có bước búi dây khác nhau và được mắc nối tiếp nhau theo cùng một chiều quấn. Các cạnh dây của mỗi búi chiếm các rãnh kế cận nhau để tạo thành cực.

Để tạo thành nhóm búi dây đồng tâm, người ta quấn liên tiếp dây dẫn theo cùng một chiều quấn lên trên một bộ khuôn có kích thước khác nhau và đặt đồng tâm trên cùng một trục quấn.

\* Cuộn dây.

Cuộn dây (còn gọi là 1 pha) là tập hợp nhiều nhóm bối dây được đấu lại với nhau và thông qua các cách đấu dây để hình thành các từ cực N, S xen kẽ nhau trong cùng một pha (các từ cực luôn là số chẵn).

\* Góc điện.

Góc điện là đại lượng được tính theo thời gian, có đơn vị tính là độ điện, khác với độ hình học.

Trong thực hành, để bố trí các nhóm bối dây trên stato ở vị trí chính xác trên mỗi khoảng của các bước từ cực trong cùng một pha hoặc hai pha kế tiếp nhau trên một bộ dây quấn nhất định trước hết ta tính góc lệch pha giữa hai rãnh liên tiếp (tính theo góc điện) hoặc góc lệch pha giữa hai pha kế tiếp nhau (tính theo đơn vị rãnh).

$$\alpha_d = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} \quad (\text{góc điện})$$

Góc lệch pha giữa hai rãnh kế tiếp nhau tính theo độ hình học.

$$\alpha_{hh} = \frac{360^\circ}{Z} \quad (\text{góc hình học})$$

Góc lệch pha giữa hai pha liên tiếp nhau tính theo đơn vị rãnh.

$$\alpha = \frac{0^\circ}{\alpha_d} \quad (\text{rãnh})$$

$0^\circ$  : góc lệch pha tính theo góc điện.

$\alpha$  : Khoảng cách lệch pha giữa hai pha tính theo số rãnh.

VD: Động cơ có hai từ cực  $\tau = 180^\circ$  điện hay tương ứng với  $180^\circ$  hình học.

Nếu động cơ có 4 từ cực thì bước từ cực  $\tau = 180^\circ$  điện chỉ tương ứng với  $90^\circ$  hình học.

Tương ứng nếu động cơ có càng nhiều từ cực thì bước từ cực được tính theo độ hình học càng ít đi.

#### d. Phương pháp vẽ sơ đồ dây quấn

Khái quát:

Động cơ một pha dùng tụ khởi động thường có 2 cuộn dây đặt lệch nhau  $90^\circ$  một cuộn gọi là cuộn chạy có tiết diện dây lớn quấn ít vòng, một cuộn gọi là cuộn đề có đường kính dây nhỏ hơn nhưng số vòng quấn thường nhiều hơn cuộn chạy.

$\Rightarrow R_d > R_c$  . dây quấn thường được quấn theo kiểu đồng tâm phân tán.

Ví dụ 1: cho một động cơ một pha có  $Z = 24, 2p = 2$ . hãy tính toán vẽ sơ đồ trải dạng dây quấn đồng tâm phân tán.

Giải

Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12 \text{ (rãnh)}$$

Số rãnh phân bố pha chính và pha phụ

Gọi  $Q_A$  là tổng số rãnh pha chính.

Gọi  $Q_B$  là tổng số rãnh pha phụ.

$Q_a$  số rãnh phân bố pha chính trên một cực từ.

Nếu phân bố:  $Q_A = Q_B$  khi  $\tau$  là bội số của 2

Nếu phân bố:  $Q_A = 2Q_B$  khi  $\tau$  là bội số của 3

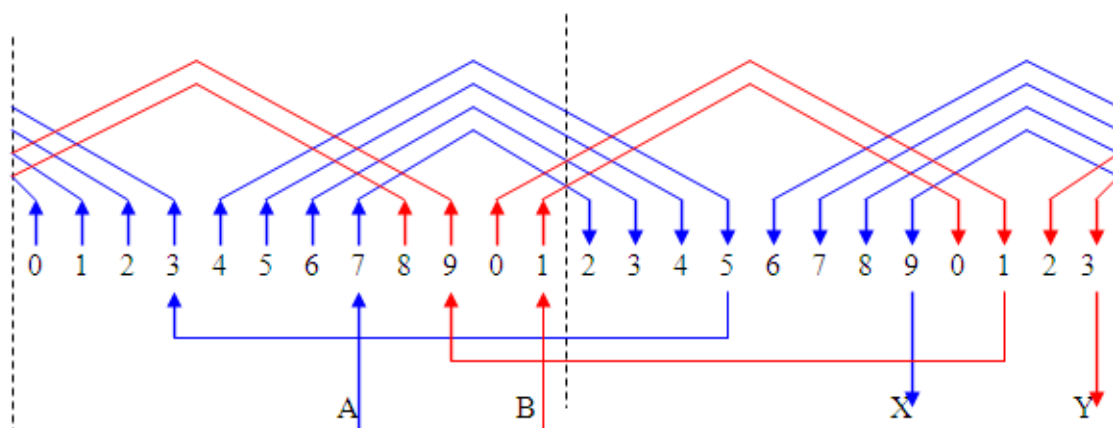
Nếu phân bố:  $Q_A = 3Q_B$  khi  $\tau$  là bội số của 4

Chọn  $Q_A = 2Q_B \Rightarrow q_A = 2 q_B$

$$q_A = \frac{2}{3} \tau = \frac{2}{3} 12 = 8 \text{ (rãnh)}$$

$$q_b = \frac{1}{3} \tau = \frac{1}{3} 12 = 4 \text{ (rãnh)}$$

Vẽ sơ đồ trải.



Hình 87

Ví dụ 2: Cho một động cơ một pha có  $Z = 24, 2p = 2$ . hãy tính toán vẽ sơ đồ trải dạng dây quấn sin.

Giải

□ Bước cực từ

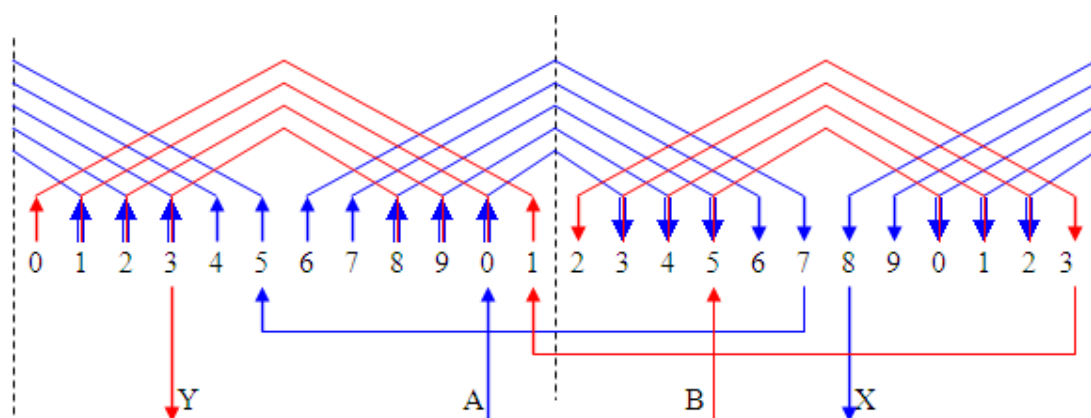
$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12 \quad (\text{rãnh})$$

Chọn  $Q_A = 2Q_B \Rightarrow q_A = 2 q_B$

$$q_A = \frac{2}{3} \tau = \frac{2}{3} 12 = 8 \quad (\text{rãnh})$$

$$q_b = \frac{1}{3} \tau = \frac{1}{3} 12 = 4 \quad (\text{rãnh})$$

Vẽ sơ đồ trải.



Hình 88

## 12. Đấu dây, vận hành động cơ.

### 12.1. Kiểm tra quy ước các dây đầu, dây cuối.

1. Ý nghĩa các số liệu ghi trên nhón mỏy.

Thông thường trên tất cả các động cơ điện đều có ghi các thông số cơ bản sau;

Công suất định mức	$P_{đm}$ (KW) hoặc (HP)
Điện áp dây định mức	$U_{đm}$ (V)
Dòng điện dây định mức	$I_{đm}$ (A)
Tần số dòng điện	$f$ (Hz)
Tốc độ quay rôto	$n_{đm}$ (vòng / phút)
Hệ số công suất	$\cos \varphi$
Loại động cơ	3 pha hoặc 1 PHA



**2. Kiểm tra chạm vỏ.**

Đối với động cơ ba pha ta lần lượt kiểm tra từng pha một bằng bóng đèn hoặc đồng hồ vạn năng.

Tháo rời các đầu nối tách ra từng pha.

Kiểm tra bằng đồng hồ vạn năng: Để thang đo điện trở (X1k hoặc X10k)

Đề một đầu que đo vào một đầu dây của một pha và một đầu que đo chạm chạm vỏ động cơ ( làm vệ sinh để tiếp điện tốt). Lần lượt kiểm tra từng pha nếu pha nào đó khi đo đồng hồ chỉ một giá trị điện trở nào đó thì pha đó chạm vỏ.

**3. Kiểm tra chạm pha.**

Tháo rời các đầu nối tách ra thành từng pha riêng biệt

Kiểm tra bằng đồng hồ vạn năng: Để đồng hồ ở thang đo điện trở(X1k hoặc X10k).

