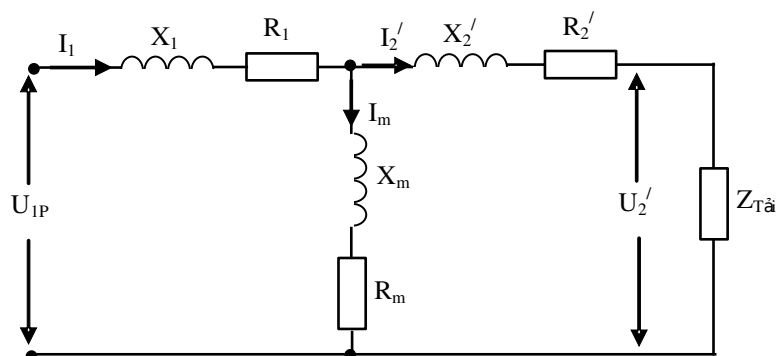
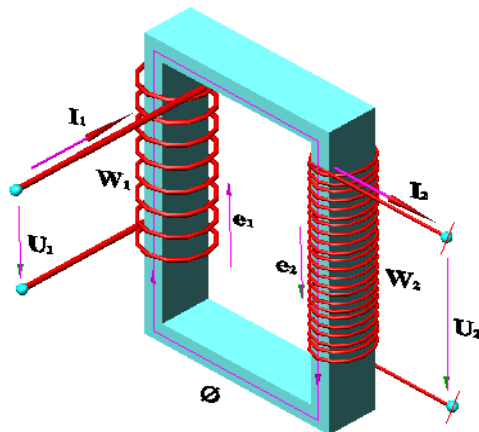


**BỘ LAO ĐỘNG THƯƠNG BINH XÃ HỘI**  
**TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

**GIÁO TRÌNH**  
**Mô đun: MÁY ĐIỆN**  
**NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP**  
**TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP**

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25 tháng 02 năm 2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục Dạy nghề*



**Hình 2.7. SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MBA 1 PHA**

## **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**

**Máy điện** là một trong những mô đun cơ sở được biên soạn dựa trên chương trình khung và chương trình dạy nghề do Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội và Tổng cục Dạy nghề ban hành dành cho hệ Cao Đẳng Nghề và Trung Cấp Nghề Điện tử công nghiệp.

Giáo trình được biên soạn làm tài liệu học tập, giảng dạy nên giáo trình đã được xây dựng ở mức độ đơn giản và dễ hiểu nhất, trong mỗi bài đều có ví dụ và bài tập áp dụng để làm sáng tỏ lý thuyết.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã dựa trên kinh nghiệm giảng dạy, tham khảo đồng nghiệp và tham khảo ở nhiều giáo trình hiện có để phù hợp với nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế.

*Nội dung của mô đun gồm có 5 bài:*

***Bài 1: Khái niệm chung về máy điện***

***Bài 2: Máy biến áp***

***Bài 3: Máy điện không đồng bộ***

***Bài 4: Máy điện đồng bộ***

***Bài 5: Máy điện một chiều***

Giáo trình cũng là tài liệu giảng dạy và tham khảo tốt cho các ngành thuộc lĩnh vực điện dân dụng, điện công nghiệp, điện tử, cơ khí và cán bộ vận hành sửa chữa máy điện.

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian và bổ sung những kiến thức mới cho phù hợp. Trong giáo trình, chúng tôi có đề ra nội dung thực tập của từng bài để người học củng cố và áp dụng kiến thức phù hợp với kỹ năng. Tuy nhiên, tùy theo điều kiện cơ sở vật chất và trang thiết bị, các trường có thể sử dụng cho phù hợp.

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Trường Cao đẳng nghề Lilama 2, Long Thành Đồng Nai

Đông Nai, ngày 15 tháng 06 năm 2013

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: TS Lê Văn  
Hiển

2. Ths. Lại Minh Học

## MỤC LỤC

<b>Tuyên bố bản quyền</b>	<b>1</b>
<b>Lời giới thiệu</b>	<b>2</b>
<b>Mục lục</b>	<b>3</b>
<b>Mô đun Máy điện</b>	<b>6</b>
<b>Bài 1: Khái niệm chung về máy điện</b>	<b>9</b>
1.1. Định nghĩa và phân loại	9
1.1.1 Định nghĩa	9
1.1.2 Phân loại.	9
1.2. Tính thuận nghịch của máy điện	10
1.2.1 Đối với máy điện tĩnh	10
1.2.2 Đối với máy điện quay	11
1.3. Phát nóng và làm mát của máy điện	12
1.3.1 Phát nóng của máy điện	12
1.3.2 Làm mát của máy điện	13
<b>Bài 2: Máy biến áp</b>	<b>15</b>
2.1. Cấu tạo và công dụng của máy biến áp	15
2.1.1 Cấu tạo của máy biến áp	15
2.1.2 Phân loại máy biến áp	17
2.1.3 Công dụng của máy biến áp	17
2.2. Các đại lượng định mức	18
2.2.1 Điện áp định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp	18
2.2.2 Dòng điện định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp	18
2.2.3 Công suất định mức của máy biến áp (P,Q,S)	19
2.3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp	19
2.4. Các chế độ làm việc của máy biến áp	21
2.4.1 Chế độ không tải	22
2.4.2 Chế độ có tải	23
2.4.3 Chế độ ngắn mạch	24
2.5. Tổn hao năng lượng và hiệu suất của máy biến áp	28
2.5.1 Tổn hao năng lượng của máy biến áp	28

2.5.2 Hiệu suất của máy biến áp	28
2.6. Máy biến áp ba pha	30
2.6.1 Khái niệm về máy biến áp ba pha	30
2.6.2 Tổ nối dây của máy biến áp	31
2.7. Đấu song song các máy biến áp	35
2.7.1 Khái niệm về chế độ làm việc của máy biến áp đấu song song	35
2.7.2 Điều kiện đấu song song máy biến áp	36
2.7.3 Sơ đồ đấu song song máy biến áp	36
2.8. Các máy biến áp đặc biệt	36
2.9. Bảo dưỡng và sửa chữa các máy biến áp	38

### **Bài 3: Máy điện không đồng bộ** **47**

3.1. Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ	47
3.2. Cấu tạo động cơ không đồng bộ ba pha	48
3.3. Từ trường của máy điện không đồng bộ	50
3.4. Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.	53
3.5. Mô hình toán của động cơ không đồng bộ	55
3.6. Sơ đồ thay thế động cơ điện không đồng bộ	58
3.7. Biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ không đồng bộ	60
3.8. Momen quay của động cơ không đồng bộ ba pha	62
3.9. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.	63
3.10. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ	67
3.11. Động cơ không đồng bộ một pha	71
3.12. Sử dụng động cơ điện ba pha vào lưới điện một pha	75
3.13. Dây quấn động cơ không đồng bộ ba pha	76
3.14. Dây quấn động cơ không đồng bộ một pha	86
3.15. Bảo dưỡng và sửa chữa động cơ điện xoay chiều	96

### **Bài 4: Máy điện đồng bộ**

**135**

4.1. Định nghĩa và công dụng	135
4.2. Cấu tạo của máy điện đồng bộ	136
4.3. Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ	138
4.4. Phản ứng phần ứng trong máy phát điện đồng bộ	139
4.5. Các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ	145
4.6. Sự làm việc song song của máy phát điện đồng bộ	158
4.7. Động cơ và máy bù đồng bộ	165

**Bài 5: Máy điện một chiều****173**

5.1. Đại cương về máy điện một chiều	173
5.2. Cấu tạo của máy điện một chiều	174
5.3. Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều	177
5.4. Từ trường và sức điện động của máy điện một chiều	178
5.5. Công suất và mômen điện từ của máy điện một chiều	180
5.6. Tia lửa điện trên cổ góp và biện pháp khắc phục	184
5.7. Máy phát điện một chiều	184
5.8. Động cơ điện một chiều	185
5.9. Dây quấn phần ứng máy điện một chiều	188
5.10. Bảo dưỡng và sửa chữa máy điện một chiều	196

**TAI LIỆU THAM KHẢO****204**

## **MÔ ĐUN MÁY ĐIỆN**

### **Mã mô đun: MĐ 09**

#### **Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:**

+ Vị trí của mô đun: Là mô đun cơ sở được bố trí dạy ở học kỳ 2 của năm thứ nhất, bố trí dạy sau môn kỹ thuật điện, vẽ kỹ thuật, vật liệu điện.

+ Tính chất của mô đun: Là mô đun kỹ thuật cơ sở

+ Vai trò của môn học: Trang bị kiến thức cơ bản về điện trường, cảm ứng điện từ, máy điện; là cơ sở để học và nghiên cứu các môn học chuyên môn khác.

#### **Mục tiêu của Mô đun:**

+ Về kiến thức:

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý của các loại máy điện thông dụng như: máy biến áp, động cơ, máy phát điện.

+ Về kỹ năng:

- Vận hành được các loại máy điện thông dụng

- Kiểm tra, bảo dưỡng được các hư hỏng ở phần điện và phần cơ của các loại máy điện.

+ Về thái độ:

- Rèn luyện tính tỷ mỉ, cẩn thận, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp

#### **Nội dung của mô đun:**

Số TT	Tên bài	Thời gian			
		Tsố	LT	BT	KT
MĐ09-01	<b>Bài 1: Khái niệm chung về máy điện</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
	1.1. Định nghĩa và phân loại	0.5	0.5		

	Thời gian:0,5 giờ				
	1.2. Tính thuận nghịch của máy điện	1	1		
	Thời gian: 2 giờ				
	1.3. Phát nóng và làm mát của máy điện Thời gian:1,5 giờ	0,5	0,5		
	Bài tập	2		2	
<b>MĐ09-02</b>	<b>Bài 2: Máy biến áp</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>1</b>
	1. Cấu tạo và công dụng của máy biến áp Thời gian: 1 giờ	1	1	0	
	2. Các đại lượng định mức Thời gian: 2 giờ	0.5	0.5		
	3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp	0.5	0.5	0	
	4. Các chế độ làm việc của máy biến áp	1.5	0.5	1	
	5. Tổn hao năng lượng và hiệu suất của máy biến áp	1	0.5	0.5	
	6. Máy biến áp ba pha	2	1	1	
	7. Đấu song song các máy biến áp	0.5	0.5		
	8. Các máy biến áp đặc biệt	0.5	0.5		
	9. Bảo dưỡng và sửa chữa các máy biến áp	22.5		21.5	1
<b>MĐ09-03</b>	<b>Bài 3: Máy điện không đồng bộ</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>1</b>
	1. Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ	0.5	0.5	0	
	2. Cấu tạo động cơ không đồng bộ ba pha	1	1	0	
	3. Từ trường của máy điện không đồng bộ	0.5	0.5	0	



	4. Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.	1	1	0	
	5. Mô hình toán của động cơ không đồng bộ Thời gian:1 giờ	0.5	0.5		
	6. Sơ đồ thay thế động cơ điện không đồng bộ	0.5	0.5		
	7. Biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ không đồng bộ	1.5	0.5	1	
	8. Momen quay của động cơ không đồng bộ ba pha	0.5	0.5	0	
	9. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.	1	0	1	
	10. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ Thời gian:1 giờ	1	0	1	
	11. Động cơ không đồng bộ một pha	1	0	1	
	12. Sử dụng động cơ điện ba pha vào lưới điện một pha	1	0	1	
	13. Dây quấn động cơ không đồng bộ ba pha Thời gian:0,5 giờ	0.5	0	0.5	
	14. Dây quấn động cơ không đồng bộ một pha Thời gian:0,5 giờ	0.5	0	0.5	
	15. Bảo dưỡng và sửa chữa động cơ điện xoay chiều	9	0	8	1
<b>MĐ09-04</b>	<b>Bài 4: Máy điện đồng bộ</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
	1. Định nghĩa và công dụng Thời gian: 0,5h	0.5	0.5	0	
	2. Cấu tạo của máy điện đồng bộ Thời gian: 2,5h	2.5	2.5	0	
	3. Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ	1.5	0.5	1	
	4. Phản ứng phần ứng trong máy phát điện đồng bộ	2.5	1	1.5	

	5. Các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ	2	1	1	
	6. Sự làm việc song song của máy phát điện đồng bộ	3	1	2	
	7. Động cơ và máy bù đồng bộ Thời gian:3h	3	1.5	1.5	
	Kiểm tra	1	0	0	1
<b>MĐ09-5</b>	<b>Bài 5: Máy điện một chiều</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>
	1. Đại cương về máy điện một chiều	1	1	0	
	2. Cấu tạo của máy điện một chiều	2	2	0	
	3. Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều	3	2.5	0.5	
	4. Từ trường và sức điện động của máy điện một chiều	1	1	0	
	5. Công suất và mômen điện từ của máy điện một chiều	1	0.5	0.5	
	6. Tia lửa điện trên cổ góp và biện pháp khắc phục	1	1	0	
	7. Máy phát điện một chiều	2	1	1	
	8. Động cơ điện một chiều	2	1	1	
	9. Dây quấn phần ứng máy điện một chiều	1	0	1	
	10. Bảo dưỡng và sửa chữa máy điện một chiều	6	0	5	1

**BÀI 1**  
**KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN**  
**Mã bài: MD09-01**

**Giới thiệu:**

Trong công nghiệp và trong cuộc sống hàng ngày chúng ta tiếp xúc và làm việc với nhiều loại máy điện như máy bơm, máy quạt, máy

khoan... để hiểu biết, vận hành và sửa chữa, cải tiến nó ta sẽ nghiên cứu về máy điện, bài này sẽ trình bày các khái niệm chung, ính chất chung và phân loại máy điện.

### **Mục tiêu:**

- Trình bày được sự khác nhau giữa các loại máy điện hiện đang hoạt động theo cấu tạo, theo nguyên tắc hoạt động, theo loại dòng điện....

- Giải thích được quá trình phát nóng và làm mát của máy điện hiện đang hoạt động, theo nguyên tắc về điện.

- Tích cực và sáng tạo trong học tập.

### **Nội dung chính:**

#### **1.1. Định nghĩa và phân loại**

##### **Mục tiêu:**

- Biết được khái niệm về máy điện
- Phân biệt được một số loại máy điện
- Có ý thức tự giác trong học tập

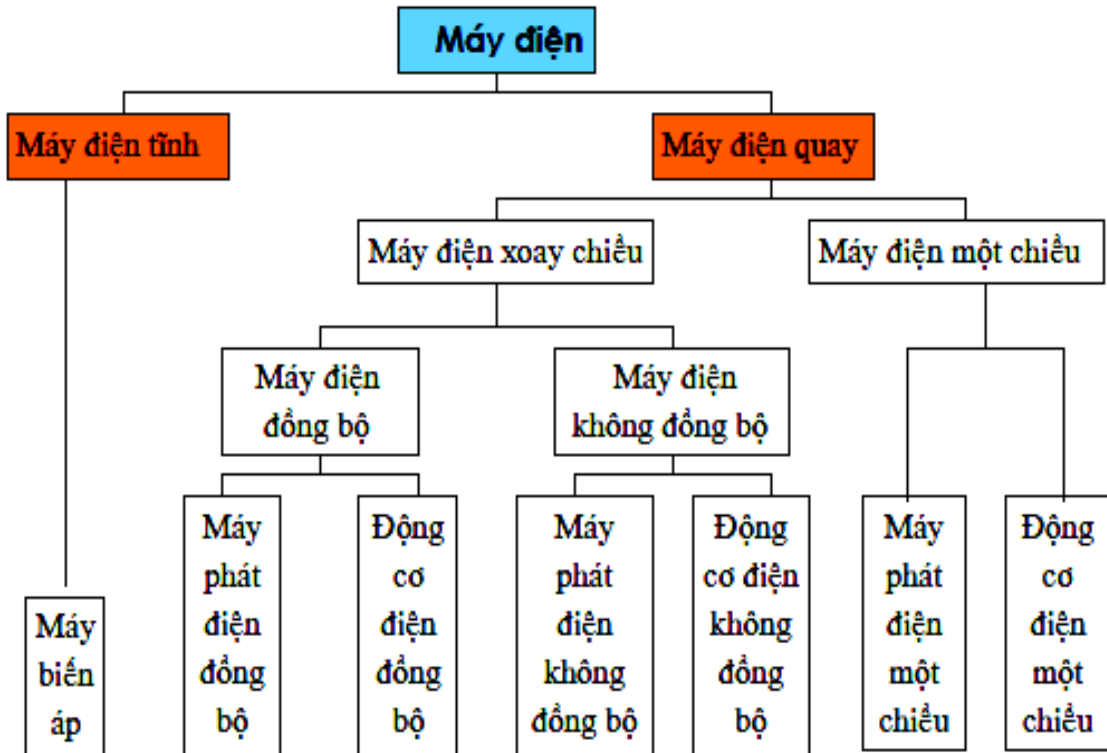
##### **1.1.1 Định nghĩa**

Máy điện là thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ, cấu tạo chính gồm có lõi thép và mạch từ, mạch điện, dùng để biến đổi năng lượng như cơ năng, điện năng, hoặc ngược lại.

##### **1.1.2 Phân loại.**

Máy điện có nhiều loại được phân loại theo nhiều cách khác nhau: phân loại theo công suất, theo cấu tạo, theo chức năng, theo dòng điện, theo nguyên lý làm việc... ở đây ta phân loại theo nguyên lý biến đổi năng lượng.

- a. Máy điện tĩnh. Như máy biến áp thường dùng để biến đổi điện năng.
- b. Máy điện động. Như máy phát điện, động cơ điện



Hình 1.1: Sơ đồ phân loại máy điện thông dụng thông thường

## 1.2. Tính thuận nghịch của máy điện

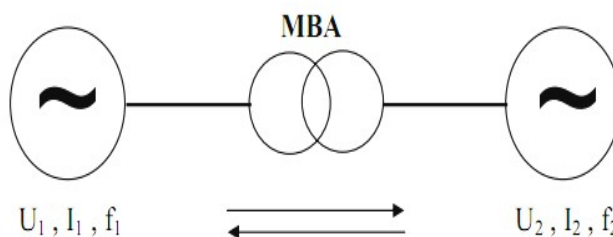
### Mục tiêu:

- Mô tả được tính chất thuận nghịch của máy điện
- Phân biệt được tính chất thuận nghịch của máy điện
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 1.2.1 Đối với máy điện tĩnh

Máy điện tĩnh thường gặp là các loại máy biến áp. Máy điện tĩnh làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ do sự biến thiên từ thông giữa các cuộn dây không có sự 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 chất thuận nghịch. Ví dụ: máy biến áp có thể biến đổi điện năng có các thông số  $U_1, I_1, f_1$  thành điện năng có các thông số  $U_2, I_2, f_2$  và ngược lại.



Hình 1.2. Tính thuận nghịch của máy điện tĩnh

**1.2.2 Đối với máy điện quay**

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 năng lượng.

Ví dụ: Biến điện năng thành cơ năng( động cơ điện)hoặc biến cơ năng thành cơ điện năng( máy phát điện).Trong quá trình biến đổi có tính thuận nghịch nghĩa là máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát hoặc động cơ điện.

**Chế độ máy phát.**

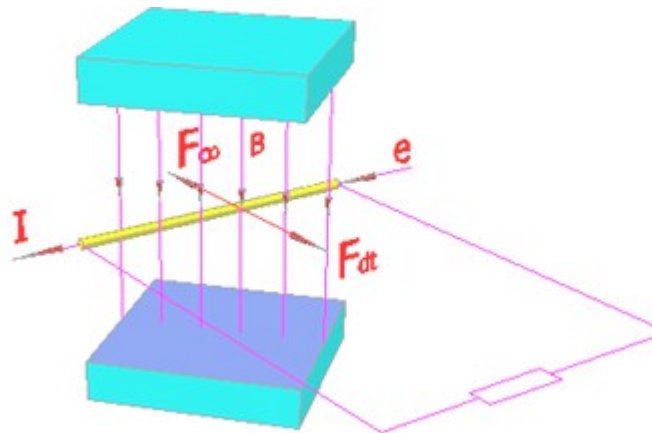
Xét một thanh dẫn đặt trong từ trường như hình vẽ.

Cho thanh dẫn chuyển động cắt qua từ trường thì trong thanh dẫn sẽ cảm ứng ra một sức điện động  $e=B.l.v.\sin\alpha$  (1.1)

Nếu nối hai đầu thanh dẫn với tải R thì trong mạch sẽ có dòng điện I

Nếu bỏ qua điện trở dây dẫn thì  $u=e$  và ta có công suất điện cung cấp cho tải là.

$$P=u.i = e.i \quad (1.2)$$



Hình 1.3: Chế độ máy phát

Do có dòng I nên thanh dẫn chịu tác dụng bởi một lực điện từ.

$$F_{dt}=B.i.l.\sin\alpha \quad (1.3)$$

khi tốc độ thanh dẫn không đổi thì  $P_{dt}=P_{co}$

Ta có:

$$v.P_{dt}=v. P_{co}= B.i.l.v =e.i$$

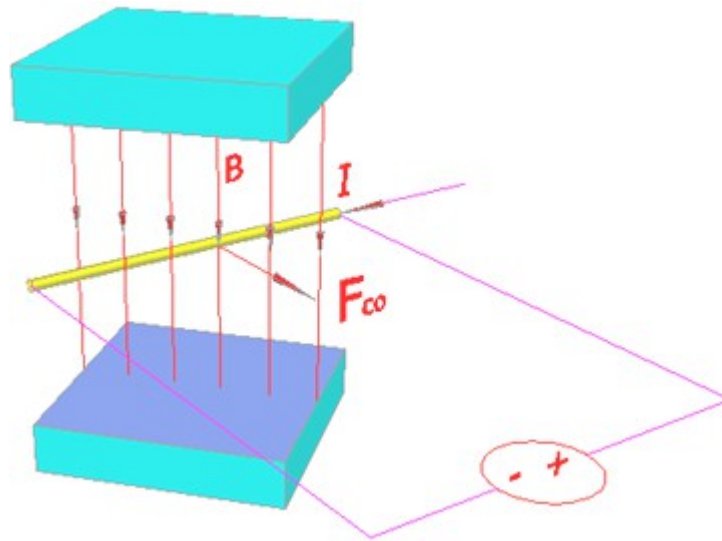
Vậy:  $P_{co}=F_{co}.v$  đã đ ược biến đổi thành công suất điện.

**Chế độ động cơ**

Cung cấp điện cho máy điện, điện áp U của nguồn điện sẽ gây ra dòng i trong thanh dẫn. Dưới tác dụng của từ trường sẽ có lực điện từ  $F_{dt} = Bil$

tác dụng lên thanh dẫn làm thanh dẫn chuyển động với tốc độ  $v$ . Công suất điện đưa vào động cơ

$$P = UI = EI = B.I.l.V = F_{dt}.V \quad (1.4)$$



Hình 1.3: Chế độ động cơ

Như vậy, công suất điện đưa vào động cơ đã biến thành công suất cơ trên trục

$P_c = F_{dt} . v$ . Điện năng đã biến thành cơ năng.