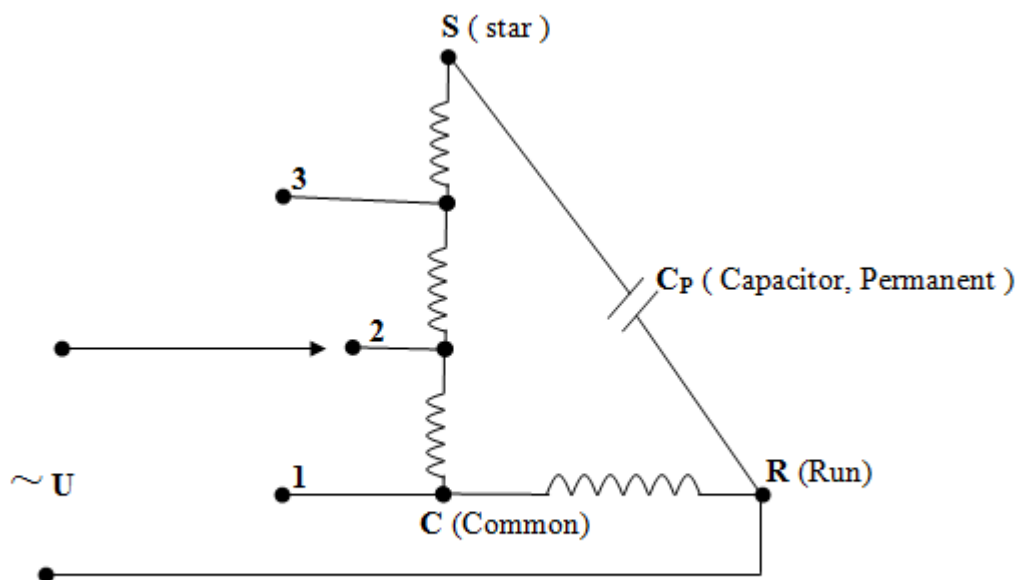
Kiểm tra lần lượt từng pha. Một đầu que ở pha A que đo còn lại ở pha B hoặc C, nếu kim đồng hồ chỉ một giá trị nào đó có nghĩa là pha A đó chạm với pha B hoặc pha C.

Kiểm tra 2 pha còn lại tương tự.

**12.2. Đấu động cơ vào lưới điện**

**1. Đấu động cơ một pha vào lưới điện.**

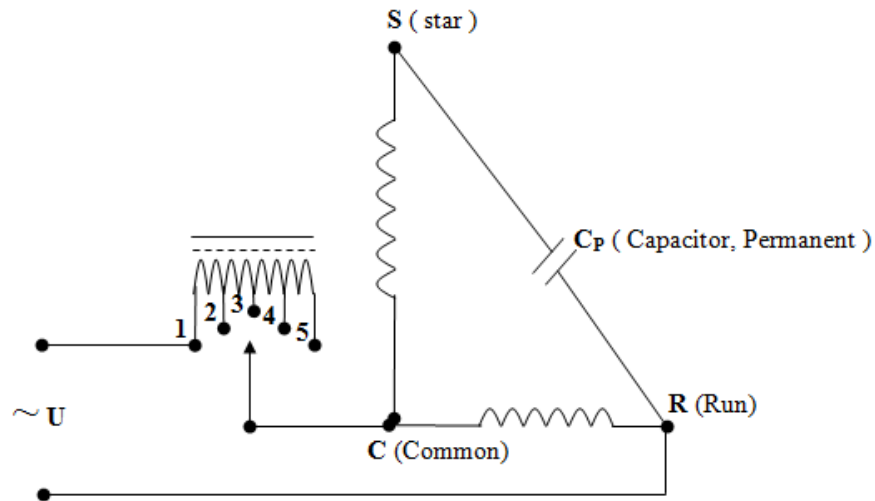
**a. Sơ đồ quạt bàn dùng tụ khởi động ( Quạt bàn 3 số).**



Sơ đồ đấu dây quạt bàn 5 dây

Hình 89

**b. Sơ đồ quạt trần dùng tụ khởi động (5 số).**

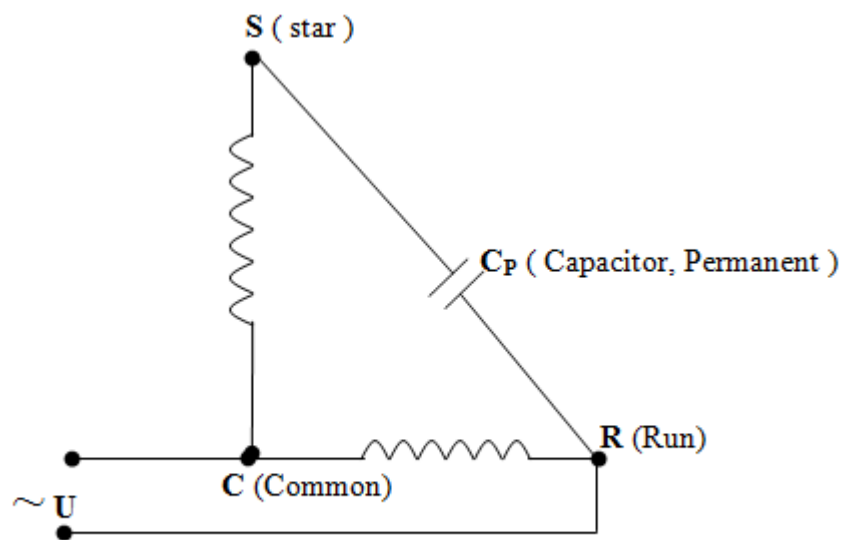


Sơ đồ đấu dây quạt trần (5 số)

Hình 90

Sơ đồ đấu dây động cơ 1 pha:

+ Dùng tụ thường trực:

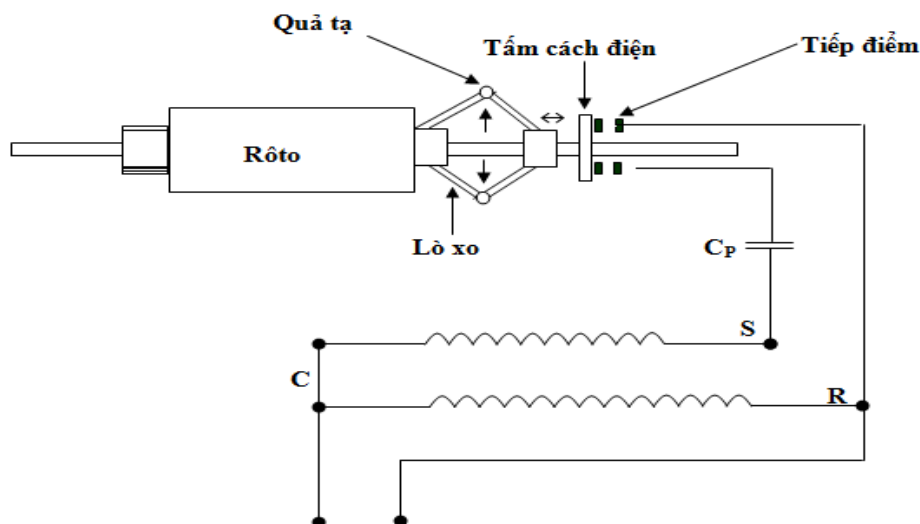


Đấu dây động cơ 1 pha dùng tụ thường trực

Hình 91

+ Dùng tụ thường trực và tụ khởi động:

Ở phần này bên cạnh tụ thường trực sẽ có thêm tụ khởi động để cho động cơ khởi động nhanh hơn, ta dùng cả hai tụ đấu song song với nhau và dùng phương pháp ngắt điện ly tâm (ngắt điện tự động) bộ phận này được gắn ngay trong trục của động cơ được thể hiện theo hình vẽ sau:



*Ngắt điện ly tâm trong động cơ điện (công tắc ly tâm)*

Hình 92

Ngắt điện là bộ phận rất cần thiết cho động cơ không đồng bộ một pha (có 2 cuộn dây).

Công dụng của các loại ngắt điện để ngăn không cho qua cuộn đề khi động cơ quay với tốc độ tương xứng (khoảng 2/3 tốc độ định mức của động cơ).

Hầu hết các động cơ này khi đó khởi động chỉ có một cuộn dây làm việc (dây lớn là dây làm việc, cuộn dây khởi động dây nhỏ sẽ ngừng làm việc, tác dụng của cuộn dây nhỏ là để cho động cơ khởi động phải trải qua hai nhiệm vụ sau:

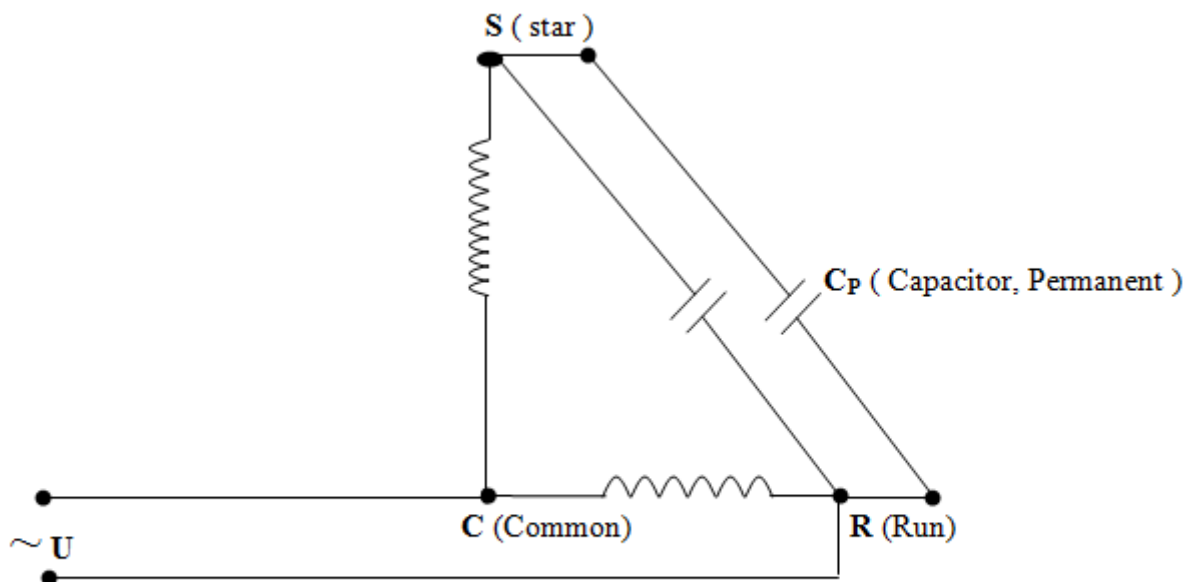
- Nhiệm vụ 1: Phải đóng mạch điện cho điện đi vào động cơ, cuộn dây khởi động làm cho động cơ khởi sự quay, khi mạch điện đóng kín, 2 vít bạch kim phải nằm sát lại với nhau khi động cơ chưa quay.

- Nhiệm vụ 2: Phải mở mạch điện để ngắt dừng điện không cho dòng điện đi qua cuộn khởi động khi động cơ quay, mạch điện hở, 2 vít bạch kim phải tách rời nhau.

Nếu thiếu một trong hai nhiệm vụ trên thì động cơ sẽ bị cháy, nếu mạch điện không đóng điện sẽ không đi vào cuộn dây khởi động mà chỉ đi qua cuộn dây làm việc sẽ không làm cho động cơ quay được do đó cuộn dây làm việc nóng lên và cháy máy ( trường hợp này sẽ tạo thành nhiệt năng) . Khi động cơ đó quay mà mạch điện không mở cũng sẽ bị cháy vì các lí do sau:

+ Cuộn dây khởi động có số vòng dây ít không đủ sức để nó làm việc song song với cuộn dây làm việc.

+ Loại động cơ có ngắt điện ly tâm thì sử dụng bằng tụ điện để khởi động, mà tụ điện khởi động có sức chứa điện dung lớn hơn tụ điện thường trực, nó nạp điện vào nhiều và phóng điện mạnh, nên mỗi khi máy đó quay mà ngắt điện không mở sẽ mau cháy.



Sơ đồ đấu dây động cơ 1 pha dùng 2 tụ song song

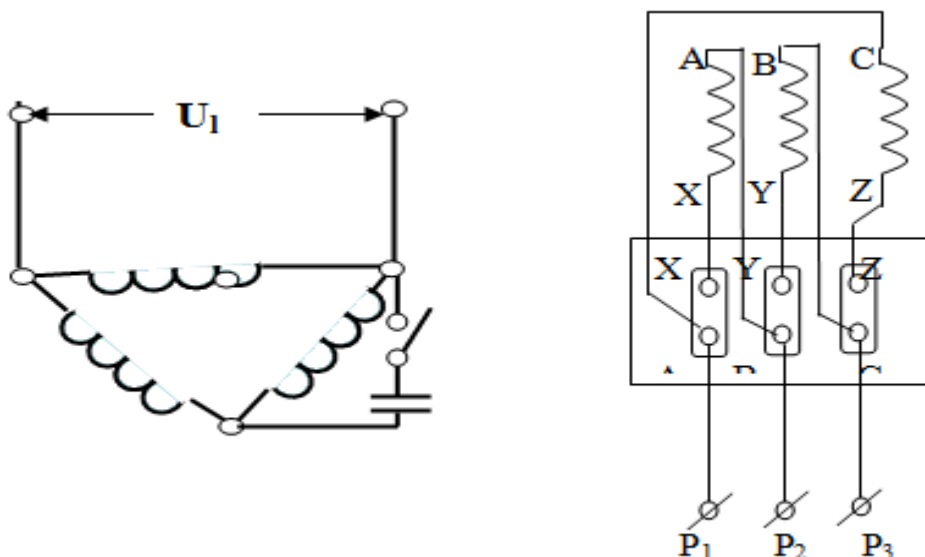
Hình 93

2. Đấu động cơ một pha vào lưới điện.

a. Cách đấu dây động cơ 3 pha có 6 đầu dây:

+ Trường hợp đấu tam giác ( $\Delta$ ).

Khi trên máy của động cơ 3 pha có ghi điện áp định mức 2 cấp 220V/380V và động cơ được lắp đặt sử dụng với mạng điện 110V/220V 3 pha, thì động cơ được đấu dây tam giác cho phù hợp với điện áp thấp.

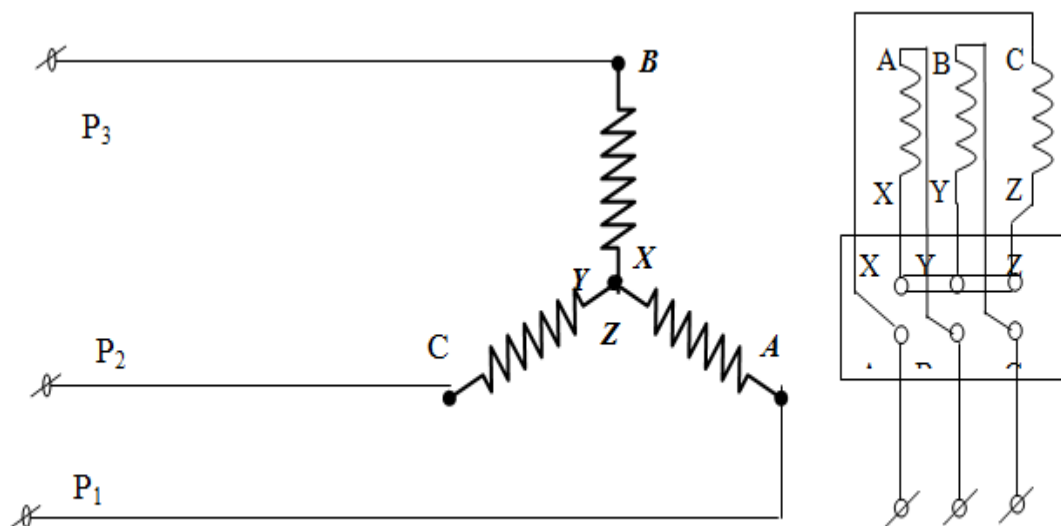


*Cách mắc động cơ 3 pha bằng phương pháp đấu tam giác*

Hình 94

+ Trường hợp đấu sao (Y)

Nếu động cơ 3 pha trên được lắp đặt sử dụng với mạng điện 220V/380V 3 pha thì động cơ được đấu dây theo cách đấu sao mới phù hợp với điện áp cao của mạng điện.



*Cách mắc động cơ 3 pha bằng phương pháp đấu sao*

Hình 95

**Lưu ý:**

Động cơ ghi 127V/220V chỉ đấu sao và sử dụng với điện áp thấp 220V-3 pha.

12. 3. Kiểm tra thông số, dòng điện, tốc độ

a. Kiểm tra phần cơ

Kiểm tra bản thân động cơ

Kiểm tra nền móng bộ máy

Kiểm tra truyền động giữa động cơ và máy sản xuất

b. Kiểm tra phần điện

+ Động cơ vận hành lần đầu

+ Kiểm tra thông mạch các pha

+ Kiểm tra chạm chập

- Cuộn dây với vỏ

- Cuộn dây với cuộn dây

+ Kiểm tra cách đầu dây động cơ

+ Kiểm tra tiếp xúc cổ góp và chổi than hoặc vành góp và chổi than nếu có

+ Kiểm tra điện trở cách điện

- Điện trở cách điện giữa cuộn dây với vỏ

- Điện trở cách điện giữa cuộn dây với cuộn dây

- Điện trở  $R_{cd} \geq 0,5 \text{ M}\Omega$  ( động cơ hạ áp  $U < 500 \text{ V}$  )

- Kiểm tra dây nối đất và dây nối trung tính

+ Kiểm tra các thiết bị đóng cắt bảo vệ các thiết bị đo lường

+ Kiểm tra điện áp nguồn  $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA}$  hoặc  $U_{A0} = U_{B0} = U_{C0} = U_{dm}$  (sai số  $\pm 2,5\%$  .)

- Tránh trường hợp điện áp nguồn chênh lệch nhau quá lớn hoặc mất điện 1 pha  $\Rightarrow$

động cơ

chạy 2 pha, dòng 2 pha còn lại tăng  $\sqrt{3}$  lần động cơ bị quá tải

c. Kiểm tra hoạt động có tải.

- Cho động cơ làm việc với phụ tải cơ học, khi vận hành có tải cần theo dõi.

+ tiếng kêu

+ dòng điện không tải các pha A, B, C

$I_{0A} \approx I_{0B} \approx I_{0C} \leq [I_0]$  sai số  $\pm 5\%$

$[I_0]$  dòng điện không tải cho phép chạy không tải

$I_0 = (30 \div 40\%) I_{1dm}$

+ Theo dõi sự làm việc của các thiết bị đóng cắt, bảo vệ, đo lường

- Thời gian chạy không tải từ 5 ÷ 10 phút nếu máy làm việc bình thường cho phép vào vận hành có tải.

+ Kiểm tra tốc độ động cơ.

### **13. Tháo lắp, bảo dưỡng động cơ.**

#### **13.1. Trình tự tháo động cơ.**

- + Chuẩn bị dụng cụ:
- + Quy trình tháo động cơ.
- + Làm sạch động cơ.
- + Kiểm tra tổng quát tình trạng động cơ.
- + Ráp động cơ.
- + Kiểm tra hoàn tất.