Ta thấy, cùng một thiết bị điện từ, tùy theo dạng năng lượng đưa vào mà máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện. Đây chính là tính chất thuận nghịch của mọi loại máy điện.

### 1.3. Phát nóng và làm mát của máy điện

#### Mục tiêu:

- Phân tích được nguyên nhân làm phát nóng máy điện
- Phân biệt được một số nguyên nhân làm phát nóng máy điện
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

#### 1.3.1 Phát nóng của máy điện

Trong quá trình làm việc có tổn hao công suất. Tổn hao năng lượng 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. Khi đó do tác động của nhiệt độ, chấn động và các tác động lý hoá khác, lớp cách điện sẽ bị lão hoá, nghĩa là mất dần các tính bền về điện và cơ. Thực nghiệm cho thấy khi nhiệt độ tăng quá nhiệt độ cho phép  $8\div 100^{\circ}\text{C}$  thì tuổi thọ của vật liệu cách điện giảm đi một nửa. Ở nhiệt độ

làm việc cho phép, độ tăng nhiệt của các phần tử không vượt quá độ tăng nhiệt cho phép, tuổi thọ trung bình của vật liệu cách điện vào khoảng 10÷15 năm. Khi máy làm việc quá tải, độ tăng nhiệt độ sẽ vượt quá nhiệt độ cho phép. Vì vậy, khi sử dụng máy điện cần tránh để máy quá tải làm nhiệt độ tăng cao trong một thời gian dài.

### **1.3.2 Làm mát của máy điện**

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

### **NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ BÀI 1:**

#### 1. Nội dung:

##### + Về kiến thức:

- Khái niệm về máy điện.
- Phân loại máy điện
- *Tính chất thuận nghịch của máy điện*
- *Nguyên nhân làm phát nóng máy điện*

##### + Về kỹ năng:

- *Giải bài tập cơ bản về tính chất thuận nghịch của máy điện*

##### + Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

#### 2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập
- Thái độ: Đánh giá phong cách học tập

## BÀI TẬP

**Bài tập 1.1:** Một thanh dẫn dài 0.32m có điện trở 0.25  $\Omega$  đặt vuông góc với từ trường đều có từ cảm  $B = 1.3T$ . Xác định điện áp rơi trên thanh dẫn khi lực tác dụng lên nó là 120N. Tính lại điện áp này nếu thanh dẫn nghiêng một góc  $\alpha = 25^\circ$ .

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức:  $F_{dt} = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\alpha$ ,  $P_{dt} = P_{cơ}$ ,  $e = B \cdot v \cdot l \cdot \sin\alpha$

ĐS: 72.11V, 79.57V

**Bài tập 1.2.** Xác định vận tốc của một thanh dẫn dài  $l = 0.54m$  biết rằng khi nó chuyển động trong từ trường  $B = 0,86 T$  thì suất cảm ứng trong nó là  $e = 30,6V$

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức:  $e = B \cdot v \cdot l \cdot \sin\alpha$

ĐS: 65,89m/s

**Bài tập 1.3.** Một thanh dẫn dài  $l = 1.2 m$  chuyển động cắt vuông góc các đường sức từ của một từ trường đều  $B = 0.18T$  với vận tốc 5.2m/s. Tính suất cảm ứng trong thanh dẫn.

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức:  $e = B \cdot v \cdot l \cdot \sin\alpha$

ĐS: 1,12v



## BÀI 2

### MÁY BIẾN ÁP

Mã bài: MĐ09-02

#### **Giới thiệu.**

Điện năng được sản xuất tại các nhà máy điện, trong thực tế các nhà máy tiêu thụ và hộ tiêu thụ điện lại ở các vùng miền khác nhau không thuận tiện gần nhà máy điện, hơn nữa nếu truyền tải điện trực tiếp từ máy phát điện tới người dân sẽ gây tổn thất lớn và thậm trí sụp đổ điện áp... để thuận tiện trong việc phát và tải điện đi xa phù hợp với nhu cầu sử dụng và vận hành các thiết bị điện, bài này sẽ nghiên cứu để hiểu rõ về thiết bị điện trung gian đó, máy biến áp, ngoài ra bài này cũng mở rộng để thấy rõ hơn về các máy biến điện khác như máy biến dòng, máy biến áp đặc biệt...

#### **Mục tiêu:**

- Xác định được cực tính của các cuộn dây máy biến áp theo định luật về điện.
- Đo xác định chính xác các thông số của máy biến áp ở các trạng thái: không tải, có tải, ngắn mạch theo tiêu chuẩn về điện.
- Bảo dưỡng và sửa chữa được máy biến áp theo nội dung bài đã học.
- Chọn lựa máy biến áp phù hợp với mục đích sử dụng, theo tiêu chuẩn về điện.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong học tập

#### **Nội dung chính:**

### **2.1. Cấu tạo và công dụng của máy biến áp**

#### **Mục tiêu:**

- Mô tả được cấu tạo của máy biến áp
- Phân biệt được một số loại máy biến áp
- Biết được công dụng của nó
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 2.1.1. Cấu tạo

Máy biến áp bao gồm ba phần chính:

Lõi thép của máy biến áp (Transformer Core)

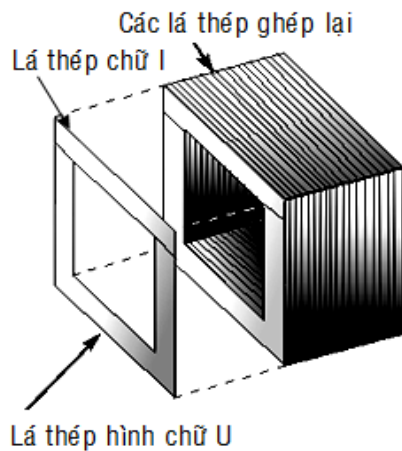
Cuộn dây quấn sơ cấp (Primary Winding)

Cuộn dây quấn thứ cấp (Secondary Winding)

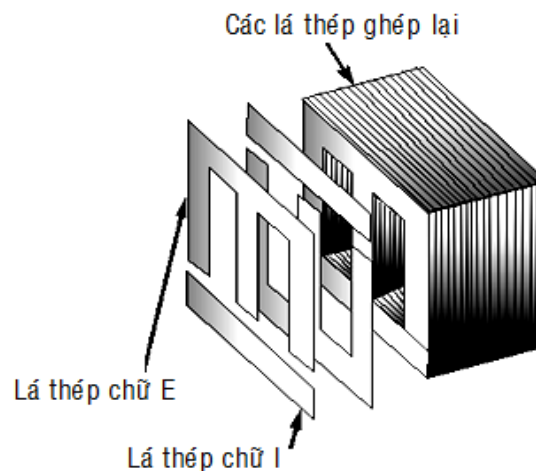
**Lõi thép:** Được tạo thành bởi các lá thép mỏng ghép lại, về hình dáng có hai loại: loại trụ (core type) và loại bọc (shell type)

o Loại trụ: được tạo bởi các lá thép hình chữ U và chữ I. Một lượng lớn từ trường sinh ra bởi cuộn dây sơ cấp không cắt cuộn dây thứ cấp, hay máy biến áp có một từ thông rò lớn. Để cho từ thông rò ít nhất, các cuộn dây được chia ra với một nửa của mỗi cuộn đặt trên một trụ của lõi thép.

o Loại bọc: được tạo bởi các lá thép hình chữ E và chữ I. Lõi thép loại này bao bọc các cuộn dây quấn, hình thành một mạch từ có hiệu suất rất cao, được sử dụng rộng rãi.



Hình 2.1: Lõi thép hình chữ U



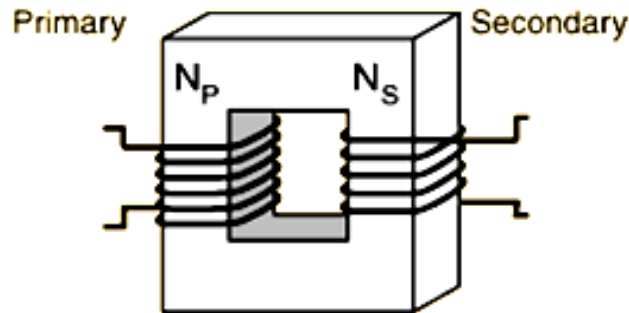
Hình 2.2: Lõi thép hình chữ E

Phần lõi thép có quấn dây gọi là trụ từ, phần lõi thép nối các trụ từ thành mạch kín gọi là gông từ.

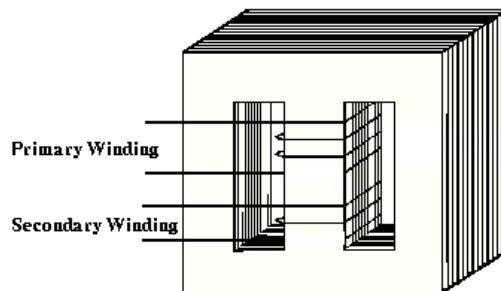
**Dây quấn máy biến áp:** Được chế tạo bằng dây đồng hoặc nhôm, có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật. Đối với dây quấn có dòng điện lớn, sử dụng các sợi dây dẫn được mắc song song để giảm tổn thất do dòng điện xoáy trong dây dẫn. Bên ngoài dây quấn được bọc cách điện.

**Dây quấn sơ cấp** (Primary Winding)

**Dây quấn thứ cấp** (Second Winding)



Hình 2.3. Hình dạng máy biến áp một pha loại trụ



Hình 2.4. Hình dạng máy biến áp một pha loại bọc

Dây quấn được tạo thành các bánh dây ( gồm nhiều lớp ) đặt vào trong trụ của lõi thép. Giữa các lớp dây quấn, giữa các dây quấn và giữa mỗi dây quấn và lõi thép phải cách điện tốt với nhau. Phần dây quấn nối với nguồn điện được gọi là dây quấn sơ cấp, phần dây quấn nối với tải được gọi là dây quấn thứ cấp.

### Các phần phụ khác

Ngoài 2 bộ phận chính kể trên, để MBA vận hành an toàn, hiệu quả, có độ tin cậy cao ... MBA còn phải có các phần phụ khác như: Vỏ hộp, thùng dầu, đầu vào, đầu ra, bộ phận điều chỉnh, khí cụ điện đo lường, bảo vệ ...

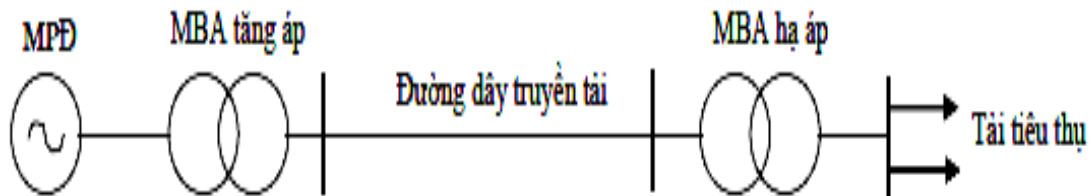
#### **2.1.2 Phân loại máy biến áp**

Theo công dụng máy biến áp có thể gồm các loại sau đây:

- *Máy biến áp điện lực*: Dùng để truyền tải và phân phối điện.
  - *Máy biến áp chuyên dùng*: Dùng cho các lò luyện kim, máy biến áp hàn, các thiết bị chỉnh lưu,...
  - *Máy biến áp tự ngẫu*: Có thể thay đổi điện áp nên dùng để mở máy các động cơ điện xoay chiều.
  - *Máy biến áp đo lường*: Dùng để giảm các điện áp và dòng điện lớn để đưa vào các đồng hồ đo.
  - *Máy biến áp thí nghiệm*: Dùng trong các phòng thí nghiệm điện - điện tử.
- Có rất nhiều dạng máy biến áp nhưng tất cả nguyên lý đều giống nhau. Trong bài giảng chúng ta chỉ tập trung xem xét máy biến áp một hoặc ba

pha. Còn các máy biến áp khác ta chỉ nghiên cứu sơ qua trong phần cuối chương, các bạn tự tham khảo thêm.

### 2.1.3 Công dụng của máy biến áp



Hình 2.5. **Hệ thống truyền tải và phân phối điện**

Trong hệ thống điện, máy biến áp dùng để truyền tải và phân phối điện năng. Các nhà máy điện lớn thường ở xa các trung tâm tiêu thụ điện vì vậy phải xây dựng các đường dây truyền tải điện năng. Thông thường điện áp đầu cực máy phát tối đa khoảng vài chục kV, để truyền tải được công suất lớn và giảm tổn hao công suất trên đường dây bằng cách nâng cao điện áp. Vì vậy ở đầu đường dây đặt máy biến áp tăng áp và vì phụ tải chỉ có điện áp từ 0,4-6kV nên cuối đường dây đặt máy biến áp giảm áp.

## 2.2. Các đại lượng định mức

**Mục tiêu:**

- Biết được một số đại lượng định mức của máy biến áp
- Phân biệt được một số loại đại lượng định mức của máy biến áp
- Biết được công dụng của nó
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

Các đại lượng định mức của máy biến áp qui định điều kiện kỹ thuật của máy. Các đại lượng này do nhà máy chế tạo qui định và thường ghi trên nhãn máy biến áp

### 2.2.1 Điện áp định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp

**Điện áp sơ cấp định mức  $U_{1dm}$  (V, kV):** Là điện áp qui định cho dây quấn sơ cấp.

**Điện áp thứ cấp định mức  $U_{2dm}$  (V, kV):** Là điện áp của dây quấn thứ cấp khi máy biến áp không tải và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp bằng định mức.

Chú ý với máy biến áp một pha điện áp định mức là điện áp pha, còn máy biến áp ba pha điện áp là điện áp dây.

### 2.2.2 Dòng điện định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp

*Dòng điện định mức(A)*: Là dòng điện qui định cho mỗi cuộn dây máy biến áp ứng với công suất định mức và điện áp định mức

Với máy biến áp một pha:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}}; I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}};$$

Với máy biến áp ba pha:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}}; I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}}; \quad (2.1)$$

**Hiệu suất MBA:**

$$= \frac{S_2}{S_1} = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} = (75 - >90)\% \quad (2.2)$$

$$\text{Nếu } \eta = 1 \quad S_1 = S_2 \quad U_{2dm} \cdot I_{2dm} = U_{1dm} \cdot I_{1dm}$$

Ngoài ra trên máy biến áp còn ghi các thông số khác như: Tần số định mức f<sub>dm</sub>, số pha m, sơ đồ và tổ nối dây quấn, điện áp ngắn mạch U<sub>n</sub>%, chế độ làm việc, phương pháp làm mát,...

### 2.2.3 Công suất định mức của máy biến áp (S)

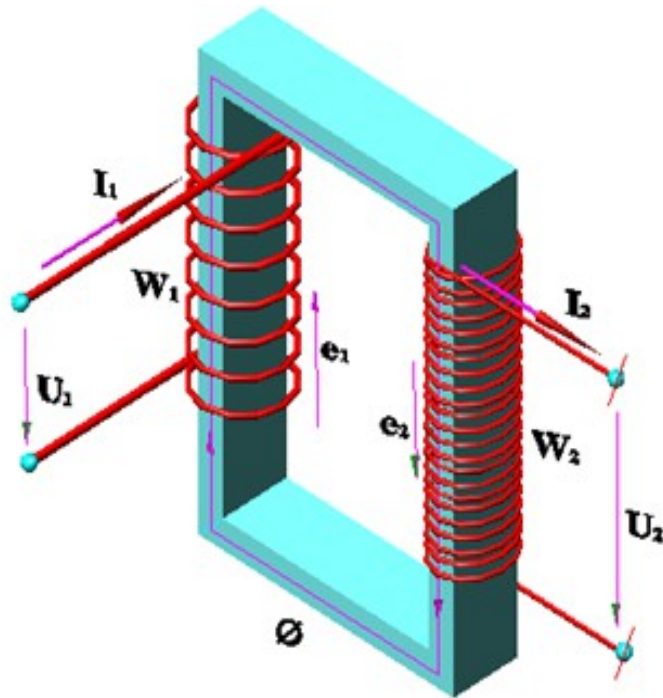
*Công suất định mức S<sub>dm</sub> (VA, kVA)*: Là công suất biểu kiến đưa ra ở dây quấn thứ cấp của máy biến áp.

## 2.3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp

**Mục tiêu:**

- Mô tả được nguyên lý làm việc của máy biến áp
- Thành lập được công thức tính tỉ số biến áp
- Áp dụng vào thực tế

- Có ý thức tự giác trong học tập



Hình 2.6. sơ đồ nguyên lý máy biến áp một pha

- $I_1$ : Dòng điện sơ cấp.
- $I_2$ : Dòng điện thứ cấp.
- $U_1$ : Điện áp sơ cấp.
- $U_2$ : Điện áp thứ cấp.
- $W_1=N_1$ : Số vòng dây cuộn sơ cấp.
- $W_2=N_2$ : Số vòng dây cuộn thứ cấp.
- $\Phi$ : Từ thông cực đại sinh ra trong mạch từ.

Như hình vẽ nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha có hai dây quấn  $W_1, W_2$ .

Khi ta nối dây quấn sơ cấp  $w_1$  vào nguồn điện xoay chiều 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 biến thiên chạy trong lõi thép, từ thông này móc vòng đồng thời với với cả 2 cuộn dây sơ cấp và thứ cấp, và được gọi là từ thông chính.

Theo định luật cảm ứng điện từ sự biến thiên của từ thông làm cảm

ứng vào dây quấn sơ cấp sức điện động cảm ứng là:  $e_2 = w_2 \frac{d\Phi}{dt}$   
(2.3)

Cảm ứng vào dây quấn thứ cấp sức điện động cảm ứng là:  $e_1 = w_1 \frac{d\Phi}{dt}$   
(2.4)

Trong đó  $w_1$  và  $w_2$  là số vòng dây của cuộn dây sơ cấp, thứ cấp.

Khi máy biến áp không tải dây quấn thứ cấp hở mạch, dòng điện  $i_2 = 0$ , từ thông chính chỉ do cuộn dây  $w_1$  sinh ra có trị số đúng bằng dòng từ hóa.

Khi máy biến áp có tải, dây quấn thứ cấp nối với tải  $Z_t$  dưới tác dụng của sức điện động cảm ứng  $e_2$ , dòng điện thứ cấp  $i_2$  cung cấp điện cho tải, khi đó từ thông chính trong lõi thép do đồng thời cả hai cuộn dây sinh ra.

Điện áp  $U_1$  biến thiên dạng sin nên từ thông chính cũng biến thiên cos.

$$e_1 = -W_1 \cdot \frac{d(\Phi_m \cos \omega t)}{dt} = \omega \cdot W_1 \cdot \Phi_m \sin \omega t = E_{m1} \sin \omega t \quad (2.5)$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \frac{d(\Phi_m \cos \omega t)}{dt} = \omega \cdot W_2 \cdot \Phi_m \sin \omega t = E_{m2} \sin \omega t \quad (2.6)$$

Trong đó:

$$E_1 = 4,44fW_1\Phi_m \quad (2.7)$$

$$E_2 = 4,44fW_2\Phi_m \quad (2.8)$$

$E_1, E_2$  là trị số sức điện động cảm ứng sơ cấp và thứ cấp

Sức điện động cảm ứng sơ cấp và thứ cấp có cùng tần số, nhưng trị 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 ngoài không khí có thể coi gần đúng  $U_1 = E_1, U_2 = E_2$  ta có:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (2.10)$$

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

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

Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, số thể coi gần đúng các quan hệ các đại lượng sơ cấp và thứ cấp như sau:  $U_2 I_2 = U_1 I_1$

**Ví dụ 2.1:** Cuộn dây của máy biến áp nối vào mạng điện 10000v, điện áp ở đầu cực thứ cấp là 100v, tính tỷ số biến áp, số vòng của cuộn thứ cấp, nếu số vòng cuộn sơ cấp là 21000.