#### **13.2. Chuẩn bị dụng cụ:**

- + Động cơ điện
- + Vam , búa nguội, nôm đồng
- + Mỡ chịu nhiệt, sơn cách điện,
- + Đồng hồ vạn năng, Mê gôm met.
- + Dụng cụ cầm tay nghề điện.

#### **13.3. Quy trình tháo động cơ.**

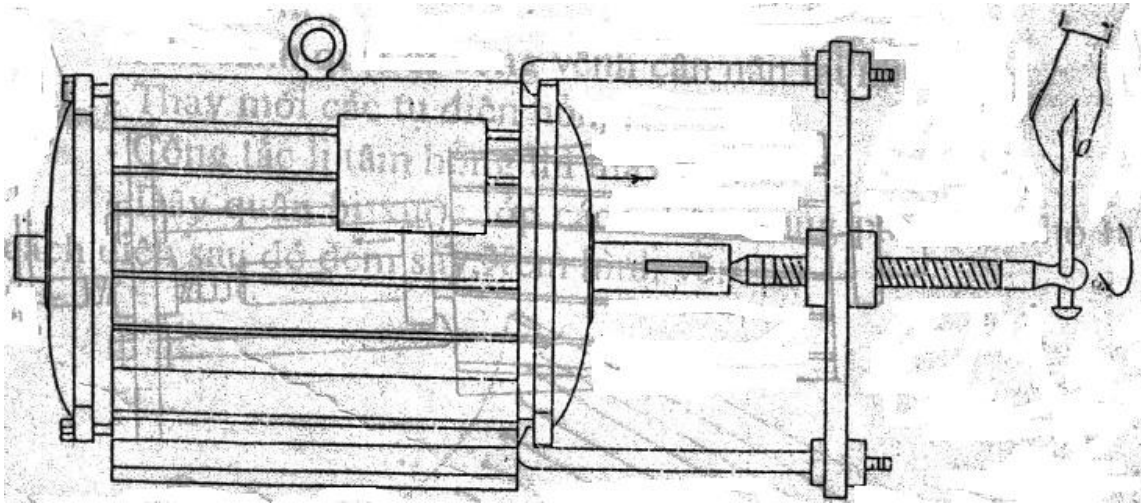
a. Tháo nắp bảo vệ cách quạt.

Khi tháo ta dùng nôm bằng gỗ để gõ vào tay cánh quạt hoặc dùng vam cào nhằm tránh làm vỡ hoặc gãy.

Tháo buli, trục động cơ, dùng vam cào để tháo. Khi gá vam cào phải đặt cân đối các chân gá, khi xiết vam phải xiết từ từ.

b. Tháo nắp trước động cơ:

- + Tháo buli liên kết giữa nắp và thân.
- + Tháo nắp chắn mỡ đầu trục.
- + Dùng vam cào để tháo.



Hình 96

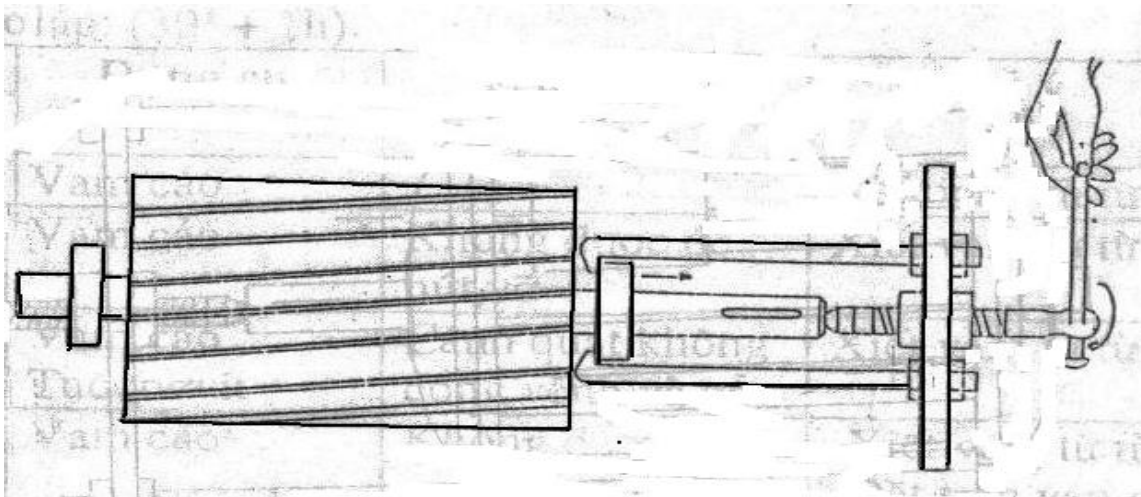
c. Tháo rôto, dùng văm cào ép đẩy rôto ra ngoài bằng cách xiết văm từ từ. Nếu rôto dây quấn thì phải tháo chổi than ra trước.

d. Tháo nắp sau.

Dùng búa và nôm đồng để tháo.

Chỳ ý nôm đều theo các góc để tránh rạn nứt vỡ.

e. Tháo các vòng bi ra khỏi trục, dùng văm để tháo các vòng bi khỏi trục. nếu tháo nhiều máy cùng một lúc thì phải để riêng biệt các vòng bi tránh nhầm lẫn.



Hình 97

13.4. Làm sạch động cơ.

+ Dùng giẻ khô lau sạch bụi bẩn, dầu mỡ ở stato, rôto.

+ Dùng giẻ khô lau sạch bụi bẩn, mặt bích trước, sau, dầu mỡ ở ổ đỡ bi.

+ Lấy dầu giữa sạch bụi và mỡ bẩn ở vòng bi trước và sau.



+ Dùng giấy giáp đánh sạch các vết rỗ do chạm chập, cháy nổ.

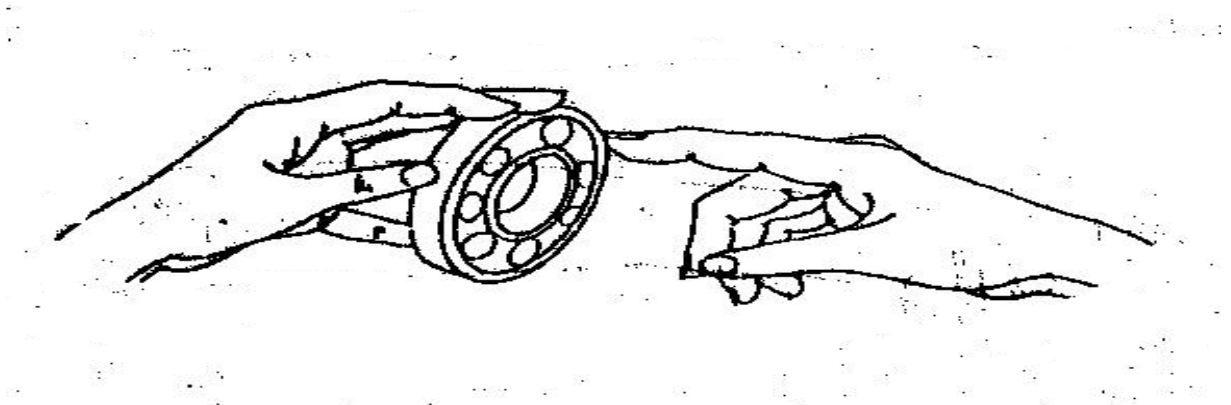
### 13.5. Kiểm tra tổng quát tình trạng động cơ.

+ Quan sát vỏ máy có bị dạn nứt, vỡ, xước sơn tĩnh điện không.

+ Kiểm tra rôto:

- Kiểm tra vòng ngắn mạch có bị dạn nứt không.
- Dụng rônha kiểm tra thanh dẫn rôto.
- Dùng thước cặp kiểm tra đường kính ngoài rôto, đo chiều dài rôto.

+ Kiểm tra vũng bi (bạc đạn), các vòng bi kém chất lượng thì thay, nếu khô mỡ thì tra mỡ chịu nhiệt như hình vẽ.



Hình 98

Đối với động cơ loại dây quấn cần phải kiểm tra chổi than, nếu rỗ phải dùng giấy, còn chổi than mòn quá mức phải thay thế, lò so yếu đàn hồi cũng phải thay. Cổ góp mòn nhiều phải tiện láng sau đó đánh nhẵn bằng giấy nhám.

+ Kiểm tra dây quấn stato:

- Kiểm tra thông mạch cho từng cuộn dây, tách điểm mỗi nối chung, dùng đồng hồ vạn năng hoặc megômmet đo thông mạch các cuộn dây.
- Kiểm tra chạm chập giữa các cuộn dây bằng đồng hồ vạn năng.
- Kiểm tra chạm mát giữa các cuộn dây với vỏ máy
- Kiểm tra chạm chập trong cùng một pha.

### 13.6. Ráp động cơ.

+ Lắp vòng bi, đặt mặt phẳng vòng bi vuông góc với tâm trục rôto, dùng mêm đồng kết hợp với búa đóng cho đều.

+ Lắp ráp động cơ thì làm ngược lại với quy trình tháo (các chi tiết nào tháo sau thì lắp trước).

- + Lắp xong động cơ rôto phải quay trơn nhẹ nhàng.
- + Đấu dây vào hộp đấu đúng quy định.

### 13.7. Kiểm tra hoàn tất.

- + Đo điện trở các cuộn dây ghi kết quả so sánh với thông số nhà máy.
- + Đo điện trở cách điện giữa các cuộn dây với nhau, giữa các cuộn dây với vỏ máy.

## 14. Quấn lại bộ dây stato động cơ không đồng bộ.

### 14.1. Quấn lại bộ dây stato động cơ không đồng bộ xoay chiều ba pha.

#### a. Tháo và vệ sinh động cơ.

- + Tách rời các bộ phận động cơ giữ lại phần cần quấn dây
- + Quan sát động cơ bị cháy hỏng tìm nguyên nhân để khắc phục lần sau
- + Làm vệ sinh lõi thép phải quan sát bên trong rãnh vệ sinh sạch cách điện cũ, các lớp verni khô bị cháy còn sót lại bằng dao cạo hoặc rửa tròn, dùng khí nén thổi sạch.



Hình 99

#### b. Khảo sát và vẽ sơ đồ dây quấn.

\* Xác định số liệu ban đầu.

$$- m = 3$$

- $Z_1 = 36$
- $2p = 4$
- Dây quấn đồng tâm 1 lớp.
- Đường kính dây quấn(0,6mm).
- Vật liệu làm dây quấn ( đồng).
- số vòng dây quấn 1 bồi dây.

\* Tính toán số liệu.

- Tính toán bước cực  $\tau = \frac{Z}{2.p} = 9 \text{ k/c} = 10 \text{ rãnh}$

- Tính q bình thường  $q_{bt} = \frac{Z}{2.p.m} = 3$

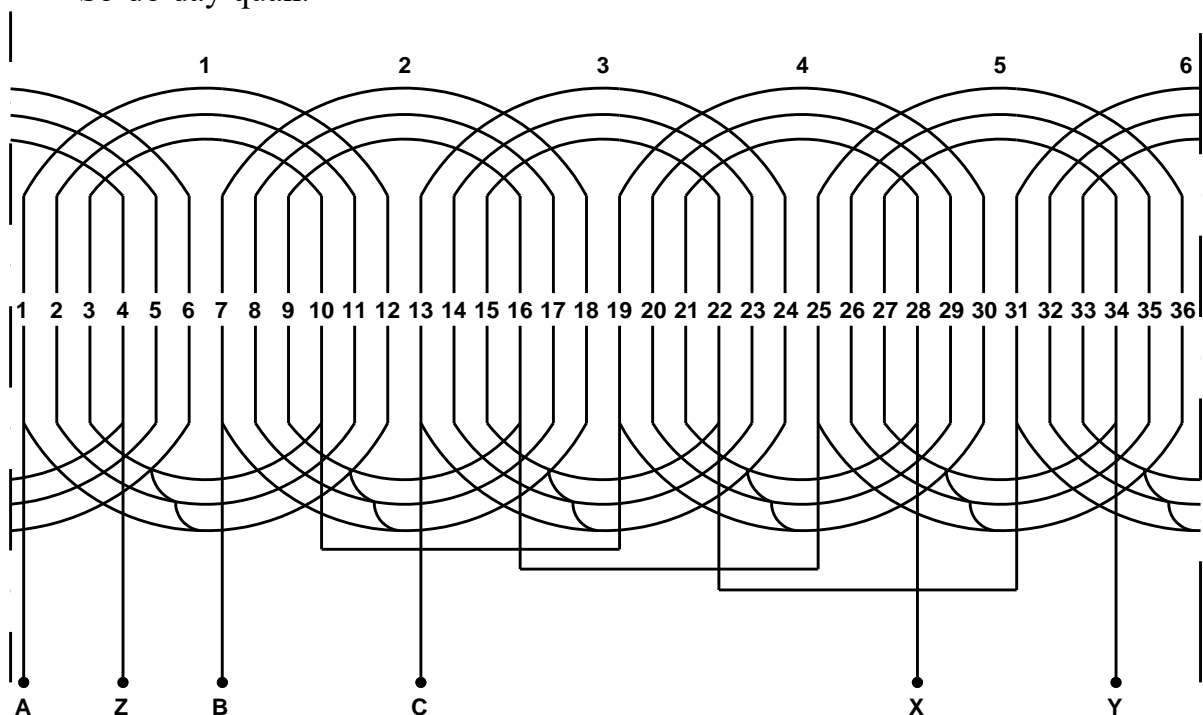
- Tính bước quấn dây y :  $y = \tau = 10 \text{ rãnh}$

- Tính số bồi dây trong pha

$n_{1\text{pha}} = p = 2 \text{ ( tổ bồi)}$

Chọn tổ bồi dây đầu pha :  $A-B-C = 2q = 6 \text{ k/c} = 7 \text{ rãnh}$

\* Sơ đồ dây quấn.



Hình 100

Lập bảng dự trữ nguyên vật liệu.

STT	Tên vật liệu	Đơn vị	Số lượng	Quy cách	Ghi chỳ
1	Dây điện từ (e may)	Kg	1,2	0,6mm	Nhật bản
2	Giấy cách điện	m <sup>2</sup>	0,2	Sơn dầu	Nhật bản.
3	Băng vải	Cuộn	1	Sợi bụn	Việt Nam
4	Băng dính	Cuộn	0.5	Cách điện	Việt Nam
5	Ống ghen	M	1.5	2-4mm	Việt Nam
6	Sơn cách điện	Kg	0.2	Sơn dầu	Việt Nam

c. Thi công quấn dây.

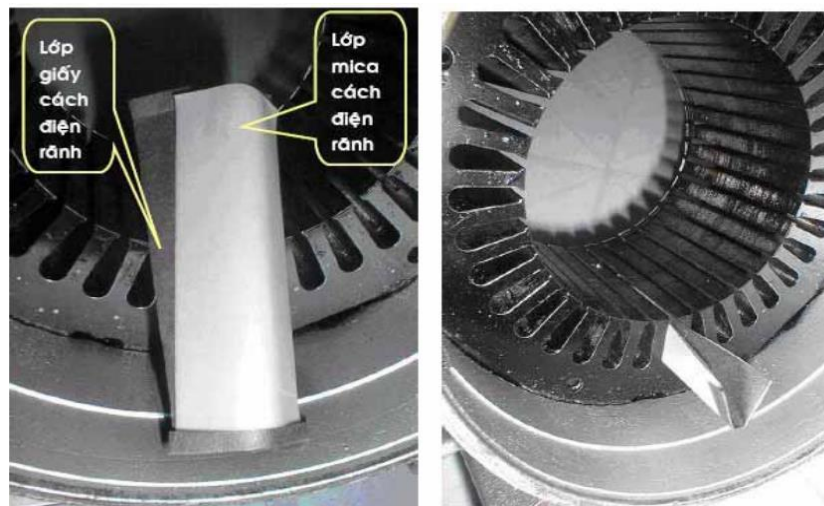
\* Lót cách điện ở rãnh stato động cơ.

+ Yêu cầu giấy cách điện

- Bề dày phụ hợp :  $0,3 \div 0,8$  mm

- Giấy cách điện phải có cường độ cách điện cao, chịu nhiệt độ cao, ít hút ẩm thấm nước

+ Cách lót cách điện.



Hình 101

- Phải đảm bảo chiều cao cách điện = h

- Phải đảm bảo chiều dài cách điện.

$$l = l_{\text{rãnh}} + l_{\text{ngoài rãnh}}$$

$$l_{\text{ngoài rãnh}} = 10 \div 15 \text{ mm}$$

Giấy cách điện rãnh được gấp mí hai đầu.

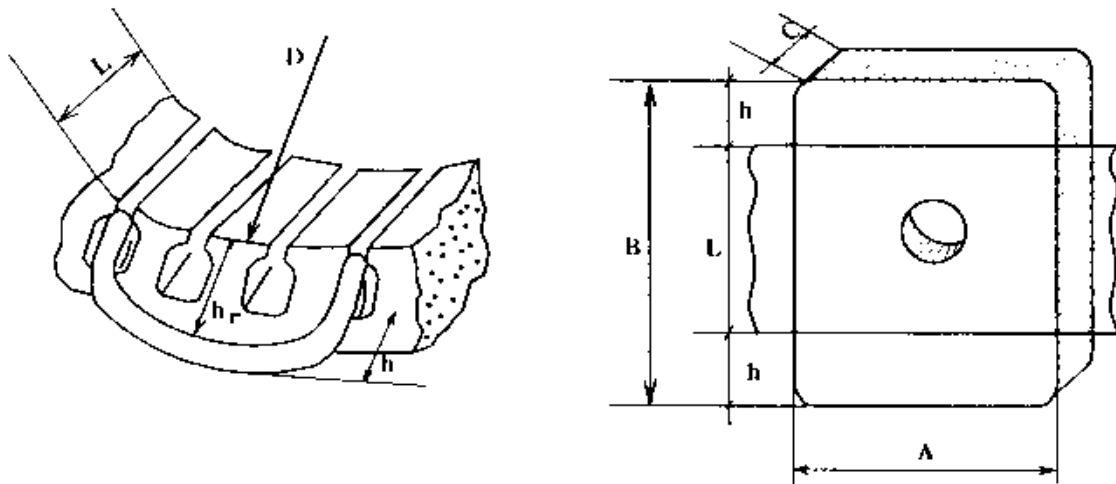
Trong quá trình lót cách điện rãnh dùng thanh tre đẩy cách điện ép sát vách rãnh

\* Quấn các bồi dây

+ Khuôn quấn.

Lấy mẫu khuôn cuộn dây cần phải chú ý đến bề cao chứa đầu cuộn dây ở 2 phía, tránh sự cản cuộn dây dễ gây chạm vỏ và khó lắp ráp sau này.