**Giải.**

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10000}{100} = 100$$

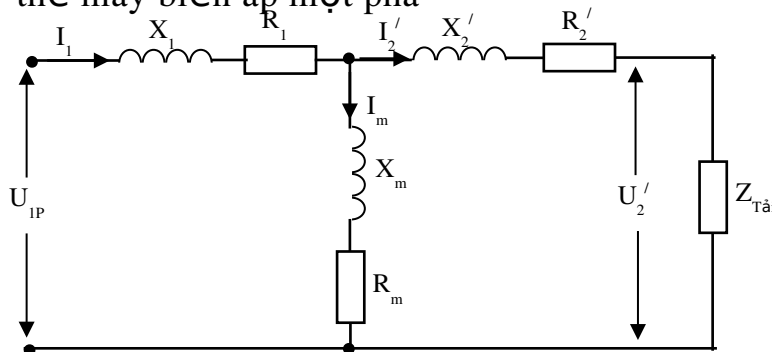
$$K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1}{K} = \frac{21000}{100} = 210 \text{ vòng}$$

## 2.4. Các chế độ làm việc của máy biến áp

### Mục tiêu:

- Mô tả được 3 chế độ làm việc của máy biến áp
- Phân biệt được các chế độ làm việc của máy biến áp
- Biết được công dụng của nó
- Tính toán được các thông số của từng chế độ
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

Sơ đồ thay thế máy biến áp một pha



Hình 2.7. SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MBA 1 PHA

- $X_1; R_1$ : Điện kháng và điện trở của cuộn sơ cấp.
- $X_2'; R_2'$ : Điện kháng và điện trở của cuộn thứ cấp đã qui đổi về sơ cấp.
- $X_m; R_m$ : Điện kháng và điện trở của mạch từ.
- $I_1$ : Dòng điện trong mạch sơ cấp.
- $I_m$ : Dòng điện trong mạch từ.
- $I_2'$ : Dòng điện thứ cấp qui đổi.
- $U_1$ : Điện áp đưa vào mạch sơ cấp.
- $U_2'$ : Điện áp thứ cấp qui đổi.
- ❖ **Qui ước:** Sơ đồ tương đương của MBA là 1 mạng 2 cửa với  $U_1$  và  $U_2$ , nên sẽ gặp khó khăn trong vấn đề tính toán các thông số của máy. Để đơn giản hóa vấn đề trên, khi thành lập sơ đồ thay thế, người ta có những qui ước sau:

- Xem như điện áp ra và điện áp vào của máy là bằng nhau:

$$U_2' = U_1 \text{ và } I_2' = I_1, \text{ ta có:}$$

$$U_1 = U_2 \cdot K_{BA} \text{ và } I_1 = \frac{I_2}{K_{BA}}; \quad (2.11)$$

$$\text{Suy ra: } U_2' = U_2 \cdot K_{BA} \text{ và}$$

$$I_2' = \quad (2.12)$$

} Quy đổi



➤ Từ đó ta có các hệ quả:  $Z_2' = Z_2 \cdot K_{BA}^2$ . Hay là:

$$\left. \begin{aligned} R_2' &= R_2 \cdot K_{BA}^2 \text{ và} \\ X_2' &= X_2 \cdot K_{BA}^2 \end{aligned} \right\} \text{ Quy đổi} \quad (2.13)$$

**Với:**  $R_2$ ;  $X_2$  lần lượt là *điện trở* và *điện kháng thật* của cuộn thứ cấp.

➤ Theo lý thuyết mạch điện ta cũng có các biểu thức:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \\ Z_m &= \\ Z_2' &= \end{aligned} \right\} \text{ Quy đổi} \quad (2.14)$$

### 2.4.1 Chế độ không tải

Là trạng thái mà điện áp đưa vào sơ cấp là điện mức và phía thứ cấp hở mạch. Có thể khái quát trạng thái như sau:  $U_1 = U_{1dm}$ ;  $I_2 = 0$

Do không nối với tải (hở mạch phía thứ cấp) nên cuộn thứ cấp không tham gia trong mạch. Mặt khác, tổng trở mạch từ rất lớn hơn tổng trở cuộn dây sơ cấp nên có thể xem như cuộn sơ cấp cũng không tồn tại, ta có các sơ đồ tương đương

➤ Dòng điện không tải (dòng điện từ hóa):

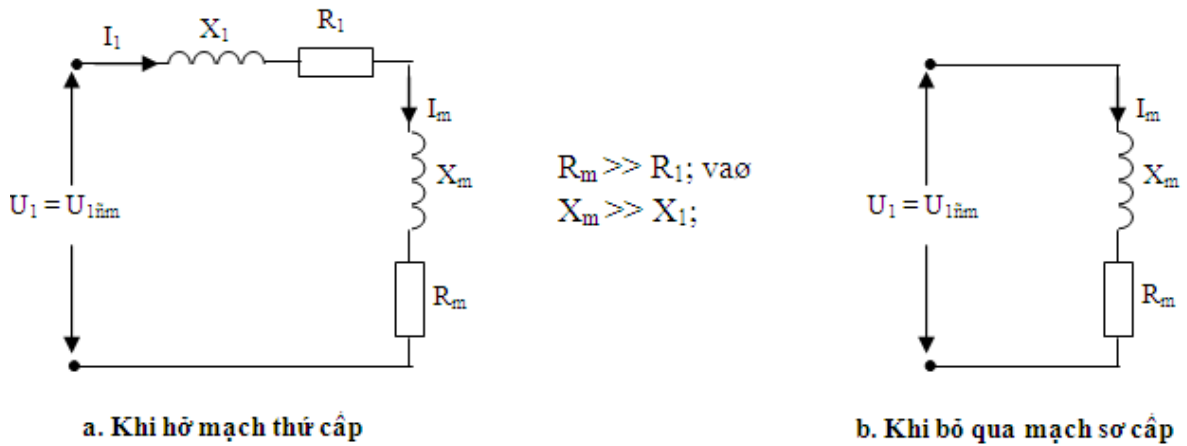
$$I_0 = I_m = \frac{U_{1dm}}{Z_m} = (3-10)\% \cdot I_{1dm} \quad (2.15)$$

➤ Tổn hao không tải (tổn hao từ hóa):  $P_0 = I_0^2 \cdot R_m = U_{1dm} \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0$ .  
(với:  $\cos \varphi_0 = \frac{R_0}{Z_0} = \frac{R_m}{Z_m}$ ).

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.

$$\cos \varphi_0 = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + X_0^2}} = \frac{P_0}{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}} \approx 0,1 - 0,3 \quad (2.16)$$

Từ những đặc điểm trên khi sử dụng không nên để máy ở tình trạng không tải hoặc non tải.



Hình 2.8. Sơ đồ MBA không tải

❖ **Kết luận:** Khi MBA không tải vẫn tiêu thụ một lượng công suất tác dụng để từ hóa mạch từ và tổn tại dòng điện không tải trong cuộn sơ cấp. Tổn hao không tải thường gọi là tổn hao sắt từ:

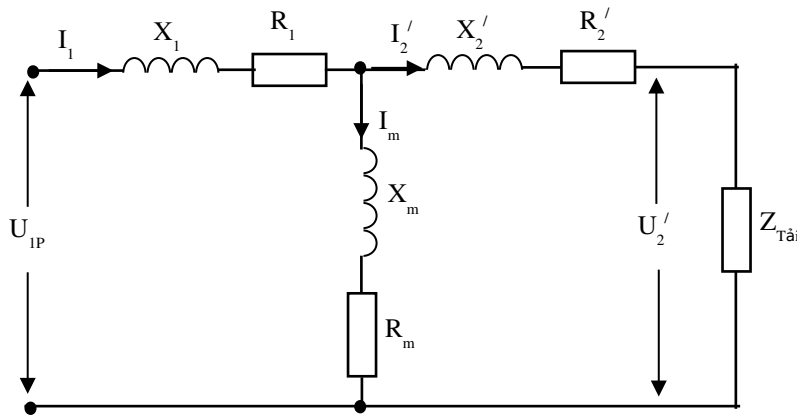
$$P_0 = P_0 = P_{Fe} ; \Delta P_{st} = p_{1,0/50} B^2 (f/50)^{1,3} G \quad (2.17)$$

Trong đó :  $P_{1,0/50}$  là công suất tổn hao trong lá thép khi tần số 50Hz và từ cảm 1 T. Đối với lá thép kỹ thuật điện 3413 dày 1,35 mm,  $P_{1,0/50} = 0,6 \text{ W/kg}$ .

$B$  từ cảm trong thép (T)

$G$  khối lượng trong thép (kg)

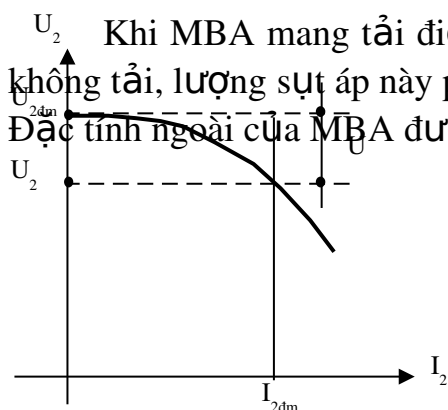
### 2.4.2 Chế độ có tải



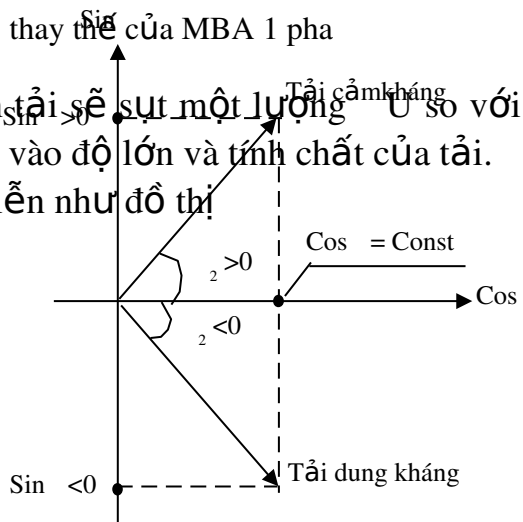
Hình 2.9. Sơ đồ thay thế của MBA 1 pha

Khi MBA mang tải điện áp trên tải sẽ sụt một lượng  $U$  so với lúc không tải, lượng sụt áp này phụ thuộc vào độ lớn và tính chất của tải.

Đặc tính ngoài của MBA được biểu diễn như đồ thị



Hình 2.10. Đặc tính ngoài của MBA



Hình 2.11. Tính chất tải của MBA

Từ đồ thị ta được:  $U_2 = U_{2dm} - U$  (2.18)

$U = (U_{nR} \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX} \cdot \sin \varphi_2)$	(2.19)
$U\% = (U_{nR}\% \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\% \cdot \sin \varphi_2)$	

**Với:**

$$= \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{S_2}{S_{2dm}} \quad (2.20)$$

Là hệ số phụ tải, đặc trưng cho độ lớn của phụ tải.

$\cos \varphi_2$ : Hệ số công suất của phụ tải.

$\varphi_2$ : Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trên tải, đặc trưng cho tính chất phụ tải.

❖ Độ lớn phụ tải được thể hiện qua hệ số như sau:

➤ Máy biến áp non tải:  $I_2 <$

$I_{2dm} < 1$        $U$  giảm;  $U_2$  tăng.

➤ Máy biến áp đầy tải:  $I_2 =$

$I_{2dm} = 1$        $U = U_{dm}$ ;  $U_2 = \text{const.}$

➤ Máy biến áp quá tải:  $I_2 >$

$I_{2dm} > 1$        $U$  tăng;  $U_2$  giảm.

❖ Tính chất phụ tải được thể hiện qua góc lệch pha  $\varphi_2$ .

➤ Khi tải có tính cảm

kháng:  $\sin \varphi_2 > 0$        $U > 0$        $U_2 < U_{2dm}$ .

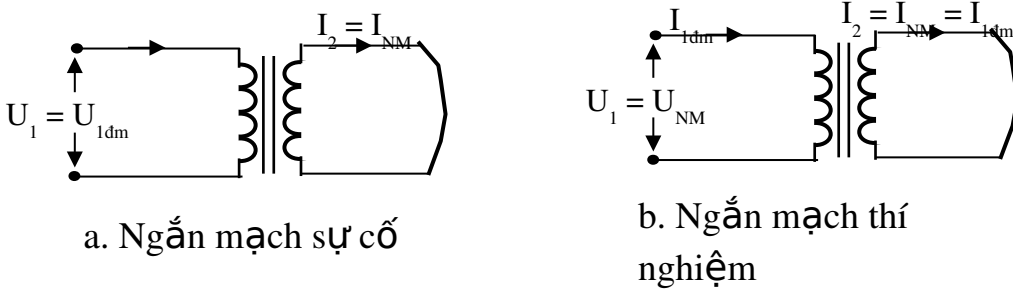
➤ Khi tải có tính dung kháng:  $\text{Sin} < 0$      $U < 0$      $U_2 > U_{2dm}$ .

### 2.4.3 Chế độ ngắn mạch

#### ❖ Khái niệm về hiện tượng:

MBA đang vận hành với các thông số định mức mà phía thứ cấp bị ngắn mạch thì gọi là *ngắn mạch sự cố* hay *ngắn mạch vận hành*. Trường hợp này sẽ gây nguy hiểm cho máy bởi dòng điện ngắn mạch sinh ra cực lớn. Thông thường, người ta sử dụng các thiết bị tự động (CB, FCO, máy cắt) để cắt MBA ra khỏi mạch khi gặp sự cố nói trên.

Ngoài ngắn mạch sự cố, khi chế tạo và vận hành MBA; Người ta tiến hành ngắn mạch thí nghiệm để kiểm nghiệm và xác định các thông số của máy.



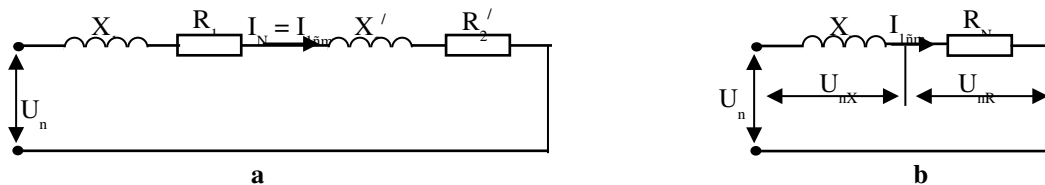
Hình 2.12. Trạng thái ngắn mạch MBA

#### ❖ Thí nghiệm ngắn mạch:

Là trạng thái mà phía thứ cấp được nối ngắn mạch và điện áp đưa vào sơ cấp được giới hạn sao cho dòng điện ngắn mạch sinh ra bằng dòng điện sơ cấp định mức. Trạng thái được khái quát:

$$U_2 = 0; U_1 = U_n = (3 - 10)\% U_{1dm}; \quad I_2 = I_N = I_{1dm} \quad (2.21)$$

Khi tiến hành thí nghiệm ngắn mạch, do điện áp nguồn rất thấp nên dòng điện không tải  $I_0$  không đáng kể có thể bỏ qua (hở mạch từ hóa), nên sơ đồ thay thế có dạng như hình vẽ:



Hình 2.13. Sơ đồ thay thế của MBA ngắn

Đặt:  $R_n = R_1 + R_2'$ ;     $X_n = X_1' + X_2'$  (2.22)

➤ Tổng trở ngắn mạch:  $Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \frac{U_n}{I_{1dm}}$ . (2.23)

➤ Tổn hao ngắn mạch:

➤  $P_n = I_{1dm}^2 \cdot R_n = U_n \cdot I_{1dm} \cdot \cos \varphi_n$  (với:  $\cos \varphi_0 = \frac{R_n}{Z_n}$ ). (2.24)

➤ Nếu  $R_1 = R_2'$ ;  $X_1 = X_2'$  thì:

➤  $R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2}$  (2.25)

➤  $X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2}$  (2.26)

➤ Sụt áp trên các phần tử:

➤  $U_{nR} = I_{1dm} \cdot R_n$ . (2.27)

$U_{nR}\% = \frac{U_{nR}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm}}{U_{1dm}} R_n \cdot 100$ . (2.28)

➤  $U_{nX} = I_{1dm} \cdot X_n$ . (2.29)

$U_{nX}\% = \frac{U_{nX}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm}}{U_{1dm}} X_n \cdot 100$ . (2.30)

❖ Kết luận: Tổn hao ngắn mạch trong MBA chủ yếu là do 2 bộ dây quấn gây nên. Tổn hao này còn gọi là tổn hao đồng:

$P_n = P_{Cu} = P_{Cu1} + P_{Cu2}$  (2.31)

**Ví dụ 2.2 :** Một MBA 1 pha có  $S_{BA} = 100\text{KVA}$ ;  $K_{BA} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10.000}{400}$ ;  $I_0 =$

$0,05I_{dm}$ . Các tổn hao  $P_0 = 800\text{W}$ ;  $P_n = 2400\text{W}$ ; Điện áp ngắn mạch thí nghiệm  $U_n\% = 4$ . Giả sử  $R_1 = R_2'$ ;  $X_1 = X_2'$ ;  $R_0 = R_m$ ;  $X_0 = X_m$ . Hãy tính.

- Các tham số lúc không tải của máy.
- Hệ số công suất lúc không tải.
- Các tham số ngắn mạch của máy.
- Vẽ sơ đồ thay thế của máy.

**Giải:**

Dòng điện sơ cấp định mức:  $I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 10\text{A}$ .

Dòng điện không tải:  $I_0 = 0,05I_{dm} = 0,05 \cdot 10 = 0,5\text{A}$ .

Các tham số không tải:

Từ biểu thức  $P_0 = I_{0dm} \cdot R_m$ .

➤ Điện trở mạch từ:  $R_m = \frac{P_0}{I_0^2} = \frac{800}{0,6^2} = \mathbf{3200}$  .

Tổng trở mạch từ được tính:  $Z_m = \frac{U_{1dm}}{I_0} = \frac{10000}{0,5} = \mathbf{20.000}$  .

➤ Điện kháng mạch từ:  $X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2} = \sqrt{20.000^2 - 3200^2} = \mathbf{19.742}$  .

b. Hệ số công suất lúc không tải:  $\cos \varphi_0 = \frac{R_m}{Z_m} = \frac{3200}{20.000} = \mathbf{0,16}$ .

c. Các tham số ngắn mạch:

Điện áp ngắn mạch thí nghiệm được tính:  $U_n = 0,04 \cdot 10000 = \mathbf{400V}$ .

➤ Điện trở ngắn mạch:  $R_n = \frac{P_n}{I_{1dm}^2} = \frac{2400}{10^2} = \mathbf{24}$  .

➤ Điện trở các cuộn dây:  $R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} = \frac{24}{2} = \mathbf{12}$  .

Tổng trở ngắn mạch:  $Z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}} = \frac{400}{10} = \mathbf{40}$  .

➤ Điện kháng ngắn mạch:  $X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} = \sqrt{40^2 - 24^2} = \mathbf{32}$  .

➤ Điện kháng các cuộn dây:  $X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} = \frac{32}{2} = \mathbf{16}$  .

Điện áp trên các phần tử:

➤ Sụt áp trên điện trở:

$$U_{nR} = I_{1dm} \cdot R_n = 10 \cdot 24 = \mathbf{240V}.$$

➤ Tính theo tỉ lệ phần trăm:

$$U_{nR}\% = \frac{U_{nR}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{240}{10.000} \cdot 100 = \mathbf{2,4\%}.$$

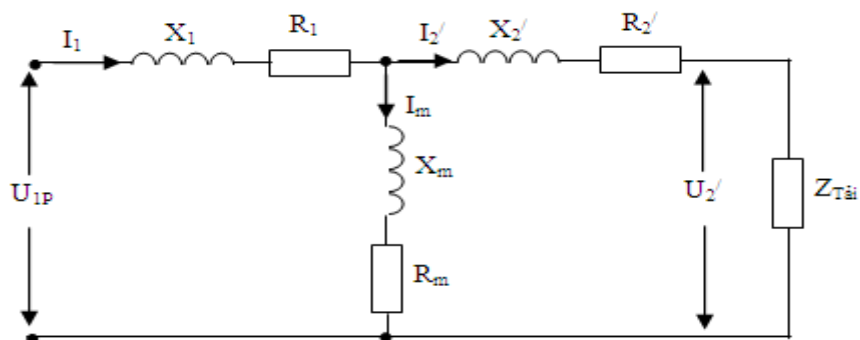
➤ Sụt áp trên điện kháng:

$$U_{nX} = I_{1dm} \cdot X_n = 10 \cdot 32 = \mathbf{320V}.$$

➤ Tính theo tỉ lệ phần trăm:

$$U_{nX}\% = \frac{U_{nX}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{320}{10.000} \cdot 100 = \mathbf{3,2\%}.$$

d. Sơ đồ thay thế như hình vẽ



Hình 2.14. Sơ đồ thay thế của MBA1

## 2.5. Tổn hao năng lượng và hiệu suất của máy biến áp

### Mục tiêu:

- Mô tả được các dạng tổn hao trong máy biến áp
- Phân biệt được các loại tổn hao của máy biến áp
- Tính toán được các dạng tổn hao của máy
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 2.5.1 Tổn hao năng lượng của máy biến áp

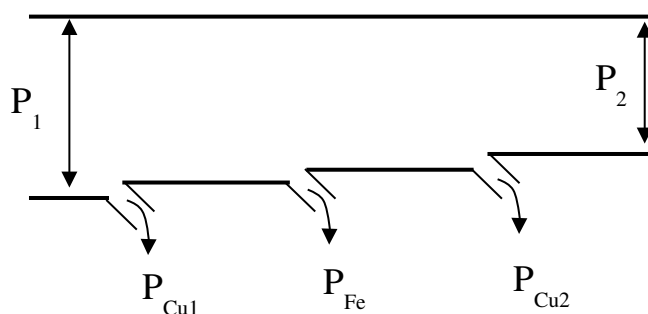
Tổn hao trong mạch từ không phụ thuộc vào tải nên còn gọi là tổn hao không đổi.

Còn tổn hao trong 2 bộ dây quấn phụ thuộc tải nên sẽ thay đổi khi tải của máy thay đổi. Vì vậy tổn hao này gọi là tổn hao biến đổi.

- ❖ Tổn hao công suất được tính:

$$P_{BA} = P_{Fe} + P_{Cu1} + P_{Cu2} = P_0 + \beta^2 \cdot P_n \quad (2.32)$$

- ❖ Giảm đồ năng lượng của MBA:



Hình 2.15. Giảm đồ năng lượng MBA

### 2.5.2 Hiệu suất của máy biến áp

- ❖ Hiệu suất của MBA:

$$\begin{aligned} \eta &= (1 - \frac{P_{\text{tổn hao}}}{P_{\text{công suất đầu vào}}}) \cdot 100 \\ \eta &= ( \frac{P_2}{P_1} ) \cdot 100 \end{aligned} \quad (2.33)$$

❖ Điều kiện vận hành để đạt hiệu suất cực đại:

Ta thấy hiệu suất của MBA phụ thuộc vào hệ số phụ tải. Vì vậy nếu cho máy vận hành với hệ số phụ tải thích hợp nào đó sẽ có hiệu suất lớn nhất. Người ta đã chứng minh được.

$$\eta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} \quad (2.34)$$

**Ví dụ 2.3:** Một MBA 1 pha có  $S_{BA} = 100\text{KVA}$ ;  $K_{BA} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10.000}{400}$ ;  $I_0 =$

$0,05I_{dm}$ . Các tổn hao  $P_0 = 800\text{W}$ ;  $P_n = 2400\text{W}$ ; Điện áp ngắn mạch thí nghiệm  $U_n\% = 4$ . Giả sử  $R_1 = R_2'$ ;  $X_1 = X_2'$ ;  $R_0 = R_m$ ;  $X_0 = X_m$ . Hãy tính:

Điện áp trên tải khi định mức với  $\cos \varphi_2 = 0,75$  (trễ).

Hiệu suất của máy ở tải  $S_2 = 80\% S_{dm}$  và  $\cos \varphi_2' = 0,8$ . Với tải là bao nhiêu thì hiệu suất cực đại? Tính giá trị hiệu suất đó.

Ở trường hợp câu a, nếu dòng điện vượt trước điện áp thì kết quả thế nào.