Cách đo và thực hiện:



Hình 102. Xác định kích thước khuôn quấn dây

Hoặc áp dụng công thức tính:

Chiều dài cạnh không tác dụng của khuôn quấn.  $A = \frac{3,14 \cdot (D - h_r)}{2p} \cdot \frac{y}{\tau}$

Chiều dài cạnh tác dụng của khuôn quấn.  $B = L + 2h$

Chiều dày cạnh khuôn quấn.  $C = 2/3h_r$

Trong đó:

D: đường kính của stato

$h_r$ : chiều cao rãnh

$2p$ : số từ cực

Y: bước quấn dây

$\tau$ : bước từ cực

h: bề cao đầu cuộn dây (10 ÷ 15mm)

+ Trong quá trình quấn các bồi dây của một pha dây quấn, dùng khuôn quấn dây có dạng nửa hình trụ. Khoảng cách của hai tâm của khuôn dây quấn phải được định sao cho thoả mãn chu vi khuôn theo tính toán bài học trước (hay số liệu bồi dây cũ)

Các nhóm bồi dây của một pha được quấn dính liền nhau, không cắt rời từng nhóm, khoảng cách giữa các nhóm phải được lót gen cách điện.

Khi quấn đủ số vòng dây của một bồi dây chúng ta dùng dây cột hai cạnh của bồi dây rời mới quấn tiếp bồi dây kế tiếp.

Khi bắt đầu quấn một pha dây quấn, chúng ta cắt và luồn gen cách điện vào dây quấn.

Trong quá trình thực hành, để thi công nhanh chúng ta cần đánh số thứ tự nhóm các pha dây quấn theo thứ tự lồng dây. Các số thứ tự của các nhóm

\* Lồng dây vào rãnh stato.

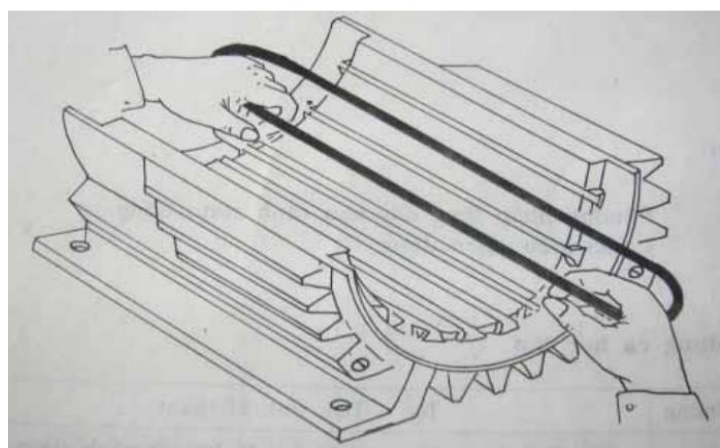
- Lập bảng thứ tự lồng dây.

TT	Rãnh lồng trước	Rãnh lồng sau	Ghi chỳ
1	Lồng rãnh 10-11-12	Rãnh chờ 3-2-1	
2	Lồng rãnh 16-17-18	Lồng rãnh 9-8-7	
3	Lồng rãnh 22-23-24	Lồng rãnh 15-14-13	
4	Lồng rãnh 28-29-30	Lồng rãnh 21-20-19	
5	Lồng rãnh 34-35-36	Lồng rãnh 27-26-25	
6	Lồng rãnh 4-5-6	Lồng rãnh 33-32-31	
		Lồng 3 cạnh chờ 3-2-1	

- Các bước lồng dây vào rãnh.

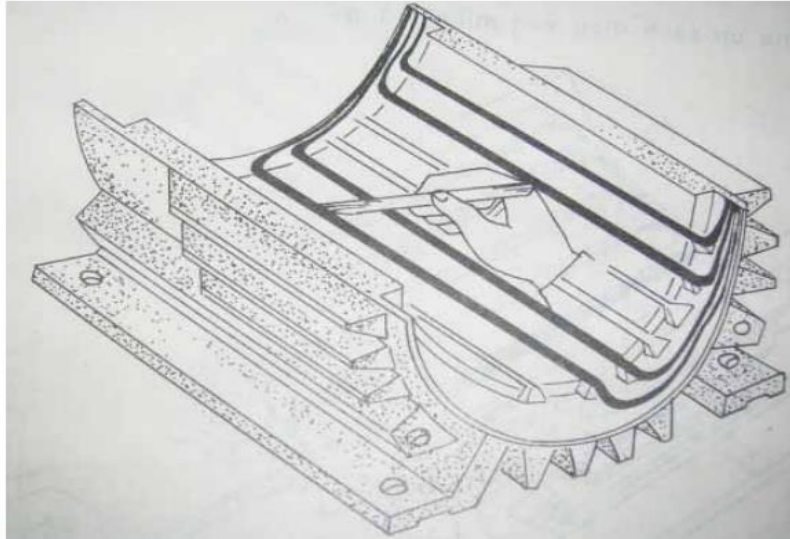
+ Hạ cuộn dây có bước dây quấn nhỏ nhất (y1) vào trước

Hạ từng vòng dây của cuộn dây vào rãnh stato



Hình 103

+ Dùng dao tre trải dây trong rãnh stato để dây nằm trong rãnh được thẳng sóng không bị chông chéo .



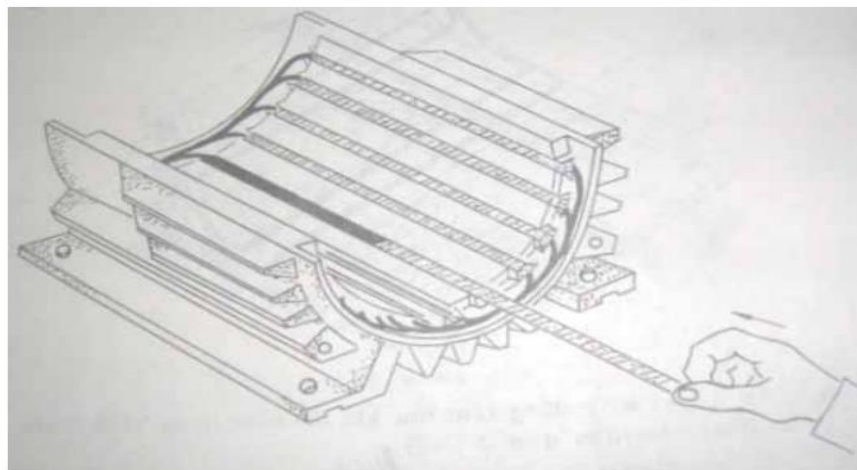
Hình 104

+ Sau khi đã hạ xong 2 cuộn dây  $y_1$  và  $y_2$  (hạ xong một nhóm): Cách 2 rãnh (cách 1 nhóm) ta hạ nhóm tiếp theo, lần lượt hạ xong cuộn dây thứ nhất ( $y_1$ ) ta hạ đến cuộn dây thứ 2 ( $y_2$ )

Tương tự như trên hạ từng vòng dây của cuộn dây vào rãnh stato

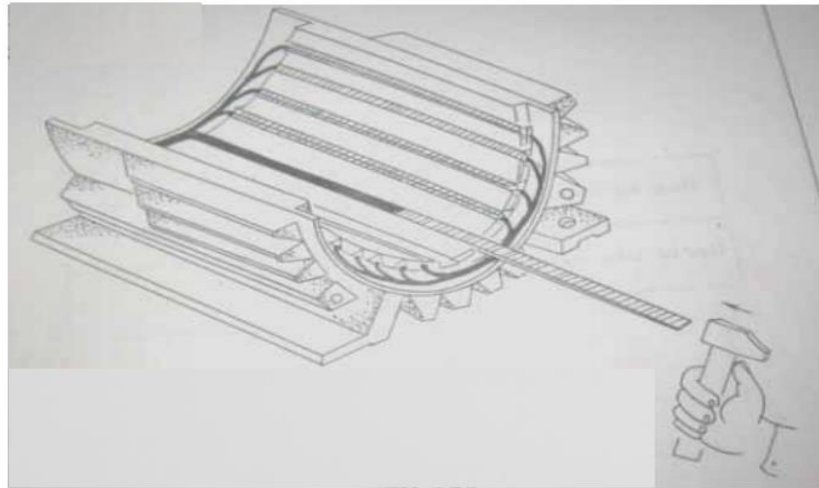
Cứ như vậy cách 1 nhóm ta hạ nhóm tiếp theo cho đến hết

+ Lót bìa úp cách điện vào miệng rãnh. ấn tịnh tiến bìa úp theo chiều mũi tên vào kín miệng rãnh



Hình 105

+ Đóng nêm tre: Dùng búa đóng theo chiều mũi tên



Hình 106

\* Lót cách điện đầu nối đai dây

Trong phần này ta cần thực hiện theo các bước sau:

Quan sát sự phù hợp các số đánh dấu và đầu dây ra so với sơ đồ trái, sơ đồ đầu dây.

Đặt thang đo VOM về vị trí Rx1 rồi chỉnh kim chỉ thị về 0.

Đặt 2 que đo VOM vào từng cặp đầu cuộn dây quấn mỗi pha để kiểm tra sự liên mạch của pha. Nếu giá trị R vào khoảng vài ôm đến vài chục ôm là cuộn dây liên mạch.

Ướm thử các đầu dây nối theo sơ đồ đầu dây để định các vị trí nối dây với dây dẫn ra cho phù hợp.

Cắt các đầu dây ra của mỗi pha dây quấn chỉ để chừa các đoạn nối phù hợp bằng kim cắt dây.

Xỏ các ống gen vào các dây cần nối.

Cạo lớp êmay cách điện bằng dao con và giấy nhám ở các vị trí đầu nối, rồi nối dây theo sơ đồ nối dây.

Bọc các mối nối bằng ống gen.

Xếp gọn các đầu nối cho thẩm mỹ rồi đai gọn, chắc chắn bằng sợi cotton.

Hàn các mối nối của các nhóm bó dây.

Khi hàn cần phải thực hiện ở ngoài dây quấn của động cơ, để mở hàn và chì hàn nhỏ giọt xuống không làm hỏng dây quấn.



Các mối đó hàn được bao phủ bằng gen cách điện

Đầu đầu của các nhóm nối dây trong cùng một pha được nối với nhau và các đầu ra của các pha và các đầu cuối các pha được nối ra ngoài để thuận tiện cho việc đấu dây, vị trí hàn được che phủ bằng gen cách điện, gen cách điện cần phải đưa lên ở mỗi phía điểm hàn khoảng 20 mm để tránh chập chập.

\* Lắp ráp vận hành thử.

Lắp ráp STATO và ROTO

Kiểm tra cuộn dây

Kiểm tra thông mạch các pha kết hợp đo điện trở các pha A, B, C ( $R_A \approx R_B \approx R_C$ )

Kiểm tra chạm chập các pha

- Kiểm tra chạm chập cuộn dây với cuộn dây
- Kiểm tra chạm chập cuộn dây với vỏ

Kiểm tra cách đấu dây

- Chạy thử : Đóng điện cho động cơ chạy không tải với  $U = U_{dm}$ , cần theo dõi

+ Tiếng kêu của động cơ

+ Tốc độ quay của động cơ

Kiểm tra dòng không tải các pha sao cho  $I_{0A} \approx I_{0B} \approx I_{0C} \approx I_0$

$$I_0 = (30 \div 40) \% I_{1dm}$$

Nếu 1 pha nào đó có dòng bằng không chứng tỏ pha đó bị đứt. Tránh tình trạng dòng điện các pha chênh lệch nhau quá lớn.

Thời gian chạy không tải từ 2<sup>h</sup> ÷ 4<sup>h</sup> nếu động cơ làm việc bình thường thì cho phép động cơ vào sơn tẩm và sấy khô.

14.2. Quán lại bộ dây stato động cơ không đồng bộ xoay chiều một pha.

a. Tháo và vệ sinh động cơ.

+ Tách rời các bộ phận động cơ giữ lại phần cần quấn dây.

+ Quan sát động cơ bị cháy hỏng tìm nguyên nhân để khắc phục lần sau.

+ Làm vệ sinh lõi thép phải quan sát bên trong rãnh vệ sinh sạch cách điện cũ, các lớp verni khô bị cháy còn sót lại bằng dao cạo hoặc rửa tròn, dùng khí nén thổi sạch.



Hình 107

b. Khảo sát và vẽ sơ đồ dây quấn.

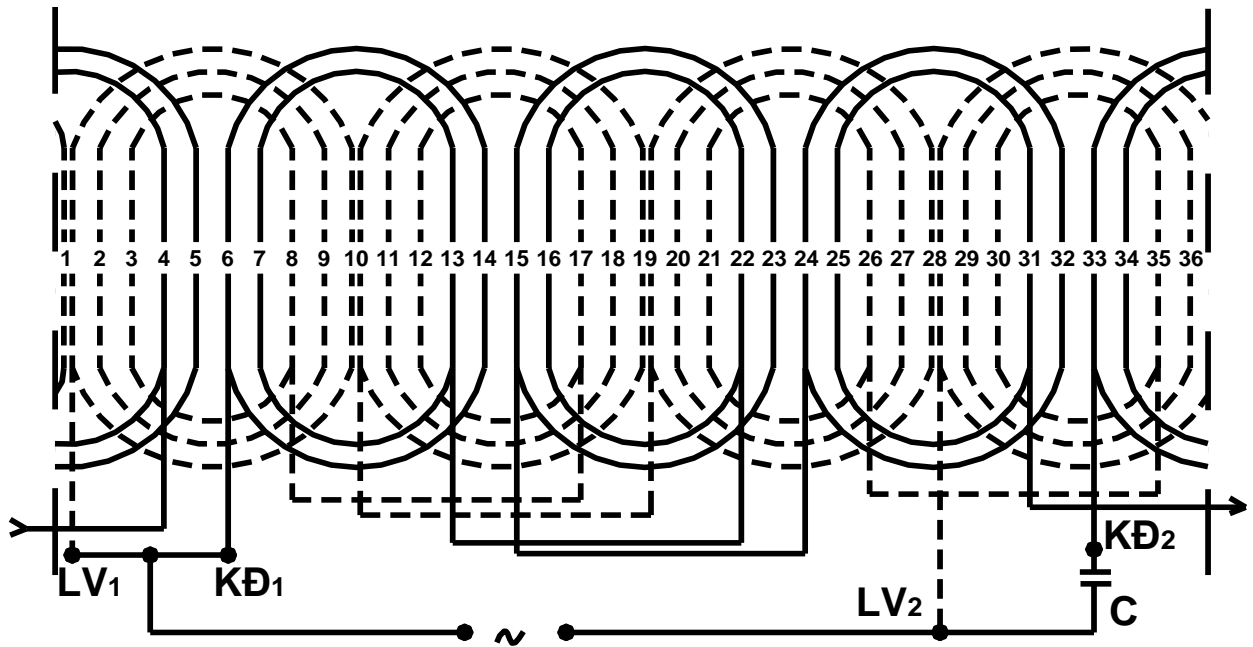
\* Xác định số liệu ban đầu.

- $m = 1$
- $Z_1 = 36, Z_{lv} = 20, Z_{kd} = 16$
- $2p = 4$
- $y = 10/9\tau$
- Dây quấn đồng tâm 1 lớp lồng kiểu hoa sen hai mặt phẳng.
- Đường kính dây quấn (0,6mm).
- Vật liệu làm dây quấn ( đồng).
- Số vòng dây quấn 1 bó dây.

\* Tính toán số liệu.

- Tính toán bước cực  $\tau = \frac{Z}{2.p}$
- Tính q bình thường cuộn khởi động  $q_{bt} = \frac{Z}{2.p.m} = 4$  rãnh
- Tính q bình thường cuộn làm việc  $q_{bt} = \frac{Z}{2.p.m} = 5$  rãnh
- Tính bước quấn dây cuộn khởi động.  $y = 6, y_1 = 8$
- Tính bước quấn dây cuộn làm việc.  $y = 5, y_1 = 7, y = 9$

\* Sơ đồ dây quấn



Hình 108

Lập bảng dự trữ nguyên vật liệu.

STT	Tên vật liệu	Đơn vị	Số lượng	Quy cách	Ghi chú
1	Dây điện từ (e máy)	Kg	1.2	0,6mm	Nhật bản
2	Giấy cách điện	m <sup>2</sup>	0.2	Sơn dầu	Nhật bản.
3	Dây vải	m	1	Sợi bưng	Việt Nam
4	Băng dính	Cuộn	0.5	Cách điện	Việt Nam
5	Ống ghen	M	1.5	2-4mm	Việt Nam
6	Sơn cách điện	Kg	0.2	Sơn dầu	Việt Nam

c. Thi công quấn dây.

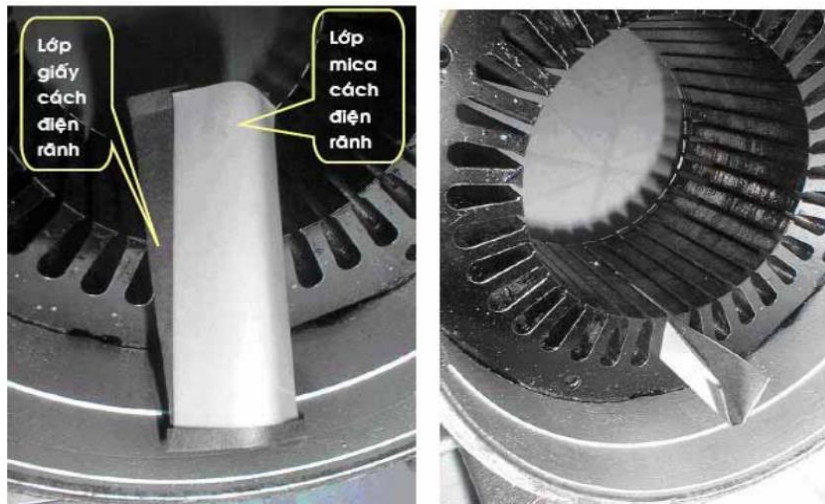
\* Lót cách điện ở rãnh stato động cơ.

+ Yêu cầu giấy cách điện

- Bề dày phù hợp :  $0,3 \div 0,8$  mm

- Giấy cách điện phải có cường độ cách điện cao, chịu nhiệt độ cao, ít hút ẩm thấm nước

+ Cách lót cách điện.



Hình 109

- Phải đảm bảo chiều cao cách điện = h
- Phải đảm bảo chiều dài cách điện

$$l = l_{\text{rãnh}} + l_{\text{ngoài rãnh}}$$

$$l_{\text{ngoài rãnh}} = 10 \div 15 \text{ mm}$$

Giấy cách điện rãnh được gấp mí hai đầu.