**Giải:**

Trong ví dụ trên đã giải được các kết quả:  $U_{nR}\% = 2,4\%$ ;  $U_{nX}\% = 3,2\%$ ;

Theo đề bài ta có:  $P_0 = 800\text{W}$ ;  $P_n = 2.400\text{W}$ ;  $U_{2dm} = 400\text{V}$ .

a. Điện áp trên tải khi định mức:

Do dòng điện tải chậm sau điện áp nên mạch có tính cảm kháng, nghĩa là

$\sin \varphi_2 > 0$ . Vì vậy, ta có  $\cos \varphi_2 = 0,75$      $\sin \varphi_2 = 0,66$ .

$$U_2 = U_{2dm} - U$$

$$U\% = (U_{nR}\% \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\% \cdot \sin \varphi_2)$$

$$U\% = 1 (2,4 \cdot 0,75 + 3,2 \cdot 0,66) = 3,912\% \text{V.}$$

$$\text{Suy ra } U = U\% U_{2dm} = \frac{3,912}{100} \cdot 400 = \mathbf{15,65\text{V}}$$

➤ Vậy: Điện áp trên tải là:  $U_2 = U_{2dm} - U = 400 - 15,65 = \mathbf{384,35\text{V}}$ .

b. Hiệu suất của máy khi  $S_2 = 80\% S_{dm}$  và  $\cos \varphi_2' = 0,8$ .

$$\text{Hệ số phụ tải của MBA: } = \frac{S_2}{S_{2dm}} = \frac{0,8S_{2dm}}{S_{2dm}} = 0,8.$$



$$\% = \left( \frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{P_0} \right) \cdot 100 = \frac{0,8 \cdot 100 \cdot 0,8}{0,8 \cdot 100 \cdot 0,8} \cdot 100 = 96,48\%$$

- c. Khi dòng điện vượt trước điện áp nghĩa là mạch có tính dung kháng:  $\sin \varphi_2 > 0$ . Vì vậy, ta có  $\cos \varphi_2 = 0,75$      $\sin \varphi_2 = -0,66$ .

$$U_2 = U_{2dm} - U$$

$$U\% = (U_{nR}\% \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\% \cdot \sin \varphi_2)$$

$$U\% = 1 (2,4 \cdot 0,75 + 3,2 \cdot (-0,66)) = -0,312\%V.$$

$$\text{Suy ra } U = U\% \cdot U_{2dm} = \frac{0,312}{100} \cdot 400 = -1,25V$$

➤ Vậy: Điện áp trên tải là:  $U_2 = U_{2dm} - U = 400 - (-1,25) = 401,25V$ .

## 2.6. Máy biến áp ba pha

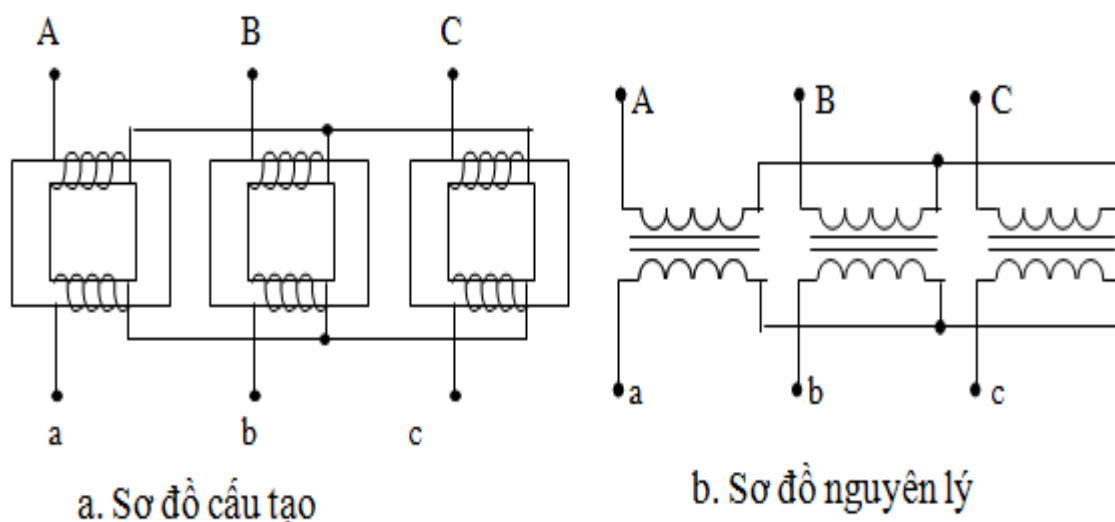
### Mục tiêu:

- Biết được khái niệm và mô tả được nguyên lý làm việc của máy biến áp 3 pha
- Phân biệt được chế độ làm việc và các cách nối dây của máy biến áp 3 pha
- Tính toán được máy biến áp 3 pha
- Biết được ứng dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 2.6.1 Khái niệm về máy biến áp ba pha

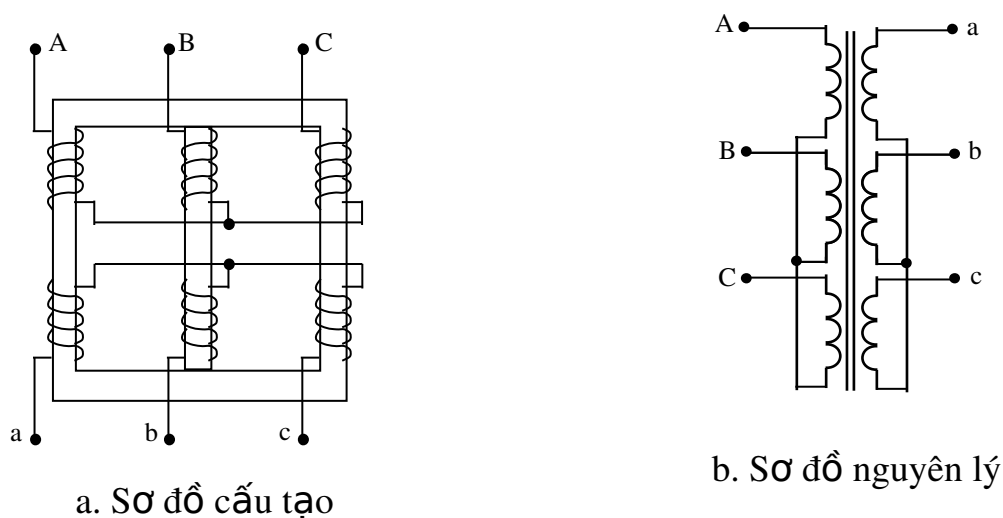
MBA 3 pha dùng biến đổi nguồn điện AC 3 pha từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác và giữ nguyên tần số. Cơ bản về mặt cấu tạo MBA 3 pha cũng bao gồm các cuộn dây sơ cấp, thứ cấp quấn trên lõi thép. Tùy vào kết cấu của lõi thép mà người ta chia ra các loại MBA 3 pha như sau:

**MBA 3 pha tổ hợp:** Còn gọi là MBA 3 pha có mạch từ riêng, bao gồm 3 lõi thép giống nhau, trên đó có quấn các cuộn sơ cấp, thứ cấp. Thông số của các cuộn dây cũng giống nhau hoàn toàn. Nói cách khác: đây chính là sự tổ hợp 3 MBA 1 pha giống nhau hoàn toàn.



Hình 2.16. Sơ đồ MBA ba pha

**MBA 3 pha 1 vỏ:** Loại này chỉ dùng 1 mạch từ. Mạch từ thường có 3 trụ, mỗi trụ được bố trí dây quấn của 1 pha. Các thông số của bộ dây cũng được thiết kế giống nhau hoàn toàn. Sơ đồ cấu tạo và sơ đồ nguyên lý như hình vẽ 2.17.



Hình 2.17. Nguyên lý MBA 3 pha 1 vỏ

## 2.6.2 Tổ nối dây của máy biến áp

### a. Khái niệm về cực tính của MBA 3 pha

Các cuộn dây trong MBA đều được qui ước cực tính; một đầu gọi là **đầu đầu**, thì đầu kia là **đầu cuối**. Nếu chỉ có 1 cuộn dây thì việc xác định cực tính là không cần thiết. Nhưng nếu có từ 2 cuộn dây trở lên cùng làm việc thì phải xác định chính xác cực tính của chúng.

Cực tính cuộn dây sẽ quyết định chiều dòng điện chạy trong cuộn dây đó. Sau khi đã qui ước cực tính cho 1 cuộn dây nào đó, thì các cuộn dây còn lại xác định theo qui ước đó.

Trên sơ đồ, đầu đầu của cuộn dây được đánh dấu (\*), còn đầu cuối thì bỏ trống.

### b. Tổ đấu dây

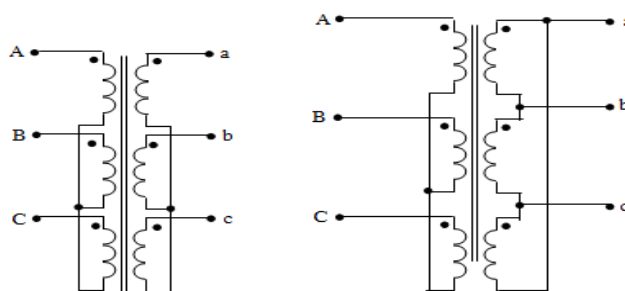
Các cuộn dây của MBA 3 pha có thể đấu Y hoặc đấu  $\Delta$  tùy vào điện áp định mức của các cuộn dây và điện áp cần cấp cho tải.

**Tổ đấu dây** được hình thành do sự *phối hợp cách đấu dây ở sơ cấp và thứ cấp*. Tổ đấu dây cho biết *góc lệch pha* giữa điện áp sơ cấp và điện áp thứ cấp, đồng thời cũng xác định được *điện áp định mức của các cuộn dây cũng như điện áp định mức của MBA*.

**Tổ đấu dây Y/Y – 12:** Sơ đồ được biểu diễn như hình vẽ, có các đặc điểm:

Sơ cấp: Đấu Y.

Thứ cấp: Đấu Y.



a. Tổ đấu dây Y/Y – 12

b. Tổ đấu dây Y/Δ – 11

Hình 2.18. Sơ đồ tổ đấu dây MBA ba pha

Số 12: Cho biết điện áp thứ cấp trùng pha với điện áp sơ cấp.

Tổ đấu dây này thường sử dụng cho các MBA phân phối ở mạng hạ thế.

**Tổ đấu dây Y/ – 11:** Sơ đồ được biểu diễn như hình trên, có các đặc điểm:

Sơ cấp: Đấu Y, Thứ cấp: Đấu  $\Delta$ .

Số 11: Cho biết điện áp thứ cấp chậm pha  $30^\circ$  so với điện áp sơ cấp.

Qui ước xác định góc lệch pha: Dùng mặt số đồng hồ, với qui ước:

Kim dài: Biểu thị góc pha của điện áp sơ cấp đặt cố định ở số 12.

Kim ngắn: Là góc lệch pha của điện áp thứ cấp (so với sơ cấp) di chuyển ở các con số còn lại, mỗi con số cách nhau là  $30^\circ$ . Hình vẽ a biểu thị góc lệch pha của tổ đấu dây Y/Y – 12, còn hình b biểu thị góc lệch pha của tổ đấu dây Y/ – 11



a. Góc lệch pha tổ đấu dây Y/Y – 12

b Góc lệch pha tổ đấu dây Y/ – 11

Hình 2.19. Góc lệch pha của tổ đấu dây MBA 3 pha

**Tỉ số biến áp**

Trong MBA 3 pha các đại lượng định mức đều được tính bằng đại lượng

dây, do vậy tỉ số MBA được định nghĩa.  $K_{BA3P} = \frac{U_{1d}}{U_{2d}}$  (2.35)

Khi MBA sử dụng tổ đấu dây Y/ – 11:

$$K_{BA3P} = \frac{U_{1d}}{U_{2d}} = \frac{\sqrt{3}.U_{1P}}{U_{2P}} = \sqrt{3} \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (2.36)$$

Khi MBA sử dụng tổ đấu dây Y/ Y – 12:

$$K_{BA3P} = \frac{U_{1d}}{U_{2d}} = \frac{\sqrt{3}.U_{1P}}{\sqrt{3}.U_{2P}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.37)$$

**Kết luận:** Tỉ số biến áp ở máy biến áp 3 pha không chỉ phụ thuộc số vòng quấn mà còn phụ thuộc tổ đấu dây.

➤ Nếu các đại lượng pha của máy là xác định, khi thay đổi tổ đấu dây thì phải thay đổi nguồn điện đặt vào MBA và điện áp ra của máy cũng sẽ thay đổi.

➤ Ngược lại, khi nguồn điện và điện áp cần cấp cho tải đã xác định, thì phải tiến hành chọn tổ đấu dây phù hợp với yêu cầu.

**Giải mạch MBA 3 pha**

Vấn đề giải mạch MBA 3 pha để xác định các thông số kỹ thuật của chúng được tiến hành tương tự như MBA 1 pha, nhưng phải lưu ý một số điểm sau đây.

➤ Về sơ đồ thay thế: Hoang toàn tương tự như MBA 1 pha, nhưng đây là sơ đồ thay thế cho 1 pha của MBA 3 pha. Vì vậy các thông số điện áp, dòng điện trong sơ đồ phải tính theo đại lượng pha.

➤ Dung lượng biến áp:  $S_{dm3P} = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d = 3 \cdot U_p \cdot I_p$ . (2.38)

➤ Điện áp định mức:  $U_{1dm} = U_{1d}$ ;  $U_{2dm} = U_{2d}$ . (2.39)

Do vậy phải kết hợp với tổ đấu dây để tính đại lượng pha trước khi áp dụng sơ đồ thay thế.

➤ Về tổ đấu dây: Lưu ý để tính điện áp vào và ra phù hợp cho máy.

$$\text{➤ } P_{03P} = 3 \cdot I_0^2 \cdot R_m; \quad P_{n3P} = 3 \cdot I_{1dm}^2 \cdot R_n; \quad U = U_p. \quad (2.40)$$

**Ví dụ 2.4:** MBA 3 pha có các số liệu:  $S_{dm} = 180\text{KVA}$ ;  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{6000\text{V}}{400\text{V}}$ ,  $I_0 = 6\%I_{1dm}$ ;  $P_0 = 1000\text{W}$ ;  $P_n = 4000\text{W}$ ;  $U_n = 5,5\%$ ; Tổ đấu dây Y/Y – 12. Giả sử  $R_1 = R_2'$ ;  $X_1 = X_2'$ ;  $R_0 = R_m$ ;  $X_0 = X_m$ . Hãy tính.

Các tham số lúc không tải của máy. Hệ số công suất lúc không tải.

Các tham số ngắn mạch của máy.

Độ sụt áp  $U\%$  lúc tải định mức với  $\cos \varphi_2 = 0,85$  (chậm sau). Tính hiệu suất khi đó? Với tải bằng bao nhiêu thì hiệu suất cực đại.

Tính hiệu suất ở tải  $S_2 = 135\text{KVA}$ ;  $\cos \varphi_2' = 0,7$ .

**Giải:**

Dòng điện sơ cấp định mức:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1d}} = \frac{180 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^3} = \mathbf{17,3A}.$$

Do MBA có tổ đấu dây Y/Y – 12 nên  $I_d = I_p$ ;  $U_d = \sqrt{3} \cdot U_p$ ; Ta có:

$$\text{➤ Điện áp pha phía sơ cấp: } U_{1P} = \frac{U_{1d}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} = \mathbf{3464V}$$

➤ Dòng điện không tải:

$$I_0 = 0,06I_{1dm} = 0,06 \cdot 17,3 = \mathbf{1,04A}.$$

Các tham số không tải:

Từ biểu thức  $P_0 = 3 \cdot I_0^2 \cdot R_m$ .

$$\text{➤ Điện trở mạch từ: } R_m = \frac{P_0}{3 \cdot I_0^2} = \frac{1000}{3 \cdot 1,04^2} = \mathbf{308} \quad .$$

$$\text{Tổng trở mạch từ được tính: } Z_m = \frac{U_{1P}}{I_0} = \frac{3464}{1,04} = \mathbf{3330} \quad .$$

$$\text{➤ Điện kháng mạch từ: } X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2} = \sqrt{3330^2 - 308^2} = \mathbf{3315} \quad .$$

$$\text{➤ Hệ số công suất lúc không tải: } \cos \varphi_0 = \frac{R_m}{Z_m} = \frac{308}{3330} = \mathbf{0,092}.$$

b. Các tham số ngắn mạch:

Điện áp ngắn mạch thí nghiệm được tính:  $U_n = 0,0055 \cdot 3464 = \mathbf{190,52V}$ .

$$\text{➤ Điện trở ngắn mạch: } R_n = \frac{P_n}{3 \cdot I_{1dm}^2} = \frac{4000}{3 \cdot 17,3^2} = \mathbf{4,45} \quad .$$

➤ Điện trở các cuộn dây:  $R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} = \frac{4,45}{2} = 2,225$  .

Tổng trở ngắn mạch:  $Z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}} = \frac{190,52}{17,3} = 11$  .

➤ Điện kháng ngắn mạch:  $X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} = \sqrt{11^2 - 4,45^2} = 10,21$  .

➤ Điện kháng các cuộn dây:  $X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} = \frac{10,21}{2} = 5,105$  .

Điện áp trên các phần tử:

➤ Sụt áp trên điện trở:  $U_{nR} = I_{1dm} \cdot R_n = 17,3 \cdot 4,45 = 77V$ .

➤ Tính theo tỉ lệ phần trăm:  $U_{nR}\% = \frac{U_{nR}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{77}{3464} \cdot 100 = 2,223\%$ .

➤ Sụt áp trên điện kháng:  $U_{nX} = I_{1dm} \cdot X_n = 17,3 \cdot 10,21 = 176,633V$ .

➤ Tính theo tỉ lệ phần trăm:  $U_{nX}\% = \frac{U_{nX}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{176,633}{3464} \cdot 100 = 5,1\%$ .

➤ Vậy: Điện áp trên tải là:  $U_2 = U_{2dm} - U = 400 - 18,32 = 381,68V$ .

➤ Hiệu suất của máy khi tải định mức:

$$\% = \left( \frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + P_n} \right) \cdot 100 = \frac{1.180 \cdot 0,85}{1.180 \cdot 0,85 + 1 + 0,4} \cdot 100 = 96,84\%$$

➤ Hiệu suất cực đại khi  $\max = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = 0,5$

Vậy khi tải  $S_2 = 0,5 \cdot S_{dm} = 0,5 \cdot 180 = 90$  KVA hiệu suất của MBA sẽ lớn nhất.

$$\begin{aligned} \max \% &= \left( \frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + P_n} \right) \cdot 100 \\ &= \frac{0,5 \cdot 180 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 180 \cdot 0,85 + 1 + 0,4} \cdot 100 = 98,71\% \end{aligned}$$

c. Hiệu suất ở tải  $S_2 = 135$  KVA:  $\cos \varphi_2' = 0,7$

$$\text{Khi } S_2 = 135\text{KVA thì } \beta = \frac{135}{180} = 0,75$$

$$\begin{aligned} \% &= \left( \frac{\beta \cdot S_{dm} \cdot \cos \alpha_2}{\beta \cdot S_{dm} \cdot \cos \alpha_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_n} \right) \cdot 100 \\ &= \frac{0,75 \cdot 180 \cdot 0,7}{0,75 \cdot 180 \cdot 0,7 + 1 + 0,75^2 \cdot 4} \cdot 100 = \mathbf{96,68\%} \end{aligned}$$

d. Tính các thông số của MBA khi tải định mức:

Do dòng điện tải chậm sau điện áp nên mạch có tính cảm kháng, nghĩa là

$$\sin \alpha_2 > 0. \text{ Vì vậy, ta có } \cos \alpha_2 = 0,85 \quad \sin \alpha_2 = 0,5268.$$

$$U_2 = U_{2dm} - U$$

$$U\% = (U_{nR}\% \cdot \cos \alpha_2 + U_{nX}\% \cdot \sin \alpha_2)$$

$$U\% = 1 (2,223 \cdot 0,85 + 5,1 \cdot 0,5268) = 4,58\%.$$

$$\text{Suy ra } U = \frac{4,58}{100} \cdot 400 = \mathbf{18,32V}.$$

## 2.7. Đấu song song các máy biến áp

### Mục tiêu:

- Biết được cách đấu dây hòa lưới của máy biến áp 3 pha
- Phân tích được các điều kiện đấu song song của máy biến áp 3 pha
- Vẽ được sơ đồ đấu song song của nó
- Biết được công dụng của nó
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 2.7.1 Khái niệm về chế độ làm việc của máy biến áp đấu song song

Trong hệ thống điện thường sử dụng hệ thống các MBA đấu song song, bởi các lý do:

- Khi nối song song sẽ làm tăng dung lượng của hệ thống các MBA nên công suất truyền tải sẽ được nâng cao.
- Thuận lợi cho việc bảo trì, bảo dưỡng sửa chữa hư hỏng (có thể sửa chữa trên một máy nào đó, các máy còn lại vẫn vận hành bình thường).
- Có ý nghĩa trong việc vận hành kinh tế các MBA (khi tải giảm thì cắt dần các MBA ra khỏi mạng).

### 2.7.2 Điều kiện đấu song song máy biến áp

Các MBA khi thực hiện nối song song phải thỏa mãn đồng thời các điều kiện sau đây:

- **Cùng cấp điện áp:** Các MBA thực hiện đấu song song phải có cùng cấp điện áp ở sơ cấp và thứ cấp.

➤ **Cùng tổ đấu dây:** Các MBA thành phần phải cùng tổ đấu dây để đảm bảo điện áp thứ cấp của các MBA là cùng pha nhau.

➤ **Cùng giá trị  $U_n\%$ :** Điều kiện này phải đảm bảo để phụ tải phân bố trên các máy tỉ lệ với dung lượng của chúng.

### 2.7.3 Sơ đồ đấu song song máy biến áp

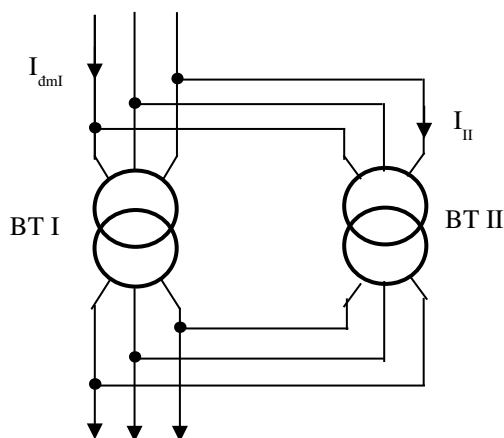
Theo hình vẽ, có 2 MBA nối song song; giả sử:  $U_n\%_I < U_n\%_{II}$   
(\*)

Dòng điện qua MBA I là  $I_{dmI}$  còn dòng điện qua MBA II là  $I_{II}$ .

✓ Sụt áp trên MBA I:  $U_I = I_{dmI} \cdot Z_{nI}$ . (2.41)

✓ Sụt áp trên MBA II:  $U_{II} = I_{II} \cdot Z_{nII}$ . (2.42)

✓ Thay vào (\*), ta được:  $I_{dmI} \cdot Z_{nI} < I_{dmII} \cdot Z_{nII}$ . Kết hợp với (\*\*) ta được  $I_{II} < I_{dmII}$



Hình 2.20. Nối song song các MBA

**Kết luận:** Nếu các MBA đấu song song có  $U_n\%$  khác nhau thì trong quá trình làm việc, máy nào có  $U_n\%$  nhỏ hơn sẽ phải mang tải nhiều hơn.

#### Hệ quả:

- Nếu các MBA thành phần có cùng dung lượng và đã thỏa 2 điều kiện đầu tiên thì không cần phải xét đến điều kiện  $U_n\%$ .
- Đối với MBA 1 pha chỉ cần thỏa 2 điều kiện là: cùng cấp điện áp và cùng dung lượng là đủ.

## 2.8. Các máy biến áp đặc biệt

### Mục tiêu:

- Biết được một số loại máy biến áp đặc biệt khác
- Phân biệt được các loại máy biến áp
- Biết được công dụng của nó
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

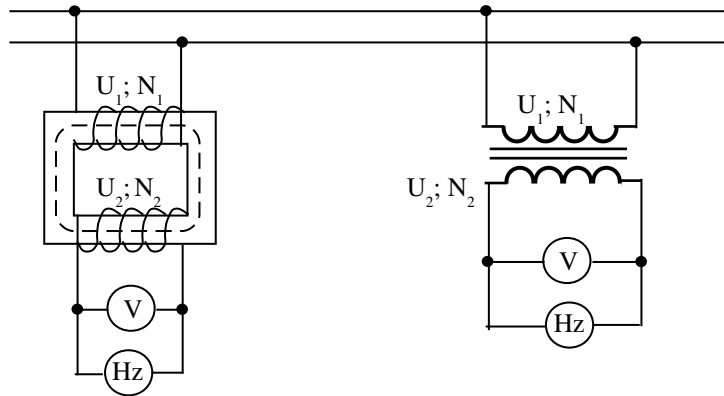


### 2.8.1. MBA đo lường.

Là các loại MBA được sử dụng để phục vụ cho công tác đo lường trong hệ thống điện, thường sử dụng các loại sau:

#### a. Máy biến điện áp (BU, TU)

Được sử dụng rộng rãi trong hệ thống điện, nó thường biến đổi điện áp cần đo ở lưới trung, cao thế xuống giá trị phù hợp với dụng cụ đo. Loại này gọi là BU giảm điện áp.



a. Sơ đồ cấu tạo

b. Ký hiệu

Hình 2.21. Máy biến điện áp

Còn loại BU tăng điện áp thường được sử dụng trong phòng thí nghiệm để tăng kết quả thí nghiệm cho phù hợp với dụng cụ đo.

Cấu tạo của BU tương tự hoàn toàn như MBA thông thường, nhưng vật liệu được dùng chế tạo BU là loại vật liệu tiêu chuẩn nhằm hạn chế sai số và tránh các tổn hao.

Khi sử dụng BU được nối song song trong mạch. Do phía thứ cấp của máy được nối với volt kế hoặc tần số kế (có điện trở nội rất lớn) nên có thể xem như thứ cấp hở mạch. Nói cách khác, BU chỉ làm việc ở trạng thái không tải. Do vậy, nếu nối thứ cấp BU với một phụ tải bất kỳ sẽ gây hư hỏng BU.

Tương tự như MBA, ta gọi:

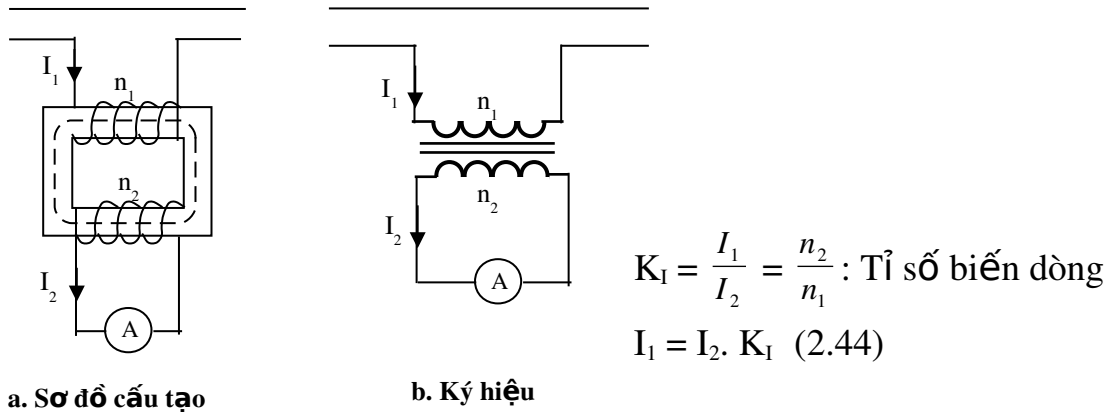
$$K_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} : \text{Là tỉ số biến điện áp.} \quad (2.43)$$

Với một máy biến điện áp cụ thể sẽ xác định được  $K_U$ , đọc số chỉ trên dụng cụ đo là giá trị  $U_2$ . Như vậy điện áp  $U_1$  cần đo được tính:  $U_1 = U_2 \cdot K_U$

#### Máy biến dòng (BI; TI)

Cấu tạo tương tự như máy biến điện áp, nó dùng để biến đổi dòng điện cần đo có giá trị lớn thành dòng điện có giá trị bé hơn (trong công nghiệp) hoặc biến đổi dòng điện bé thành dòng điện lớn hơn trong phòng thí nghiệm.

Khi sử dụng BI: phía sơ cấp được lắp nối tiếp với đường dây cần đo, phía thứ cấp nối với ampe kế. Do vậy, BI xem như luôn là việc ở chế độ ngắn mạch (vì điện trở nội của ampe kế là rất bé).



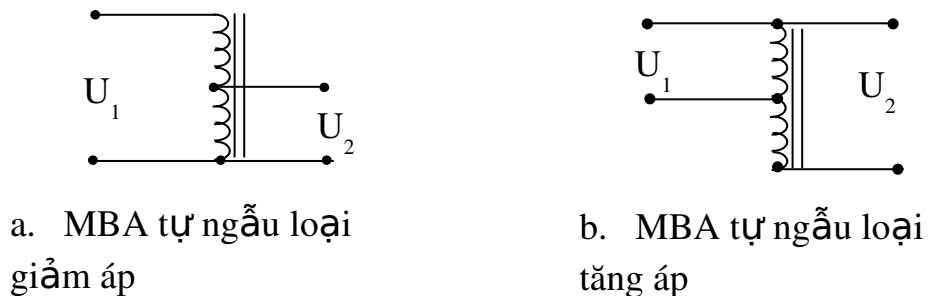
Hình 2.22. Máy biến dòng

### 2.8.2. MBA tự ngẫu

Là loại máy biến áp mà cuộn dây thứ cấp là 1 phần của cuộn sơ cấp hoặc ngược lại. Nguyên lý của loại máy biến áp này hoàn toàn tương tự như MBA 2 dây quấn.

#### ❖ Đặc điểm:

- Tiết kiệm, kinh tế hơn MBA cách ly.
- Cùng một tiết diện lõi thép MBA tự ngẫu cho công suất lớn hơn. Kém an toàn, không dùng trong những trường hợp cần có độ an toàn cao



Hình 2.23. MBA Tự ngẫu

Pha

## 2.9. Bảo dưỡng và sửa chữa các máy biến áp

Mục tiêu:

- Phân tích được nguyên nhân hư hỏng thường gặp ở máy biến áp
- Biết được cách khắc phục hư hỏng của máy biến áp
- Biết cách tháo lắp, kiểm tra và sửa chữa máy biến áp
- Áp dụng vào máy biến áp thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 2.9.1. Các hư hỏng thường gặp

#### a. Hở mạch.

- ❖ Hiện tượng: Cấp nguồn, MBA không hoạt động.
- ❖ Kiểm tra: Dùng Ohm kế, đèn thử, Volt kế kiểm tra tiếp xúc điện hoặc đo điện áp ra của máy. Những điểm nhiều khả năng gây hở mạch là: tại các ngõ vào ra; bộ phận chuyển mạch, đổi nối, bộ phận cấp nguồn ...
- ❖ Sửa chữa: hàn nối, cách điện tốt sau khi sửa chữa.

#### b. Ngắn mạch.

- ❖ Hiện tượng: Cấp nguồn các thiết bị đóng cắt, bảo vệ tác động ngay, có hiện tượng nổ cầu chì hoặc cháy dây nguồn.
- ❖ Nguyên nhân: Do chạm chập tại các đầu nối, đầu ra dây hoặc rập sai mạch...
- ❖ Kiểm tra: Dùng Ohm kế kiểm tra, quan sát bằng mắt. Sửa chữa cách ly các đầu dây, xử lý cách điện.

#### c. Chập vòng.

- ❖ Hiện tượng: Điện áp tăng cao, máy nóng nhiều, rung có tiếng kêu lạ...
- ❖ Nguyên nhân: Do chạm chập tại các đầu nối, đầu ra dây hoặc rập sai mạch, hư hỏng ở gallett...
- ❖ Kiểm tra: Đo điện áp vào/ ra, đối chiếu với tính toán; Sửa chữa cách ly các đầu dây, xử lý cách điện.

#### d. Chạm vỏ.

- ❖ Hiện tượng: chạm vỏ máy bị điện giật.
- ❖ Nguyên nhân: Lỗi thép chạm cuộn dây và chạm ra vỏ; Do các đầu nối chạm vỏ hoặc gallett bị chạm...
- ❖ Kiểm tra: Kiểm tra cách điện bằng mega Ohm kế hoặc Volt kế (không dùng bút thử điện do dòng điện cảm ứng) sau đó xử lý cách điện.

### 2.9.2. Một số hư hỏng cụ thể đối với MBA gia dụng

TT	HIỆN TƯỢNG	NGUYÊN NHÂN	CÁCH KHẮC PHỤC
1	Máy biến áp không hoạt động khi có	- Hở đường dây cấp nguồn. - Không tiếp xúc ở cọc	Kiểm tra đường dây cấp nguồn. Làm vệ sinh cọc nối hoặc

	điện vào.	nối dây hoặc galleet không tiếp xúc. - Đứt mạch cuộn dây.	galleet. Đo, kiểm bằng VOM.
2	Máy biến áp nóng và có tiếng kêu lớn.	- Lõi thép không được ép chặt. - Cuộn dây quấn không chặt. - Quá áp do quấn thiếu số vòng hoặc chọn B quá cao hoặc dây quấn bị chạm chập.	Dùng xà ép gông hoặc gỗ, giấy nệm chỗ hở. Gia cố bằng cách tẩm vec ni. Kiểm tra số liệu tính toán, kiểm tra bộ dây và quấn lại.
3	Chạm vào vỏ máy bị điện giật.	- Các đầu dây chạm vỏ. - Lõi thép chạm cuộn dây và chạm ra vỏ.	Xử lý cách điện. Tháo lõi thép, xử lý chỗ chạm sau đó ráp lại.
4	Cấp nguồn cho MBA cầu chì nổ ngay.	- Ngắn mạch tại công tắc, galleet hoặc các đầu dây ra. - Đặt sai vị trí của galleet G1 hoặc G2.	Kiểm tra, xử lý chỗ ngắn mạch.  Kiểm tra chỉnh lại vị trí của các galleet cho phù hợp.
5	Điện áp ra không ổn định lúc có, lúc không.	- Đường dây nguồn tiếp xúc chập chờn. - Galleet hoặc cọc nối tiếp xúc không tốt.	Làm vệ sinh, tăng cường tiếp xúc đường dây. Làm vệ sinh, tăng cường tiếp xúc ở galleet, cọc nối.
6	Điện áp tăng quá định mức chuông không báo.	- Chỉnh sai chuông báo. - Đứt mạch chuông hoặc starter không làm việc.	Dời đường dây chuông đến vị trí phù hợp. Kiểm tra bằng VOM, xử lý chỗ đứt hoặc thay mới starter.
7	Điện áp bình thường nhưng đồng hồ báo sai.	- Chỉnh sai đồng hồ. - Đồng hồ giảm độ chính xác do quá tuổi thọ.	Chỉnh lại cho đúng. Thay đồng hồ mới.
8	Đèn báo không sáng.	- Hở mạch đèn báo. - Đứt hoặc hở mạch ở	Kiểm tra bằng VOM, nối lại mạch. Kiểm tra bằng VOM, nối

		cuộn cảm ứng.	lại chỗ đứt hoặc quấn lại cuộn cảm ứng.
--	--	---------------	---

## **NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ BÀI 2:**

### 1. Nội dung:

#### + Về kiến thức:

- Phân loại; Công dụng của máy biến áp
- Cấu tạo của máy biến áp.
- Một số loại đại lượng định mức của máy biến áp
- Nguyên lý làm việc của máy biến áp
- Các chế độ làm việc của máy biến áp
- Các dạng tổn hao trong máy biến áp
- Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp 3 pha
- Chế độ làm việc và các cách nối dây của máy biến áp 3 pha
- Các điều kiện đấu song song của máy biến áp 3 pha
- Nguyên nhân hư hỏng thường gặp ở máy biến áp, cách khắc phục
- Tháo lắp, kiểm tra và sửa chữa máy biến áp

#### + Về kỹ năng:

- Giải bài tập cơ bản về tính toán máy biến áp 1 pha, 3 pha
- Tháo, lắp, kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa máy biến áp

#### + Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

### 2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập

### **BÀI TẬP**

**Bài tập 2.1.** Xét MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không). Cuộn dây sơ cấp có 400 vòng, cuộn dây thứ cấp có 800 vòng. Tiết diện lõi thép là  $40\text{cm}^2$ . Nếu cuộn dây sơ cấp được đấu vào nguồn 600V, 60Hz, hãy tính :

- a. Từ cảm cực đại trong lõi ?
- b. Điện áp thứ cấp ?

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức:

$$=B.S$$

$$E_1=4,44fW_1\Phi_m \quad (2.7)$$

$$E_2=4,44fW_2\Phi_m \quad (2.8)$$

$$K=U_1/U_2=W_1/W_2$$

$$\text{ĐS: a. } 1,4\text{T}; \text{ b. } 1200\text{v}$$

**Bài tập 2.2.** Cho một MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) 20kVA, 1200V/120V.

- a. Tính dòng định mức sơ cấp và thứ cấp ?
- b. Nếu máy cấp cho tải 12kW có hệ số công suất bằng 0,8; tính dòng sơ và thứ cấp ?

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$S=U.I$$

$$P=U.I.\cos$$

$$U_1/U_2=I_2/I_1$$

$$\text{ĐS: a. } 16,67\text{A}; \text{ b. } 125\text{A}, 12,5^{\text{a}}$$

**Bài tập 2.3.** Cho một MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có tỉ số vòng dây 4:1 Điện áp thứ cấp là  $120 \angle 0^\circ$  V. Người ta đấu một tải  $Z_t = 10 \angle 30^\circ$  vào thứ cấp. Hãy tính :

- a. Điện áp sơ cấp.
- b. Dòng điện sơ cấp và thứ cấp ?
- c. Tổng trở tải quy về sơ cấp.

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$K=U1/U2=W1/W2= I2/I1$$

$$I2=U2/Zt$$

ĐS: a. 480v; b. 12A, 3A, c.160 Ω

**Bài tập 2.4.** Cho MBA tăng áp một pha lý tưởng (không sụt áp, tổn hao, dòng điện không tải bằng không) 50kVA, 400V/2000V cung cấp cho tải 40kVA có hệ số công suất của tải 0.8 (tải R-L). Tính:

- Tổng trở tải ?
- Tổng trở tải quy về sơ cấp ?

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$S=U.I$$

$$Zt=U2/I2$$

$$Zt=Zt$$

ĐS: a. 100 Ω, b. 4 Ω

**Bài tập 2.5.** Cho MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có số vòng dây là 180: 45. Điện trở sơ và thứ cấp lần lượt bằng 0.242 và 0.076 . Tính điện trở tương đương sơ cấp ?

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$R2'=K^2.R2$$

$$Rn=R1+ R2'$$

ĐS: 1.46

**Bài tập 2.6.** Cho MBA một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) có số vòng dây bằng 220: 500. Phía sơ cấp đấu vào nguồn điện áp 220 V, phía thứ cấp cung cấp cho tải 10kVA.

- Tính điện áp trên tải.
- Dòng điện thứ cấp và sơ cấp ?
- Tính tổng trở tương đương của máy nhìn từ nguồn ?

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$S=U.I$$

$$K=U1/U2=I2/I1=W1/W2$$

$$Zt'=U1/I1$$

ĐS: a. 500v; b. 20A; 42,5A; c. 4,84

**Bài tập 2.7.** Cho một máy biến áp một pha  $S_{dm}=6637\text{kVA}$ ,  $U_{1dm}=35\text{kV}$ ,  $U_{2dm}=10\text{kV}$ ,  $P_n=53500\text{W}$ ,  $U_n\%=8\%$ .

a. Tính  $z_n$ ,  $r_n$ ,  $x_n$ .

b. Giả sử  $r_1=r'_2$ , tính điện trở không qui đổi của dây quấn thứ cấp.

**Hướng dẫn:** Áp dụng công thức

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \frac{U_n}{I_{1dm}} \quad (2.23)$$

$$P_n = I_{1dm}^2 \cdot R_n$$

$$R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} \quad (2.25)$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} \quad (2.26)$$

$$\text{ĐS: a. } z_n=14.76\Omega, r_n=1.48 \Omega, x_n=14.69 \Omega. \text{ b. } r_2=0.061 \Omega$$

**Bài tập 2.8.** Máy biến áp một pha  $S_{dm}=75\text{kVA}$ ,  $U_{1dm}=4.6\text{kV}$ ,  $U_{2dm}=0.23\text{kV}$ ,  $f_{dm}=50\text{Hz}$  có số liệu thí nghiệm như sau:

Thí nghiệm không tải:  $U_0=230$ ,  $I_0=13.04\text{A}$ ,  $P_0=521\text{W}$

Thí nghiệm ngắn mạch:  $U_n=160.8\text{V}$ ,  $I_n=16.3\text{A}$ ,  $P_n=1200\text{W}$

a. Điện trở và điện kháng mạch từ hóa.

b. Điện trở ngắn mạch, điện kháng ngắn mạch và tổng trở ngắn mạch.

c. Độ sụt áp phần trăm khi máy hoạt động ở tải định mức với  $\cos\varphi=0.75$  (trễ).

**Hướng dẫn:**

Áp dụng công thức

$$R_m = \frac{P_0}{I_0^2}$$

$$Z_m = \frac{U_{1dm}}{I_0}$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2}$$

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \frac{U_n}{I_{1dm}} \quad (2.23)$$

$$P_n = I_{1dm}^2 \cdot R_n$$

$$R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} \quad (2.25)$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} \quad (2.26)$$



$$U = (U_{nR} \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX} \cdot \sin \varphi_2)$$

$$U\% = (U_{nR}\% \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\% \cdot \sin \varphi_2)$$

**ĐS:** a.  $r_m = 3.063 \Omega$ ,  $x_m = 17.37 \Omega$ ,  $z_m = 17.64 \Omega$

b.  $r_n = 4.52 \Omega$ ,  $x_n = 8.77 \Omega$ ,  $z_n = 9.86 \Omega$ , c.  $\Delta U\% = 3.25\%$

**Bài tập 2.9.** Một máy biến áp một pha  $S_{dm} = 150 \text{kVA}$ ,  $U_{1dm} = 2400 \text{V}$ ,  $U_{2dm} = 240 \text{V}$ ,  $r_1 = 0.2 \Omega$ ,  $x_1 = 0.45 \Omega$ ,  $r_2 = 2 \text{m} \Omega$ ,  $x_2 = 4.5 \text{m} \Omega$ .

a. Tính  $r_n$ ,  $x_n$ ,  $I_{1dm}$ ,  $I_{2dm}$ .

b. Tính  $P_n$ , biết rằng khi  $\cos \varphi = 0.8$ , hệ số tải  $\beta = 1$ , hiệu suất  $\eta = 0.982$ . (cho  $P_0 = P_{\text{Fe}} = 637 \text{W}$ )

### Hướng dẫn:

Áp dụng công thức

$$R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} \quad (2.25)$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} \quad (2.26)$$

$$S = U \cdot I$$

$$K = U_1/U_2 = I_2/I_1 = W_1/W_2$$

$$P_n = I_{1dm}^2 \cdot R_n$$

$$P_{BA} = P_0 + \beta^2 \cdot P_n$$

$$\% = \left( \frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_n} \right) \cdot 100$$

**ĐS:** a.  $r_n = 0.4 \Omega$ ,  $x_n = 0.9 \Omega$ ,  $I_{1dm} = 62.5 \text{A}$ ,  $I_{2dm} = 625 \text{A}$ , b.  $P_n = 1562.5 \text{W}$ ,

**Bài tập 2.10.** Máy biến áp ba pha  $S_{dm} = 160 \text{kVA}$ ,  $U_{1dm} = 15 \text{kV}$ ,  $U_{2dm} = 400 \text{V}$ ,  $P_0 = 460 \text{W}$ ,  $P_n = 2350 \text{W}$ ,  $U_n\% = 4\%$ , tổ nối dây Y/Y-12. Cho biết  $R_1 = R_2'$ ,  $X_1 = X_2'$  tính

a.  $I_{1dm}$ ,  $I_{2dm}$ ,  $R_n$ ,  $X_n$ ,  $R_1$ ,  $X_1$ ,  $R_2$ ,  $X_2$ .

b.  $\eta$  khi hệ số tải  $\beta = 0.75$  và  $\cos \varphi_t = 0.8$

c.  $\Delta U\%$ ,  $U_2$  khi hệ số tải  $\beta = 1$  và  $\cos \varphi_t = 0.8$

### Hướng dẫn:

Áp dụng công thức

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1d}}$$

$$U_{1P} = \frac{U_{1d}}{\sqrt{3}}$$

$$R_m = \frac{P_0}{3 \cdot I_0^2}$$

$$Z_m = \frac{U_{1P}}{I_0}$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2}$$

$$R_n = \frac{P_n}{3 \cdot I_{1dm}^2}$$

$$R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2}$$

$$Z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}}$$

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$$

$$X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2}$$

$$\%o = \left( \frac{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2}{S_{dm} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + P_n} \right) \cdot 100$$

$$U_2 = U_{2dm} - U$$

$$U\%o = (U_{nR}\%o \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\%o \cdot \sin \varphi_2)$$

$$U\%o = 1 (2,223 \cdot 0,85 + 5,1 \cdot 0,5268) = 4,58\%$$

ĐS: a.  $I_{1dm}=6.16A$ ,  $I_{2dm}=230.95A$ ,  $R_n=20.64\Omega$ ,  $X_n=52.31 \Omega$ ,  $R1=10.32 \Omega$ ,  $X1=26.15 \Omega$ ,  $R2=7.34m \Omega$ ,  $X2=18.6m \Omega$ , b.  $\eta=0.981$ ; c.  $\Delta U\%o=3.4\%$ ,  $U2=386.4V$

**Bài tập 2.11.** Một máy biến áp ba pha đấu Y/Y-12 có  $S_{dm}=20kVA$ ,

$U_{1dm}=6kV$ ,  $U_{2dm}=0.4kV$ ,  $f_{dm}=50hz$ ,  $P_n=0.6kW$ ,  $U_n\%o=5.5\%$  tính:

a.  $U_n$ ,  $U_{nr}$ ,  $U_{nx}$ .

b.  $Z_n$ ,  $r_n$ ,  $X_n$ ,  $\cos\varphi_n$ .

c.  $\Delta u\%o$  khi  $\beta=0.25$ ,  $0.5$ ,  $0.75$ ,  $1$  và  $\cos\varphi_2=0.8$  (tải cảm).

d. Biết  $P_0=0.18kW$ , tính hiệu suất máy ở các tải nói trên.