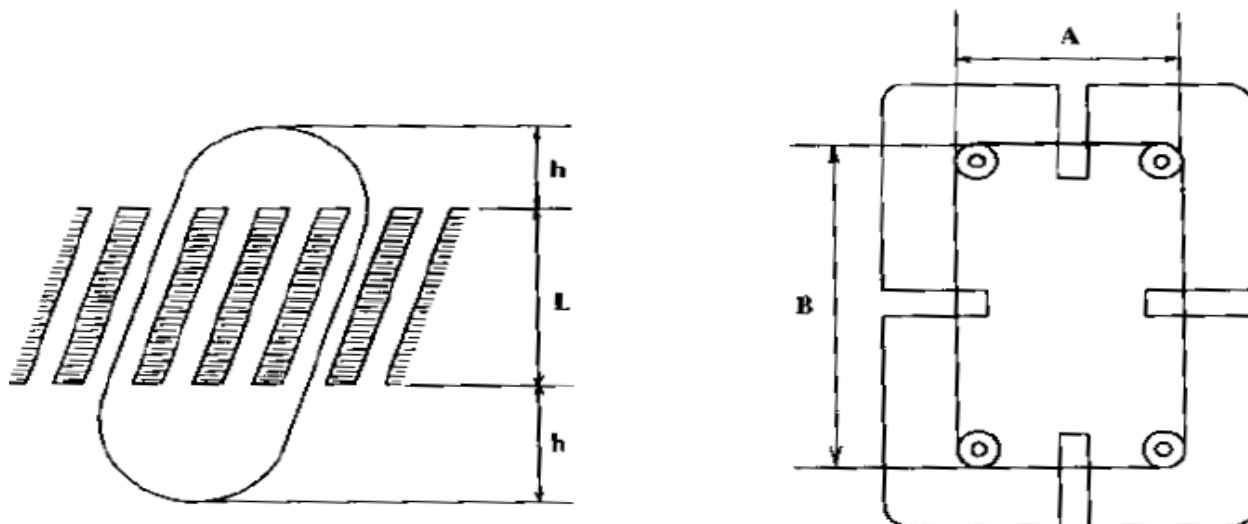
Trong quá trình lót cách điện rãnh dùng thanh tre đẩy cách điện ép sát vách rãnh

\* Quấn các bồi dây

+ Khuôn quấn.

Lấy mẫu khuôn cuộn dây cần phải chú ý đến bề cao chứa đầu cuộn dây ở 2 phía, tránh sự cán cuộn dây dễ gây chạm vỏ và kho lấp ráp sau này.

Cách đo và thực hiện.



Hình 110. Xác định kích thước khuôn quấn dây

Hoặc áp dụng công thức tính:

Chiều dài cạnh không tác dụng của khuôn quấn.  $A = \frac{3,14 \cdot (D - h_r)}{2p} \cdot \frac{y}{\tau}$

Chiều dài cạnh tác dụng của khuôn quấn.  $B = L + 2h$

Chiều dài cạnh khuôn quấn.  $C = 2/3h_r$

Trong đó:

D: đường kính của stato

$h_r$ : chiều cao rãnh

$2p$ : số từ cực

Y: bước quấn dây

$\tau$ : bước từ cực

h: bề cao đầu cuộn dây (10 ÷ 15mm)

+ Trong quá trình quấn (hay đánh) các bồi dây của một pha dây quấn, dùng khuôn quấn dây có dạng nửa hình trụ. Khoảng cách của hai tâm của khuôn dây quấn phải được định sao cho thoả chu vi khuôn theo tính toán bài học trước (hay số liệu bồi dây cũ)

Các nhóm bồi dây của một pha được quấn dính liền nhau, không cắt rời từng nhóm, khoảng cách giữa các nhóm phải được lót gen cách điện.

Khi quấn đủ số vòng dây của một bồi dây chúng ta dùng dây cột

hai cạnh của bó dây rồi mới quấn tiếp bó dây kế tiếp.

Khi bắt đầu quấn một pha dây quấn, chúng ta cắt và luồn gen cách điện vào dây quấn.

Trong quá trình thực hành, để thi công nhanh chúng ta cần đánh số thứ tự nhóm các pha dây quấn theo thứ tự lồng dây. Các số thứ tự của các nhóm

\* Lồng dây vào rãnh stato.

+ Yêu cầu kỹ thuật.

Xem lại sơ đồ khai triển dây quấn.

Đếm lại số bó dây theo sơ đồ.

Hạ cuộn khởi động – cuộn làm việc – cuộn số

Hạ hết số vòng dây có đường kính dây yêu cầu

Lấy ra một bó dây sắp lắp vào rãnh rồi tháo bỏ dây cột.

Vuốt thẳng 2 cạnh tác dụng của bó dây.

Bóp cong phần hai đầu bó dây rồi lồng dây vào rãnh nếu có mối nối ta để về phía để sau cùng nối dây dễ dàng.

Xem chiều dây quấn trong các bó dây rồi chọn rãnh đúng sơ đồ để lắp các cạnh tác dụng.

Bóp dẹp cạnh tác dụng bằng tay theo phương thẳng đứng với rãnh rồi đưa lần lượt từng sợi dây dẫn qua khe rãnh vào gọn trong lớp giấy cách điện đó lót.

Giữ cốc cạnh tác dụng thẳng và song song rồi dùng đũa tre đó chuốt dẹp bằng tay phải trái dọc theo rãnh để đẩy từ từ từng dây dẫn vào rãnh chú ý không nên phủ cạnh tác dụng được the rãnh.

Vuốt lại hai đầu dây của bó dây và cạnh tác dụng còn lại rồi đưa cạnh tác dụng còn lại vào đúng vị trí rãnh cần lắp theo sơ đồ.

Tiếp tục thao tác lắp dây theo các bước trên.

Sửa lại đầu bó dây vừa lắp xong cho gọn và không gây ảnh hưởng đến việc lắp các bó dây còn lại.

Lắp tiếp theo lần lượt các bó dây còn lại theo thứ tự ở sơ đồ khai triển.

Lót giấy cách điện phần đầu nối bó dây ngoài rãnh để phân cách lớp các bó dây hoặc nhóm bó dây.

Sửa lại các nhóm bó dây cho gọn và thẩm mỹ, chú ý không để phần đầu các nhóm bó dây cản đường lắp roto vào và không chạm nắp hay thân động cơ.

Vuốt thẳng các đầu dây ra của nhóm bó dây rồi làm dấu theo thứ tự như sơ đồ trái

+ Yêu cầu mỹ thuật

-Bộ dây phải sáng đẹp

\* Lót cách điện đầu nối đai dây

Trong phần này ta cần thực hiện theo các bước sau:

Quan sát sự phù hợp các số đánh dấu và đầu dây ra so với sơ đồ trái, sơ đồ đầu dây.

Đặt thang đo VOM về vị trí Rx1 rồi chỉnh kim chỉ thị về 0.

Đặt 2 que đo VOM vào từng cặp đầu cuộn dây quấn để kiểm tra sự liên mạch của cuộn làm việc và cuộn khởi động. Nếu giá trị R vào khoảng vài ôm đến vài chục ôm là cuộn dây liên mạch.

Uớm thử các đầu dây nối theo sơ đồ đầu dây để định các vị trí nối dây với dây dẫn ra cho phù hợp.

Cắt các đầu dây ra của mỗi cuộn dây quấn chỉ để chừa các đoạn nối phù hợp bằng kim cắt dây.

Xỏ cốc ống gen vào các dây cần nối.

Cạo lớp êmay cách điện bằng dao con và giấy nhám ở các vị trí đầu nối, rồi nối dây theo sơ đồ nối dây.

Bọc cốc môi nối bằng ống gen.

Cắt bìa lót vai lót cách điện giữa các cuộn dây.

Xếp gọn các đầu nối cho thẩm mỹ rồi đai gọn, chắc chắn bằng sợi cotton.

Hàn các môi nối của các nhóm bó dây.

Khi hàn cần phải thực hiện ở ngoài dây quấn của động cơ, để mở hàn và chì hàn nhỏ giọt xuống khung làm hỏng dây quấn.

Các mối đó hàn được bao phủ bằng gen cách điện

\* Lắp ráp vận hành thử.

Lắp ráp stato và roto

Kiểm tra cuộn dây

Kiểm tra thông mạch các pha kết hợp đo điện trở cuộn làm việc, cuộn khởi động.

Kiểm tra chạm chập các cuộn dây.

- Kiểm tra chạm chập cuộn làm việc với cuộn khởi động.
- Kiểm tra chạm chập cuộn dây với vỏ

Kiểm tra cách đấu dây

- Chạy thử : Đóng điện cho động cơ chạy không tải với  $U = U_{dm}$ , cần theo dõi
  - + Tiếng kêu của động cơ
  - + Tốc độ quay của động cơ



**Tài liệu tham khảo**

- [1]- Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy điện 1*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2009.
- [2]- Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy điện 2*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2009.
- [3]- Bùi Văn Yên, *Sửa chữa và quấn lại máy điện*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2015.
- [4]- Nguyễn Trọng Thắng, Trần Phi Long, *Máy điện-Khí cụ điện*, ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, 2015.
- [5]- Phạm Văn Bình, Lê Văn Doanh, Trần Mai Thu, *Nghề điện dân dụng*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2015.
- [6]- Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh, *Kỹ thuật điện*, NXB Giáo dục, 2007
- [7]- Nguyễn Đức Sĩ, *Công nghệ chế tạo Máy điện và Máy biến áp*, NXB Giáo dục 1995.
- [8]- Châu Ngọc Thạch, *Hướng dẫn sử dụng và sửa chữa Máy biến áp, Động cơ điện, Máy phát điện công suất nhỏ*, NXB Giáo dục 1994.
- [9]- Nguyễn Xuân Phú, Nguyễn Công Hiền, *Tính toán cung cấp và lựa chọn thiết bị, khí cụ điện*, NXB Giáo dục 1998.
- [10]- Nguyễn Trọng Thắng, Nguyễn Thế Kiệt, *Công nghệ chế tạo và tính toán sửa chữa Máy điện - tập 3*, NXB Giáo dục 1993.
- [11]- Minh Trí, *Kỹ thuật quấn dây*, NXB Đà Nẵng 2000.
- [12]- Nguyễn Xuân Phú, Tô Đăng, *Quấn dây sử dụng và Sửa chữa Động cơ điện xoay chiều thông dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 1989.