### Hướng dẫn:

Áp dụng công thức

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1d}}$$

$$U_{1P} = \frac{U_{1d}}{\sqrt{3}}$$

$$R_n = \frac{P_n}{3 \cdot I_{1dm}^2}$$

$$X_n = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$$

$$U_2 = U_{2dm} - U$$

$$U\%o = (U_{nR}\%o \cdot \cos \varphi_2 + U_{nX}\%o \cdot \sin \varphi_2)$$

$$U\% = 1 (2,223 \cdot 0,85 + 5,1 \cdot 0,5268) \quad 4,58\%.$$

$$\% = \left( \frac{.S_{dm} \cdot \cos^2}{.S_{dm} \cdot \cos^2 \quad P_0 \quad ^2 \cdot P_n} \right) \cdot 100$$

ĐS: a.  $U_n = \sqrt{3} \cdot 190V$ ,  $U_{nr} = \sqrt{3} \cdot 104V$ ,  $U_{nx} = \sqrt{3} \cdot 159V$

b.  $z_n = 99\Omega$ ,  $r_n = 54.3 \Omega$ ,  $x_n = 83 \Omega$ ,  $\cos\varphi_n = 0.55$

c.  $\Delta u\% = 1.29\%$ ,  $2.58\%$ ,  $3.87\%$ ,  $5.16\%$

d.  $\Delta = 94.84\%$ ,  $96.04\%$ ,  $95.86\%$ ,  $95.35\%$

### BÀI 3

## MAY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Mã bài: MĐ09-03

### Giới thiệu:

Chương trước ta đã nghiên cứu về máy điện tĩnh, Tuy nhiên trong thực tế chúng ta thường gặp một số loại máy điện trong công nghiệp và dân dụng đó là máy điện không đồng bộ điển hình như máy quạt điện, động cơ điện ..các máy điện này có kết cấu đơn giản, dễ vận hành, dễ bảo dưỡng sửa chữa...Bài này sẽ nghiên cứu, tính toán, bảo dưỡng, sửa chữa về máy điện không đồng bộ.

### Mục tiêu:

- Phát biểu được nguyên lý cấu tạo, các phương pháp mở máy, đảo chiều quay của động cơ không đồng bộ theo nội dung bài học.
- Bảo dưỡng và sửa chữa những hư hỏng thông thường của máy điện không đồng bộ đảm bảo máy hoạt động tốt theo đúng tiêu chuẩn về điện.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, tích cực trong học tập

### Nội dung chính

#### 3.1. Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ

### Mục tiêu:

- Biết được khái niệm về máy điện không đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Máy điện không đồng bộ là loại máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ có tốc độ quay của rôto  $n$  khác với tốc độ quay của từ trường  $n_1$ .

Máy điện không đồng bộ có 2 dây quấn: dây quấn stato (sơ cấp), với lưới điện tần số không đổi  $f_1$ , dây quấn rôto (thứ cấp) được  $n_1$  tắt lại hoặc khép kín trên điện trở. Dòng điện trong dây quấn rôto được sinh ra nhờ sức điện động cảm ứng có tần số phụ  $f_2$  phụ thuộc vào rôto; nghĩa là phụ thuộc vào tải ở trên trục của máy.

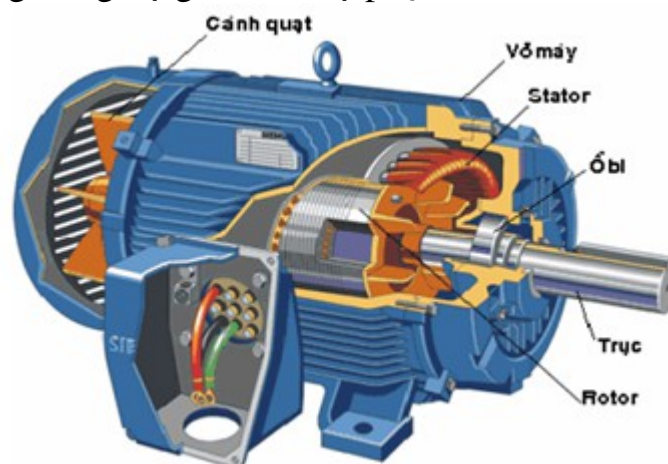
Cũng như các máy điện quay khác, máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch, nghĩa là có thể làm việc ở chế độ động cơ điện cũng như chế độ máy phát điện

### 3.2. Cấu tạo động cơ không đồng bộ ba pha

#### Mục tiêu:

- Mô tả được cấu tạo của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

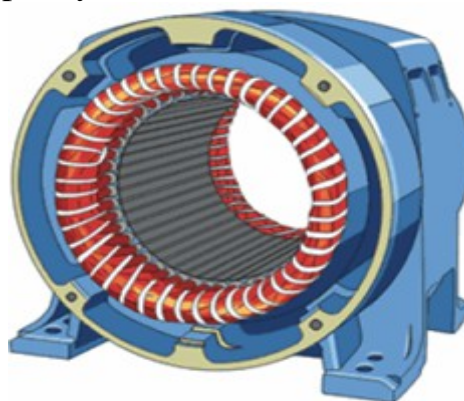
Máy điện không đồng bộ gồm các bộ phận chính sau:



Hình 3.1: Cấu tạo máy điện 3 pha

#### 3.2.1. Stato:

Stato là phần tĩnh gồm 2 bộ phận chính là lõi thép và dây quấn. Ngoài ra còn có vỏ máy, nắp máy.



Hình 3.2: Cấu tạo stato máy điện 3 pha

**Lõi thép:**

Lõi thép được ép trong vỏ máy làm nhiệm vụ dẫn từ. Lõi thép stato hình trụ do các lá thép kỹ thuật điện được dập rãnh bên trong ghép lại với nhau tạo thành các rãnh theo hướng trục. Vì từ trường đi qua lõi thép lá, từ trường quay lên để giảm tổn hao lõi thép được làm bằng những lá thép kỹ thuật điện dày 0,5mm ép lại. Mỗi lá thép kỹ thuật điện đều có phủ sơn cách điện trên bề mặt để giảm hao tổn do dòng xoáy gây nên.

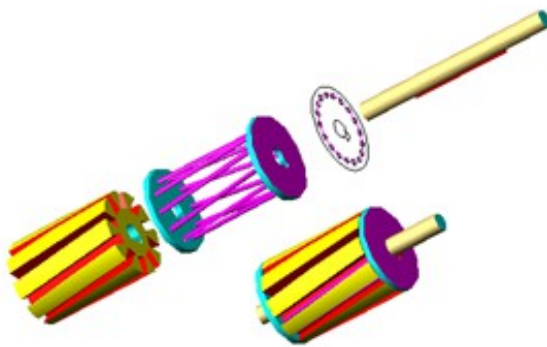
**a. Dây quấn:**

Dây quấn stato làm bằng dây dẫn bọc cách điện (dây điện từ) và được đặt trong các rãnh của lõi thép. Kiểu dây quấn, hình dạng và cách bố trí dây quấn sẽ được trình bày chi tiết trong bài sau:

**c. Vỏ máy:**

Vỏ máy làm bằng nhôm hoặc gang dùng để cố định lõi thép và dây quấn cũng như cố định máy trên bệ. Không dùng để làm mạch dẫn từ. Đối với máy có công suất tương đối lớn (1000kw) thường dùng thép tấm hàn lại thành vỏ. Tùy theo cách làm nguội máy mà dạng vỏ cũng khác nhau: Kiểu vỏ hở, vỏ bảo vệ, vỏ kín hay vỏ phòng nổ... Hai đầu vỏ có nắp máy và ổ đỡ trục. Vỏ máy và nắp máy còn dùng để bảo vệ máy.

**3.2.2. Rôto:** Rôto là phần quay gồm lõi thép, dây quấn (Thanh dẫn) và trục máy.



Hình 3.3: Cấu tạo Roto lồng sóc



Hình 3.4: Cấu tạo Roto dây quấn

**a. Lõi thép:**

Nói chung người ta sử dụng lá thép kỹ thuật điện như ở stato. Lõi thép được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên một giá rôto của máy. Phía ngoài của lá thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn.

**b. Dây quấn rôto:**

Có 2 loại chính: Rôto lồng sóc và rôto dây quấn

- Loại rôto kiểu dây quấn: Rôto có dây quấn giống như dây quấn stato. Trong máy điện cỡ trung bình trở lên thường dùng dây quấn kiểu sóng 2 lớp vì bớt được những đầu dây nối, kết cấu dây quấn trên rôto chặt chẽ. Trong máy điện cỡ nhỏ thường dùng dây quấn đồng tâm 1 lớp. Dây quấn ba pha của rôto thường đấu hình sao, còn ba đầu kia được nối vào ba rãnh trượt thường làm bằng đồng đặt cố định ở 1 đầu trục và thông qua chổi than có thể đấu với mạch điện bên ngoài.

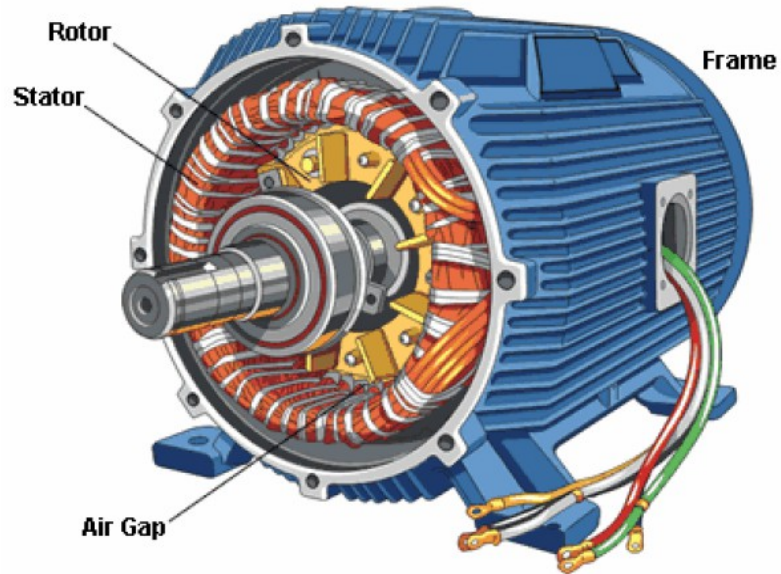
Đặc điểm của loại động cơ điện rôto kiểu dây quấn là có thể thông qua chổi than đưa điện trở phụ hay suất điện động phụ vào mạch điện rôto để cải thiện tính năng mở máy, điều chỉnh tốc độ hoặc cải thiện hệ số công suất của máy. Khi máy làm việc bình thường, dây quấn rôto được nối ngắn mạch.

- Loại rôto kiểu lồng sóc: Kết cấu của loại dây quấn này rất khác so với dây quấn stato. Trong mỗi rãnh của lõi thép rôto đặt vào thanh dẫn bằng đồng hay nhôm dài ra khỏi lõi thép và được nối tắt lại 2 đầu bằng 2 vành ngắn mạch bằng đồng hay nhôm làm thành 1 cái lồng mà người ta quen gọi là lồng sóc. Ở các máy công suất nhỏ, lồng sóc được chế tạo bằng cách đúc nhôm vào các rãnh lõi thép rôto tạo thành thanh nhôm 2 đầu đúc vòng ngắn mạch và cánh quạt làm mát. Dây quấn rôto lồng sóc không cần cách điện với lá thép. Để cải thiện tính năng mở máy, trong máy công suất tương đối lớn, rãnh rôto có thể làm thành rãnh sâu hoặc làm thành 2 rãnh lồng sóc (rãnh lồng sóc kép). Trong máy điện cỡ nhỏ, rãnh rôto thường được làm chéo đi một góc so với tâm trục. Động cơ lồng sóc là loại rất phổ biến do giá thành rẻ và làm việc bảo đảm.

Động cơ rôto dây quấn có ưu điểm về mở máy và điều chỉnh tốc độ, song giá thành cao và vận hành kém, tin cậy hơn rôto lồng sóc nên chỉ được dùng khi động cơ rôto lồng sóc không đáp ứng các yêu cầu về truyền động.

### 3.2.3 Khe hở:

Vì rôto là một khối tròn nên khe hở đều. Khe hở trong máy điện không đồng bộ rất nhỏ ( $0,2 \div 1\text{mm}$  trong máy điện cỡ vừa và nhỏ) để hạn chế dòng điện từ hoá và như vậy mới có thể làm cho hệ số công suất của máy cao hơn.



Hình 3.5: Khe hở

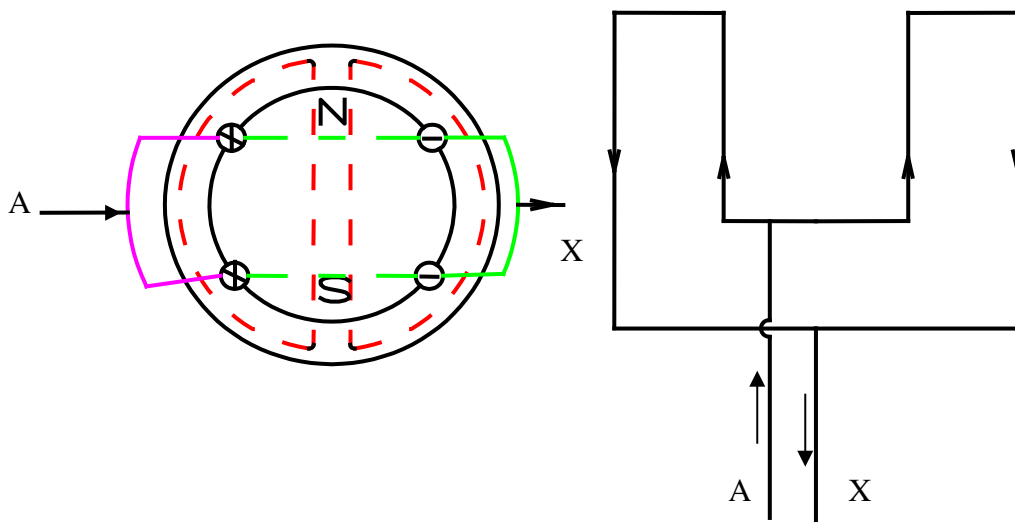
### 3.3. Từ trường của máy điện không đồng bộ

#### Mục tiêu:

- Phân tích được từ trường quay của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Liên hệ áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

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

Từ trường đập mạch của dây quấn một pha: là từ trường có phương không đổi, song trị số và chiều biến đổi theo thời gian. Để cụ thể hơn ta xét hình vẽ.



Hình 3.6: Từ trường dây quấn một pha

### 3.3.2. Từ trường quay

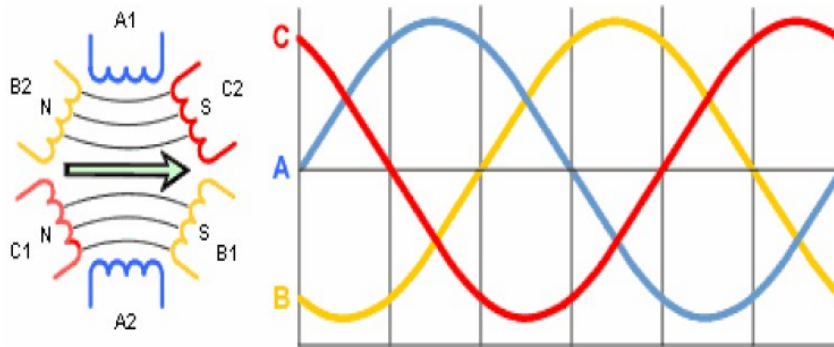
Như hình vẽ. Các dây quấn AX, BY, CZ, đặt lệch nhau trong không gian một góc là  $120^\circ$

Giả sử trong 3 pha dây quấn có dòng điện ba pha đối xứng Chạy qua

$$i_A = I_m \sin t$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120) \quad (3.1)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t - 240)$$

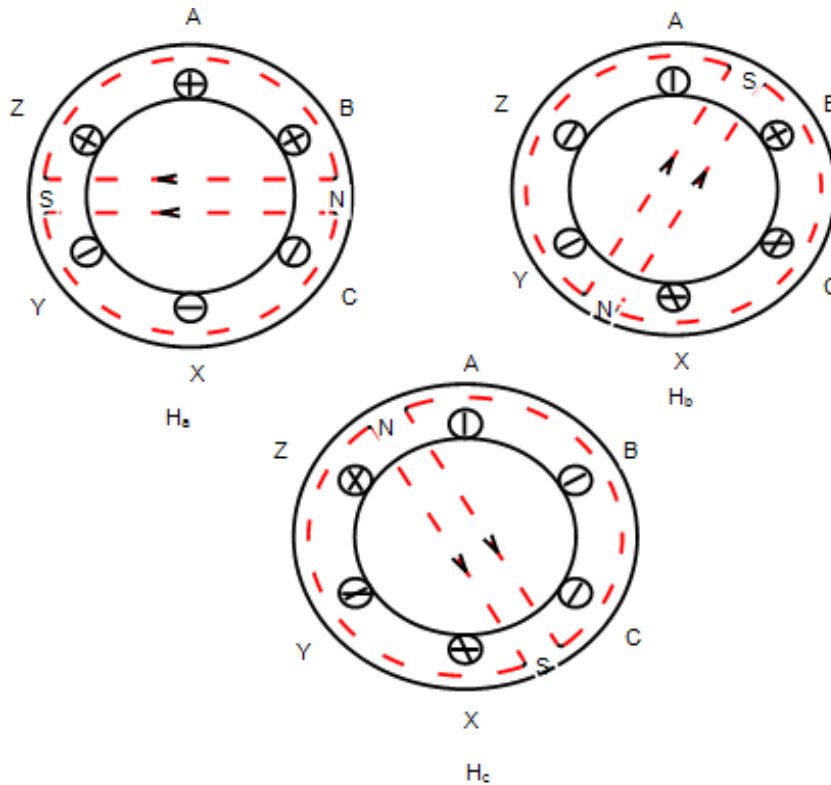


Hình 3.7: Dạng sóng dòng điện 3 pha

Quy ước dòng điện đi vào có chiều từ đầu đến cuối pha có dấu (+) ở giữa, còn từ cuối tới đầu pha ký hiệu dấu (-)

**Xét từ trường tại các thời điểm khác nhau.**





Hình 3.8: Từ trường quay máy điện 3 pha

+ Thời điểm pha  $\omega t=90$  (hình 8a): pha A có cực đại và dương, còn dòng điện pha C,B, âm

Dùng quy tắc vặn nút chai xác định chiều đường sức từ do các dòng điện sinh ra, Từ trường tổng có một cực S và một cực N như hình 8a

Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại.

Thời điểm pha  $t=90+120$  (hình 8b): kế tiếp ở trên 1/3 chu kỳ, dòng điện pha B lúc này cực đại và dương, các dòng điện pha A,C âm. Dùng quy tắc vặn nút chai xác định chiều đường sức từ do các dòng điện sinh ra, Từ trường tổng có một cực S và một cực N như hình 8b

Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha B là pha có dòng điện cực đại. *Ta thấy từ trường tổng đã quay đi một góc là 120 so với trường hợp trên*

+ Thời điểm pha  $\omega t=90+240$  (hình 8c): Là thời điểm chậm sau thời điểm đầy 2/3 chu kỳ, dòng điện pha C lúc này cực đại và dương, các dòng điện pha A,B âm.

Dùng quy tắc vặn nút chai xác định chiều đường sức từ do các dòng điện sinh ra, Từ trường tổng có một cực S và một cực N như hình 8c

Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha C là pha có dòng điện cực đại. *Ta thấy từ trường tổng đã quay đi một góc là 240 so với trường hợp đầu.*

Qua sự phân tích trên ta thấy từ trường tổng của dòng điện 3 pha là từ trường quay.

### 2.3.3. Đặc điểm của từ trường quay

- Tốc độ quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stato  $f$  và số đôi cực  $p$ .

$$n = \frac{60f}{P} (\text{vong / phut}) \quad (3.2)$$

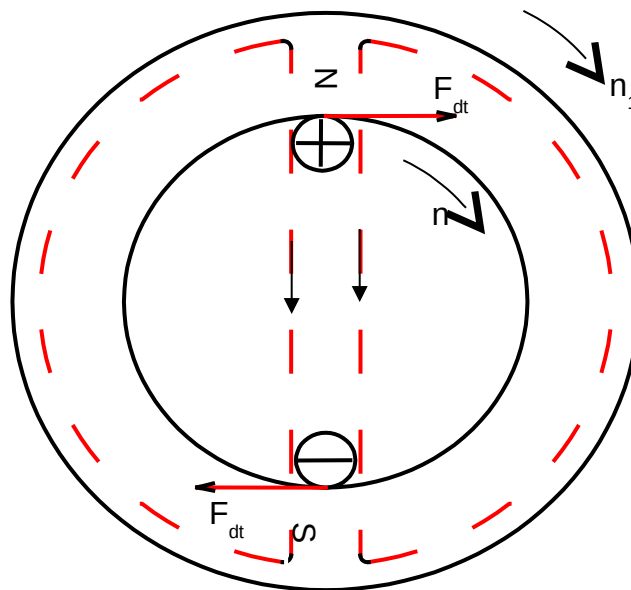
- Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện.
- Biên độ của từ trường quay

$$\frac{3}{2} A_m \sin t = \frac{3}{2} I_{1\text{pha}} m \quad (3.3)$$

### 3.4. Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.

#### Mục tiêu:

- Mô tả được nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập



Hình 3.9: Sơ đồ nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ

Khi ta cho dòng điện ba pha tần số  $f$  vào 3 dây quấn stato, sẽ tạo ra từ trường quay  $p$  đôi cực, quay với tốc độ là  $n = \frac{60f}{P} (\text{vong / phut}) \quad (3.4)$

Từ trường quay cắt các thanh dẫn của dây quấn rôto, cảm ứng các sdd, vì dây quấn rôto nối ngắn mạch, nên các sdd sẽ sinh ra dòng điện trong

các thanh dẫn rôto, lực tác dụng tương hỗ giữa rôto của máy với từ trường thanh dẫn rôto, kéo rôto quay cùng chiều từ trường với tốc độ  $n$ .

Nếu rôto quay với tốc độ  $n$ , từ trường quay với tốc độ  $n_1$  thì tốc độ quay của rôto sẽ nhỏ hơn từ trường quay là  $n_2$ . Vì nếu có tốc độ bằng nhau thì không có sự chuyển động tương đối, trong dây quấn rôto không có sdd và dòng điện cảm ứng, lực điện từ bằng không.

Độ chênh lệch tốc độ quay của rôto và từ trường quay gọi là  $n_2$

$$n_2 = n_1 - n \quad (3.5)$$

$$\text{Hệ số trượt: } s = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (3.6)$$

Khi rôto đứng yên  $n=0$ , hệ số trượt  $s=1$ , khi rôto quay tốc độ động cơ là.

$$n = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s) \text{ (vong / phut)} \quad (3.7)$$

Ví dụ 3.1. Động cơ không đồng bộ ba pha 12 cực từ, tần số 50Hz. Động cơ sẽ quay với tốc độ bao nhiêu nếu hệ số trượt bằng 0.06 ?

### Giải

Tốc độ động cơ:

$$n = (1 - s)n_1 = (1 - 0.06) \frac{60 \cdot 50}{6} = 470 \text{ vg / ph}$$

**Ví dụ 3.2.** Động cơ không đồng bộ ba pha 3 đôi cực từ, tần số 50Hz, quay với tốc độ 960vg/ph. Hãy xác định :

1. Vận tốc đồng bộ.
2. Tần số dòng điện rotor.
3. Vận tốc tương đối của rotor so với từ trường quay.

### Giải

Tốc độ đồng bộ của động cơ:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ vg / ph}$$

Tần số dòng điện trong rôto:

$$f_2 = sf_1 = \frac{n_1 - n}{n_1} f_1 = \frac{1000 - 960}{1000} \cdot 50 = 2 \text{ Hz}$$

Tốc độ tương đối của roto:

$$n_2 = n_1 - n = 1000 - 960 = 40 \text{ vg / ph}$$

## 3.5. Mô hình toán của động cơ không đồng bộ

**Mục tiêu:**

- Phân tích được mô hình toán của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Áp dụng tính toán máy điện không đồng bộ ba pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

**Sơ đồ thay thế stato**

Dây quấn stato của động cơ điện tương tự như dây quấn sơ cấp của máy biến áp,

Trong đó:  $Z_1 = \sqrt{X_1^2 + R_1^2}$  (3.8) tổng trở dây quấn stato

$R_1$  là điện trở dây quấn stato

$X_1 = 2\pi fL$  là điện kháng tản dây quấn stato, đặc trưng cho từ thông tản stato.

$f$ - tần số dòng điện stato.

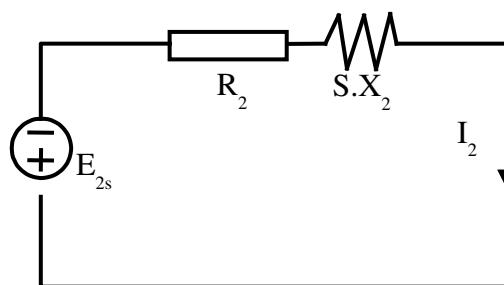
$L_1$ - điện cảm tản stato

$E_1$ - sức điện động pha stato do từ thông của từ trường quay sinh ra có trị số là:

$$E_1 = 4,44f w_1 k_{dq1} \Phi_{\max} \quad (3.9)$$

$w_1, k_{dq1}$  theo thứ tự là số vòng dây quấn và hệ số dây quấn của một pha stato. Hệ số dây quấn  $k_{dq1} < 1$ , nói nên 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 trường quay.

**Sơ đồ thay thế rôto**

Hình 3.10: sơ đồ thay thế rôto

Từ trường chính quay với tốc độ  $n_1$ , rôto quay với tốc độ  $n$  vậy từ trường chính quay đối với dây quấn rôto tốc độ trượt  $n_2 = n_1 - n$ . Như vậy sức điện động và dòng điện trong dây quấn rôto có tần số là:

$$f_2 = pn_2 / 60 = spn_1 / 60 = sf \quad (3.10)$$

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 rôto lúc quay là:

$$E_{2s} = 4,44f_2 w_2 k_{dq2} \Phi_{\max} = 4,44f.s.W_2.k_{dq2} \Phi_{\max} \quad (3.11)$$

$w_2, k_{dq2}$  thứ tự là số vòng dây, hệ số dây quấn của roto. Hệ số  $k_{dq2} < 1$  nói nên sự giảm sức điện động do dây quấn roto dài 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 đứng yên là:

$$E_2 = 4,44f.W_2.k_{dq2}\Phi_{\max} \quad (3.12)$$

Ta thấy

$$E_{2s} = sE_2 \quad (3.13)$$

Sức điện động 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:

$$X_{2s} = 2\pi f_2 L_2 = s2\pi f L_2 = sX_2 \quad (3.14)$$

Trong đó  $L_2$  là điện cảm tản pha dây quấn roto,  $X_2 = 2\pi f L_2$  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 đó ta có tỉ số sđđ pha rôto là:  $K_e = E_1/E_2 = w_1 k_{dq1} / w_2 k_{dq2}$  (3.15)

$K_e$  gọi là hệ số quy đổi sđđ rôto

### **Quy đổi dòng điện Roto về stato động cơ không đồng bộ**

Khi động cơ làm việc, từ trường quay trong máy do 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:

$$n_2 = 60f_2 / p = s60f / p = sn_1 \quad (3.16)$$

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

$$n_2 + n = sn_1 + n = n_1(1-s) = n_1 \quad (3.17)$$

Như vậy, từ trường quay stato và từ trường quay rôto không chuyển động tương đối với nhau. Từ trường tổng hợp của máy là từ trường quay 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 sức từ của động cơ:

$$m_1 w_1 k_{dq1} I_1 - m_2 w_2 k_{dq2} I_2 = m_1 w_1 k_{dq1} I_0 \quad (3.18)$$

Trong đó:  $I_0$  là dòng điện stato lúc không tải

$I_1, I_2$  là dòng điện stato và rôto khi động cơ kéo tải

$m_1, m_2$  là số pha của dây quấn stato và roto

Các hệ số  $m_1 w_1 k_{dq1}$ ,  $m_2 w_2 k_{dq2}$  nói lên từ trường quay quanh do động thời  $m_1$  pha stato và  $m_2$  pha rôto sinh ra và có xét đến số vòng dây và cấu tạo các dây quấn.

Dấu trừ trước  $I_2$  vì ta chọn chiều  $I_2$  không phù hợp với chiều từ thông theo quy tắc vặn nút chai.

Chia hai vế cho  $m_1 w_1 k_{dq1}$  và đặt:

$$I_2 / (m_1 w_1 k_{dq1} / m_2 w_2 k_{dq2}) = I_2 / k_i = I'_2 \quad (3.19)$$

$$\text{Ta có: } I_1 \quad I_0 \quad I'_2 \quad (3.20)$$

$I'_2$  là dòng điện rôto quy đổi về stato, hệ số

$$K_i = m_1 w_1 k_{dq1} / m_2 w_2 k_{dq2} \quad (3.21)$$

Gọi là hệ số quy đổi dòng điện rôto.

**Ví dụ 3.3.** Động cơ không đồng bộ ba pha, tần số 50Hz, quay với tốc độ gần bằng 1000vg/ph lúc không tải và 970vg/ph lúc đầy tải.

1. Động cơ có bao nhiêu cực từ ?
2. Tính hệ số trượt lúc đầy tải ?
3. Tìm tần số điện áp trong dây quấn rotor lúc đầy tải ?
4. Tính tốc độ của :
  - a. Từ trường quay của rotor so với rotor ?
  - b. Từ trường quay của rotor so với stator ?.
  - c. Từ trường quay của rotor so với từ trường quay stator ?.

**Giải.**

Số đôi cực từ của động cơ

$$p = \frac{60f_1}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{1000} = 3$$

Hệ số trượt khi đầy tải:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0.03$$

Tần số dòng điện trong rôto khi đầy tải:

$$f_2 = s f_1 = 0.03 \cdot 50 = 1.5 \text{ Hz}$$

Tốc độ từ trường quay của rôto so với rôto:

$$n_2 = n_1 - n = 1000 - 970 = 30 \text{ vg / ph}$$

Tốc độ từ trường quay của rôto so với stato:

$$n_1 = 1000 \text{ vg / ph}$$

**Ví dụ 3.4.** Một động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn, tần số 50Hz, 6 cực từ 220V có stator đấu  $\Delta$  và rotor đấu Y. Số vòng dây hiệu dụng rotor bằng một nửa số vòng dây hiệu dụng stator. Hãy tính điện áp và tần số giữa các vành trượt nếu :

- a. Rotor đứng yên ?  
b. Hệ số trượt rotor bằng 0,04 ?

**Giải.**

Điện áp và tần số giữa hai vành trượt khi roto đứng yên:

$$U_2 = 0.5 U_1 = 0.5 \cdot 220 \sqrt{3} \approx 90.52V$$

$$f_2 = sf_1 = 1 \cdot 50 = 50Hz$$

Khi  $s = 0.04$  ta có:  $U_{2s} = sU_2 = 0.04 \cdot 90.52 = 3.621V$

$$f_2 = sf_1 = 0.04 \cdot 50 = 2Hz$$

**Ví dụ 3.5.** Tốc độ khi đầy tải của động cơ không đồng bộ tần số 50Hz là 460v/ph. Tìm số cực từ và hệ số trượt lúc đầy tải ?

**Giải.**

Số đôi cực từ của động cơ:  $p = \frac{60f_1}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{500} = 6$

Hệ số trượt khi đầy tải:  $s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{500 - 460}{500} = 0.08$

**3.6. Sơ đồ thay thế động cơ điện không đồng bộ****Mục tiêu:**

- Biết được sơ đồ thay thế của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Vẽ được sơ đồ thay thế
- Áp dụng tính toán máy điện không đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu và tính toán ta thành lập một sơ đồ điện, gọi là sơ đồ thay thế động cơ điện.

Quy đổi roto về stato

$E'_2 = k_e E_2 = E_1$  là sđđ pha rôto quy đổi về stato.

$I'_2 = I_2 / k_i$  là dòng điện rôto quy đổi về stato.

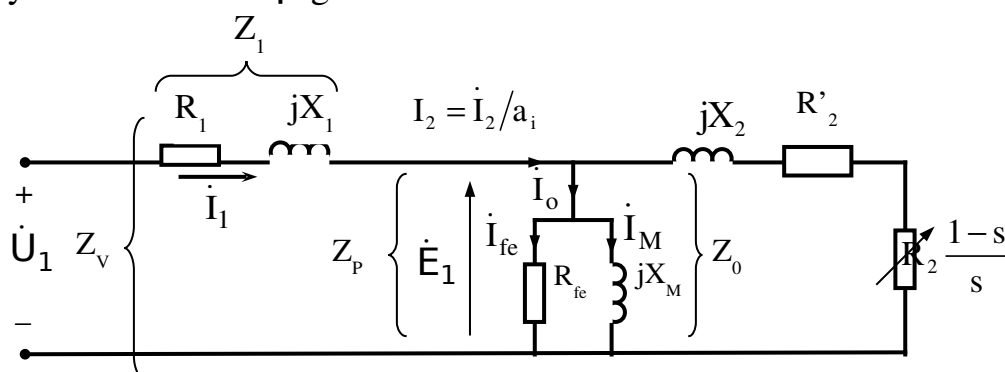
$k_e, k_i$  là hệ số quy đổi sức điện động và hệ số quy đổi dòng điện.

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

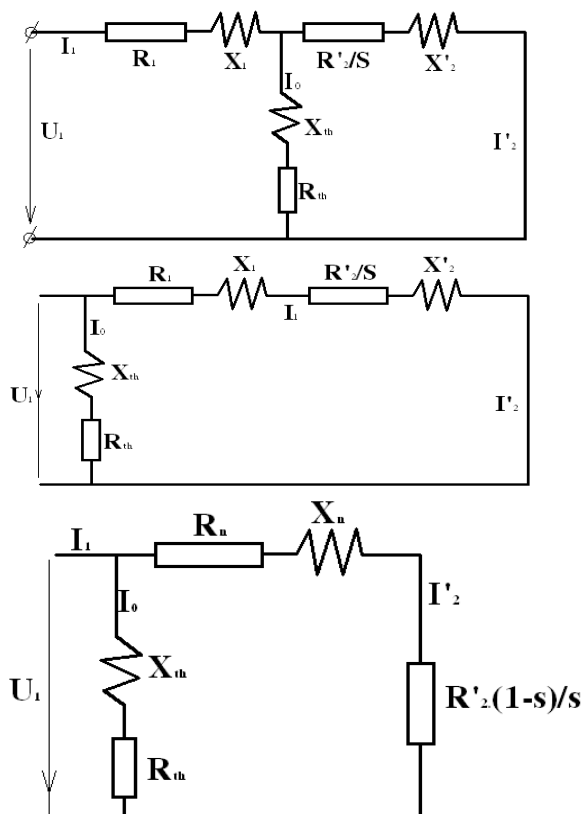
$X'_2 = X_2 k_e k_i$  là điện trở kháng dây quấn rôto quy đổi về stato

$K_e k_i = k$  là hệ số quy đổi tổng trở

Sơ đồ thay thế chính xác động cơ



Sơ đồ thay thế Hình 3.11a: Sơ đồ thay thế máy điện KDB3 pha



Hình 3.11b: sơ đồ thay thế máy điện KDB3 pha

Cũng tương tự như đã nghiên cứu ở máy biến áp hệ phương trình trên là hệ phương trình Kiếschop cho mạch điện. Mạch điện trên là sơ đồ thay thế động cơ điện không đồng bộ.

Để thuận tiện cho việc tính toán, sơ đồ đó được xem gần đúng tương đương được sử dụng nhiều trong tính toán động cơ điện không đồng bộ, trong đó:

$$R_0 = R_1 + R_{th} \quad (3.22)$$

$$X_0 = X_1 + X_{th} \quad (3.23)$$

Ngoài ra nếu làm phép biến đổi đơn giản

$$\frac{R'_2}{S} = R'_2 \frac{R'_2(1-S)}{S} \quad (3.24)$$

Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ trong đó:

$$R_n = R_1 + R'_2 \quad (3.25)$$

$$X_n = X_1 + X'_2 \quad (3.26)$$

$R'(1-s)/s$  là đặc trưng cho công suất cơ  $P_{cơ}$  của động cơ.



**Ví dụ 3.6.** Một động cơ không đồng bộ ba pha 40hp, tần số 60Hz, 4 cực từ, 460V có stator đấu Y đang vận hành ở tốc độ 1447 vòng/phút. Công suất tổn hao phụ ở tải này là 450W, còn tổn hao cơ là 220 W. Các thông số mạch của động cơ qui đổi về stator như sau:

$$R_1 = 0,1418 \quad ; \quad R'_2 = 1,100 \quad ; \quad R_{fe} = 212,73 \quad ; \\ X_1 = 0,7273 \quad ; \quad X'_2 = 0,7284 \quad \quad X_M = 21,7$$

Hãy dùng mạch điện thay thế chính xác để xác định (a) tổng trở vào/pha; (b) dòng điện dây stator

### Giải

Tốc độ đồng bộ:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{vg / ph}$$

Hệ số trượt:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1800 - 1447}{1800} = 0.1961$$

Tổng trở tải:

$$Z_t = R_2 \frac{1-s}{s} = 1.1 \frac{1-0.1961}{0.1961} = 4.5091 \Omega$$

Tổng trở mạch từ hóa:

$$Z_M = \frac{R_{Fe} \quad jX_M}{R_{Fe} + jX_M} = \frac{212.73 \quad j21.7}{212.73 + j21.7} = (2.1908 + j21.4765) \Omega$$

Tổng trở vào của một pha:

$$Z_v = Z_1 + \frac{Z_M (Z_2 + Z_t)}{Z_M + (Z_2 + Z_t)} \\ = 0.1418 + j0.7273 + \frac{(2.1908 + j21.4765) (1.1 + j0.7284 + 4.5091)}{(2.1908 + j21.4765) + (1.1 + j0.7284 + 4.5091)} \\ = 4.9877 + j2.5806 = 5.6158 \angle 27.36^\circ \Omega$$

Dòng điện stato:

$$\dot{I}_1 = \frac{U_1}{Z_v} = \frac{460}{\sqrt{3} \cdot 5.6158 \angle 27.36^\circ} = 42.0029 - j21.732 = 47.2919 \angle -27.36^\circ \text{ A}$$

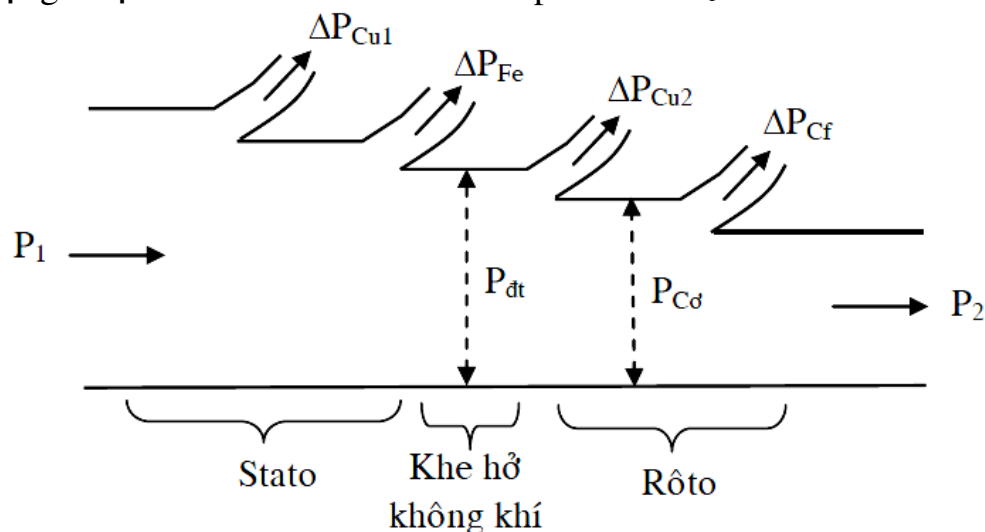
### 3.7. Biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ không đồng bộ

**Mục tiêu:**

- Biết được sơ đồ năng lượng của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Vẽ được sơ đồ năng lượng
- Áp dụng tính toán tổn thất và hiệu suất máy điện không đồng bộ 3 pha

- Có ý thức tự giác trong học tập

Động cơ điện không đồng bộ nhận điện năng của lưới điện, nhờ từ trường quay, điện năng đượ được biến thành cơ năng. Đồ thị quá trình năng lượng được vẽ trên hình sau. Khi số pha stato  $m_1 = 3$  ta có:



Hình 3.12: Biểu đồ năng lượng máy điện 3 pha

$P_1$  – công suất điện động cơ điện tiêu thụ của lưới điện  $P_1 = 3U_1I_1\cos\varphi$

Trong đó  $U_1, I_1$  là điện áp pha và dòng điện pha.

$P_{dt}$  – công suất điện từ

$$P_{dt} = 3I_2^2 \cdot \frac{R_2'}{S} = m_2 \cdot I_2^2 \cdot \frac{R_2}{S} \quad (3.27)$$

$P_{c\sigma}$  – công suất điện từ được tính theo

$$P_{c\sigma} = 3I_2'^2 \cdot R_2' \frac{1}{S} = m_2 \cdot I_2^2 \cdot R_2 \frac{1}{S} \quad (3.28)$$

$P_2$  – công suất cơ hữu ích trên trục động cơ

$$P_2 = P_{c\sigma} - P_{sf} \quad (3.29)$$

$P_{sf}$ : tổn hao do ma sát ổ trục, quạt gió và phụ

Hiệu suất của động cơ điện:

$$\eta = P_2/P_1 = P_2/(P_2 + P) \quad (3.30)$$

$P$ : tổn hao sắt từ trong lõi thép stato do dòng điện xoáy và từ trễ

$P_{d1}$ : tổn hao điện trở dây quấn stato

$$P_{d1} = 3R_1I_1^2 \quad (3.31)$$

$P_{d2}$ : tổn hao điện trở dây quấn rôto

$$P_{d2} = 3R_2'I_2'^2 = m_2R_2I_2^2 \quad (3.32)$$

Tổn hao sắt từ trong lõi thép rôto nhỏ (có thể bỏ qua)

Thông thường người ta xác định gần đúng hiệu suất như sau:

$$\eta = P_2 / (P_2 + P_0 + k_t^2 P_n) \quad (3.33)$$

Trong đó :  $k_t = I_1 / I_{1dm}$  (3.34) hệ số tải

$P_0 = P_{st} + P_{cf}$  (3.35) tổn hao không tải

$P_n$  là tổn hao điện trở dây quấn stato và rôto khi dòng điện bằng định mức

Hiệu suất định mức của động cơ không đồng bộ khoảng  $0,75 \div 0,95$

### 3.8. Momen quay của động cơ không đồng bộ ba pha

#### Mục tiêu:

- Biết được mô men của máy điện không đồng bộ 3 pha

- Áp dụng tính toán mô men quay của máy điện không đồng bộ 3 pha

- Có ý thức tự giác trong học tập

Ở chế độ động cơ điện, mômen điện từ đóng vai trò mômen quay.

$$M = M_{dt} = P_{dt} / \omega_1 \quad (3.36)$$

$P_{dt}$  là công suất điện từ được tính theo

$$P_{dt} = 3I_2'^2(R_2'/s) \quad (3.37)$$

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

$\omega_1 = \omega/p$  là tần số góc dòng điện stato

$p$  là số đôi cực từ

Dựa vào sơ đồ gần đúng, dòng điện  $I_2'$  được tính là:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (3.38)$$

Cuối cùng ta có:

$$M = \frac{3PU^2_1R_2'}{S (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2} \quad (3.39)$$

**Ví dụ 3.6.** (Tiếp) Tính dòng rotor; (c) công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến và hệ số công suất được cấp từ lưới điện; (d) các tổn hao; (e) công suất điện từ, công suất cơ; công suất ra, hiệu suất; (f) moment điện từ, moment trên đầu trục; (g) vẽ giản đồ năng lượng và ghi các số liệu.

#### Giải.

Điện áp trên roto:

$$\begin{aligned} \dot{E}_1 &= \dot{I}_1 \frac{Z_M (Z_2 + Z_t)}{Z_M + (Z_2 + Z_t)} \\ &= 27.7668 \angle -37.58^\circ \frac{(1.9827 + j26.4413) (0.3900 + j2.1510 + 12.61)}{(1.9827 + j26.4413) + (0.3900 + j2.1510 + 12.61)} \\ &= 299.5 - j25.252 = 300.5601 \angle -4.8195^\circ V \end{aligned}$$

Dòng điện roto:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_1}{Z_2 + Z_t} = \frac{300.5601 \angle -4.8195^\circ}{0.3900 + j2.1510 + 12.61} = 22.1115 - j5.6011 = 22.8099 \angle -14.2^\circ \text{ A}$$

Công suất lấy từ lưới điện:

$$S = \sqrt{3} U_1 I_1 = \sqrt{3} \cdot 575 \cdot (22.0064 - j16.9358) = 21917 - j16867 = 27656 \angle -37.58^\circ \text{ VA}$$

$$S_1 = 27656 \text{ VA}$$

$$P_1 = 21917 \text{ W}$$

$$Q_1 = 16867 \text{ VAR}$$

Hệ số công suất của động cơ:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{21917}{27656} = 0.7925$$

Các tổn hao trong máy:

$$P_{Cu1} = 3 I_1^2 R_1 = 3 \cdot 27.7668^2 \cdot 0.3723 = 861.247 \text{ W}$$

$$P_{Cu2} = 3 I_2^2 R_2 = 3 \cdot 22.8099^2 \cdot 0.39 = 608.74 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = 3 \frac{E_1^2}{R_{Fe}} = 3 \frac{300.5601^2}{354.6} = 764.2672 \text{ W}$$

Công suất của động cơ:

$$P_{dt} = 3 \frac{I_2^2 R_2}{s} = 3 \frac{22.8099^2 \cdot 0.39}{0.03} = 20291 \text{ W}$$

$$P_{co} = (1 - s) P_{dt} = (1 - 0.03) \cdot 20291 = 19683 \text{ W}$$

$$P_2 = P_{co} - p_{co} - p_f = 19683 - 230.5 - 115.3 = 19337 \text{ W}$$

Hiệu suất của động cơ:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{19337}{21917} = 0.8823$$

Mô men của động cơ:

$$M = \frac{P_{dt}}{\omega_1} = \frac{60 P_{dt}}{2\pi n_1} = \frac{60 \cdot 20291}{2\pi \cdot 1200} = 161.4733 \text{ Nm}$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{60 P_2}{2\pi(1-s)n_1} = \frac{60 \cdot 19337}{2\pi \cdot (1-0.03) \cdot 1200} = 158.6364 \text{ Nm}$$

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

**Mục tiêu:**

- Biết được các phương pháp mở máy của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Phân biệt được các phương pháp mở máy
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

Quá trình mở máy của động cơ là quá trình đưa tốc độ động cơ từ khi n tăng thì phương trình cân bằng động về moment như sau:

$$M_d = M_c + M_j + J \frac{d\omega}{dt} \quad (3.40)$$

Trong đó:

$M_D, M_c, M_j$ : moment điện từ của động cơ, moment cản, moment quán tính.

$J = \frac{G \cdot D^2}{49}$ : hằng số quán tính

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ : gia tốc trọng trường

$G$ : trọng trường phân quay

$D$ : đường kính phân quay

$\omega$ : tốc độ góc của rotor

Để tốc độ của động cơ tăng thuận lợi thì  $M = M_c + J \frac{d\omega}{dt} > 0$

Khi bắt đầu mở máy  $s = 1$ :

$$I_{mm} = \frac{U_{1pha}}{\sqrt{R_1 + R_2 + s x_n^2}} \quad (4-7) I_{dm} \quad (3.41)$$

Trên thực tế, mạch từ tản của máy bão hòa nhanh X giảm  $\rightarrow I_{mm}$  còn lớn hơn nhiều so với trị số tính theo công thức trên.

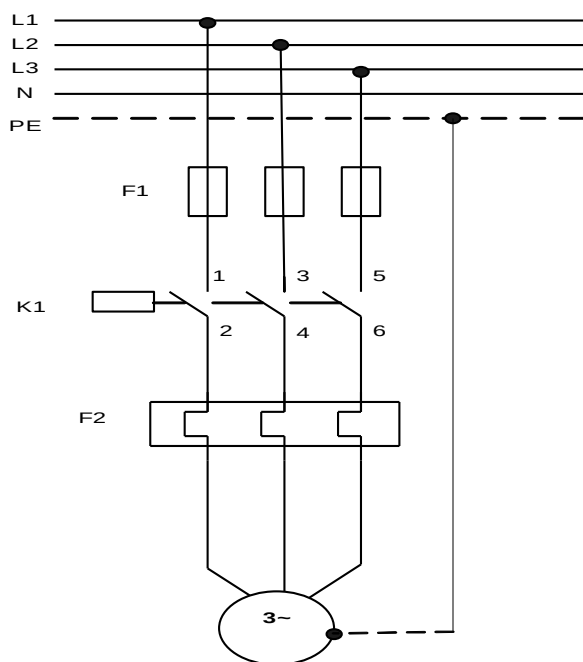
\* Các yêu cầu khi mở máy

- Mômen mở máy đủ lớn để thích ứng với đặc tính cơ của tải.
- $I_{mm}$  càng nhỏ càng tốt
- Phương pháp mở máy và thiết bị cần dùng đơn giản, rẻ tiền, chắc chắn.
- Tổn hao công suất trong quá trình mở máy càng thấp càng tốt.

### 3.9.1. Mở máy động cơ lồng sóc

a) *Mở máy trực tiếp*: là đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện.

Dòng điện mở máy lớn, chỉ dùng cho các máy có công suất nhỏ. Nếu máy có công suất lớn thì dùng trong lưới điện có công suất lớn. Phương pháp này mở máy nhanh, đơn giản.



Hình 3.13 Mở máy trực tiếp

**Ưu điểm:** Mở máy nhanh và đơn giản

**Khuyết điểm:** Dòng điện mở máy lớn, làm sụt điện áp lưới rất nhiều, nếu quán tính máy lớn thời gian mở máy lâu sẽ cháy cầu chì bảo vệ.

b) **Hạ điện áp mở máy**

Khi mở máy giảm điện áp đặt vào động cơ, để giảm dòng điện mở máy.

Khuyết điểm là mômen mở máy giảm đi rất nhiều nên dùng cho các trường hợp không yêu cầu mômen mở máy lớn, Chỉ dùng với các thiết bị yêu cầu moment mở máy nhỏ.

**Dùng cuộn kháng bảo hòa trong mạch stator**

Khi mở máy đóng  $D_1$ ,  $D_2$  mở:

Mở máy xong đóng  $D_2$

- Lúc mở máy trực tiếp:

$$I_{mm} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{R_n^2 + x_n^2}} \frac{U_{dm}}{Z_n} \quad (3.42)$$

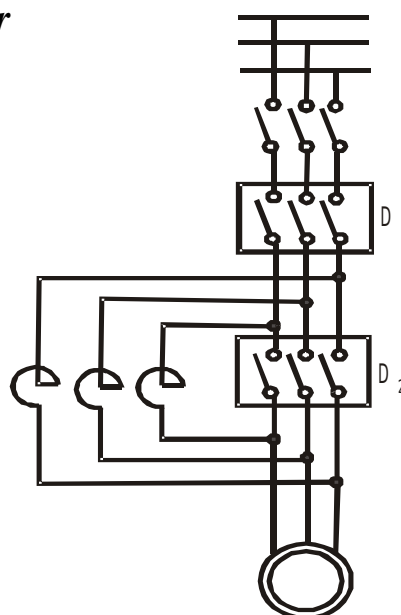
$$M_{mm} = \frac{m_1 I_{mm}^2 r_2'}{s} \quad (3.43)$$

- Lúc mở máy có cuộn kháng (điện kháng  $x_k$ ):

$$I_{mmk} = \frac{U_{dm}}{\sqrt{R_n^2 + x_n^2 + x_k^2}} \quad (3.44)$$

$$M_{mmk} = \frac{m_1 I_{mmk}^2 r_2'}{s} \quad (3.45)$$

Từ đó, ta có:



Hình 3.14. Hạ áp mở máy bằng điện kháng

$$\frac{I_{mmk}}{I_{mm}} = \frac{\sqrt{R_n^2 x_n^2}}{\sqrt{R_n^2 x_n x_k^2}} = k \quad 1 \quad \frac{M_{mmk}}{M_{mm}} = \frac{R_n^2 x_n^2}{R_n^2 x_n x_k^2} = k^2 \quad (3.46)$$

Theo phương pháp này  $I_{mm}$  giảm  $k$  lần thì  $M_{mm}$  giảm  $k^2$  lần. Phương pháp chỉ được dùng trong các trường hợp mà vấn đề trị số  $M_{mm}$  không có ý nghĩa quan trọng.

### **Dùng biến áp tự ngẫu hạ $U$ mở máy**

Khi mở máy đóng  $D_1$  và  $D_3$ , khi  $n = n_{dm}$  đóng  $D_2$ , ngắt  $D_3$ .

Gọi:

- $U_1, I_1$ : là điện áp và dòng điện của lưới.
- $U'_{mm}, I'_{mm}$ : điện áp trên cực động cơ và dòng điện stator động cơ.
- $K_T$ : là tỉ số biến áp ( $K_T < 1$ )
- $Z_n$ : là tổng trở một pha.

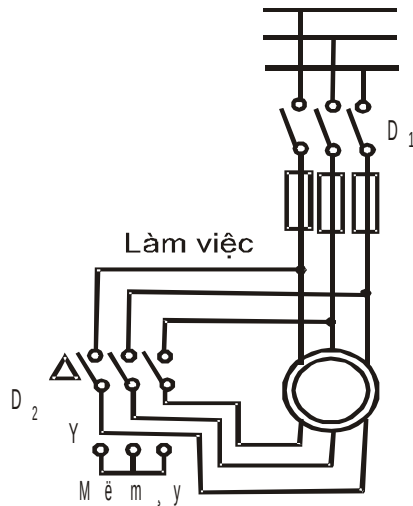
$$U'_{mm} = K_T \cdot U_1 \quad (3.47)$$

$$I'_{mm} = \frac{U'_{mm}}{Z_n} = \frac{U_1}{Z_n} k_T \quad (3.48)$$

$$I_1 = I'_{mm} k_T = \frac{U_1}{Z_n} k_T^2 = k_T^2 I'_{mm} \quad (3.49)$$

vì  $k_T = \frac{U'_{mm}}{U_1} = \frac{I}{I'_{mm}} = \frac{U'_{mm}}{U_1 k_T} \quad (3.50)$

$$I'_{mm} = \frac{I_1}{k_T}; \quad M'_{mm} = k_T^2 M_{mm} \quad (3.51)$$



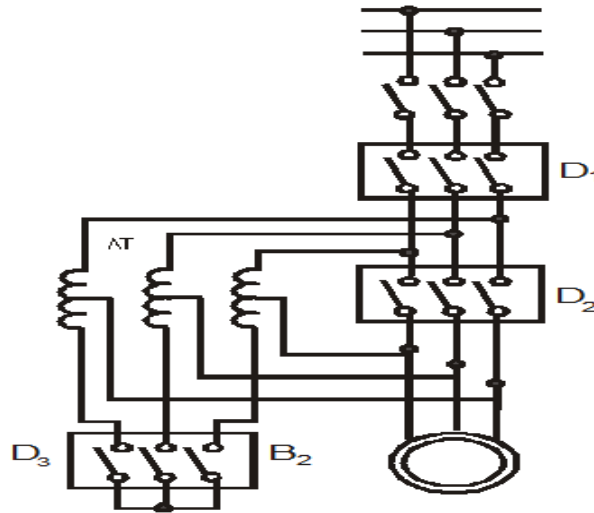
Hình 3.15. Mở máy bằng phương pháp sao tam giác

Như vậy, khi mở máy bằng biến áp tự ngẫu dòng điện trong lưới giảm đi  $k^2$  lần so với  $I_{mm}$  khi nối trực tiếp.

**Phương pháp: Y – Δ**

Chỉ sử dụng với động cơ có 2 cấp điện áp 220/380 và làm việc thường trực ở cấp 220V.

Cách mở máy: Đóng dao đổi nối  $D_2$  về vị trí mở máy (Y). Đóng  $D_1$ . Khi  $n = n_{đm}$  đổi  $D_2$  sang vị trí làm việc.



Hình 3.16 Hạ điện áp mở máy bằng biến áp tự ngẫu

Gọi:  $U_L$ : là điện áp của lưới.

$U_Y$ : điện áp pha khi dây quấn nối Y, Δ.

$I_{mmLY}$ ,  $I_{mmL}$  : dòng điện mở máy trong lưới khi đấu Y, Δ.

$I_{mmfDY}$ ,  $I_{mmfD}$  : dòng điện mở máy pha trong dây quấn stator khi nối Y, Δ.

$Z_n$ : tổng trở ngắn mạch một pha.

\* Khi đấu Y:  $I_{mmLY} = I_{mmfDY} \frac{U_Y}{Z_n} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z_n}$  (3.52)

\* Nếu đóng động cơ vào lưới khi đấu Δ:  $I_{mmfD} = \frac{U}{Z_n} = \frac{U_L}{Z_n}$  (3.53)

Và  $I_{mmL} = \sqrt{3} \cdot I_{mmfD} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_L}{Z_n}$  (3.54)

Lập:  $\frac{I_{mmLY}}{I_{mmL}} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z_n} \cdot \frac{Z_n}{\sqrt{3} \cdot U_L} = \frac{1}{3}$  (3.55)

Dòng điện mở máy trong lưới khi nối Y nhỏ hơn nhiều khi nối Δ 3 lần.

$M_{mm}$  cũng giảm đi 3 lần:  $M_{mmY} = U_Y^2 \cdot \frac{1}{3}$  (3.56)



Trong khi  $M_{\text{mm}} \propto U^2 \propto U_L^2$ . Coi phương pháp này là trường hợp đặc biệt mở máy bằng biến áp tự ngẫu có  $k_T = \sqrt{3}$ .

### 3.9.2. Mở máy động cơ rôto dây quấn

Khi mở máy dây quấn rôto nối với biến trở mở máy. Lúc đầu biến trở lớn nhất, sau đó giảm dần về không.

$$I_{P\text{mm}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_f')^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (3.57)$$

Mômen mở máy cực đại khi

$$s_{th} = 1 \Leftrightarrow \frac{R_2' + R_f'}{X_1 + X_2'} = 1 \quad (3.58)$$

*Ưu điểm:* Dòng điện mở máy giảm, nhưng  $M_{\text{mm}}$  tăng.

### 3.10. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ

#### Mục tiêu:

- *Biết được phương pháp điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ 3 pha*

- *Áp dụng điều chỉnh tốc độ máy điện không đồng bộ 3 pha*

- *Có ý thức tự giác trong học tập*

Người ta phân biệt các phương pháp điều chỉnh tốc độ theo cách tác dụng vào động cơ:

- Từ phía stator: Thay đổi điện áp  $U$ , tần số  $f$ , số đôi cực  $p$ .

- Từ phía rotor: Thay đổi điện trở trong mạch rotor, đưa vào mạch rotor một s.đ.đ phụ có cùng tần số với s.đ.đ chính của rotor.

**Điều chỉnh  $n$  bằng cách thay đổi số đôi cực:**

Tốc độ quay đồng bộ  $n_1 = \frac{60f_1}{p}$  nếu  $f_1$  đã cho thì khi

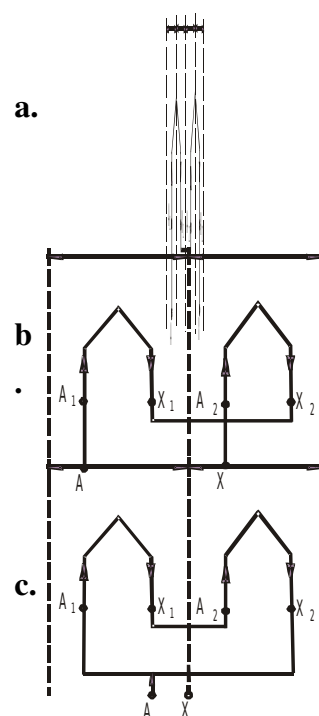
$p$  thay đổi  $\rightarrow n_1$  thay đổi  $\rightarrow n$  thay đổi.

Sơ đồ nguyên tắc đổi số đôi cực: Có thể đổi nối số đôi cực stator bằng cách sau:

- Đặt vào stator một dây quấn và thay đổi số cực bằng cách đổi nối tương ứng các phần của nó, chỉ dùng với động cơ có 2 cấp tốc độ 2: 1.

- Chế tạo 2 dây quấn độc lập có số đôi cực khác nhau, chỉ dùng với động cơ có cấp tốc độ 4/3 hoặc 6/5.

- Chế tạo 2 dây quấn độc lập trên stator, mỗi cái lại có đổi nối các cực. Ví dụ: muốn cho động cơ có 4 cấp tốc độ quay đồng bộ 1500, 1000, 750, 500



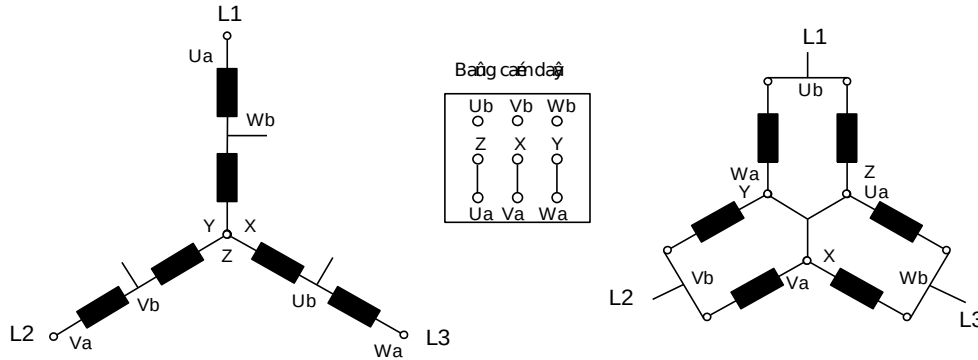
Hình 3.17. Sơ đồ nguyên lý về thay đổi số đôi cực

vòng/1phút thì trên stator có thể đặt 2 dây quấn: một dây quấn có số cực là  $2p = 4$  và  $2p = 8$ , còn một dây quấn có số cực là  $2p = 6$  và  $2p = 12$ .

+ Phương pháp đấu giữa các pha để đổi cực:

Tùy theo cách đấu Y hay  $\Delta$  và cách đấu dây quấn pha song song hay nối tiếp mà người ta chế tạo động cơ điện hai tốc độ thành hai loại:  $M = \text{const}$  và  $P = \text{const}$ .

*Trường hợp đổi từ Y  $\rightarrow$  YY:*



*Hình 3.18 Sơ đồ đấu dây quấn thay đổi cực từ Y sang YY tỉ lệ thay đổi tốc độ 2:1 với  $M = \text{const}$*

Khi chuyển từ số đôi cực lớn thành nhỏ hơn cần phải đổi nối các đầu ra của các dây quấn các pha sao cho chiều quay của động cơ vẫn như trước.

Trường hợp đấu Y, số đôi cực  $p_2$  lớn gấp 2 lần trường hợp YY, để tăng  $n$  thì ta đấu theo trường hợp YY. Nếu gọi  $U_L$  là điện áp lưới và dòng điện định mức cho phép lớn nhất trong nửa pha của dây quấn  $I_f$ . Bỏ qua điều kiện làm nguội khác nhau thì có thể chấp nhận  $I_f$  giống nhau ở cả 2 tốc độ quay.

$$\text{Đấu Y: } I_L = I_f$$

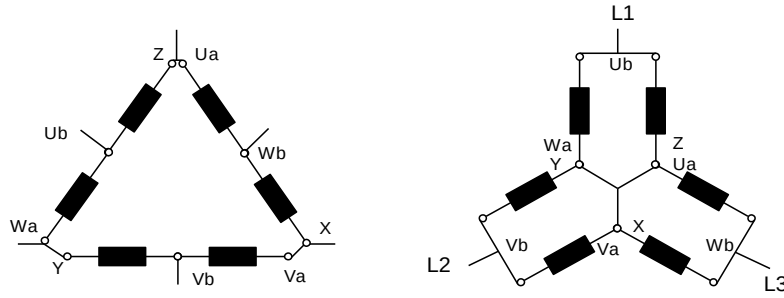
$$\text{Đấu YY: } I_L = 2I_f$$

$$\text{Công suất: } P_{2Y} = \sqrt{3}U_L I_f \cos \varphi \quad (3.59)$$

$$\text{Nếu coi } \eta, \cos \varphi = \text{const thì: } \frac{P_{2YY}}{P_{2Y}} = 2$$

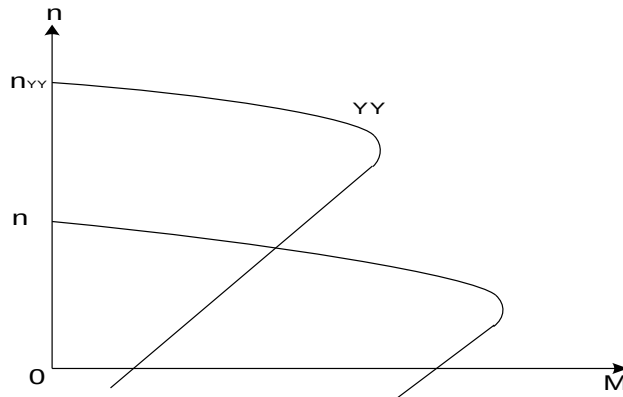
$$\text{Ta đã biết } P = M\omega \text{ mà } \omega_1 = 2\omega_{II} \text{ nên: } \frac{P_{2YY}}{P_{2Y}} = \frac{M_{2I}\omega_1}{M_{2II}\omega_{II}} = 2 \frac{M_{2I}}{M_{2II}} = \text{const} \quad (3.60)$$

*Đấu  $\Delta \rightarrow$  YY:*



Hình 3.19. Sơ đồ đấu dây quấn thay đổi cực từ Δ sang YY tỉ lệ thay đổi tốc độ 2:1 với  $P = const$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi & \sqrt{3}U_L \sqrt{3}I_L \cos \varphi & \\
 P_{2YY} &= \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi & \sqrt{3}U_L 2I_L \cos \varphi & \\
 \frac{P_{2YY}}{P_2} &= \frac{\sqrt{3}U_L 2I_L \cos \varphi}{\sqrt{3}U_L \sqrt{3}I_L \cos \varphi} = \frac{2}{\sqrt{3}} \approx 1,15 & 1 & \quad P = const \quad M = var
 \end{aligned}
 \tag{3.61}$$



Hình 3.20. Đặc tính cơ của động cơ điện 2 tốc độ đấu Δ sang YY

**Thay đổi tần số:**

Ta đã biết:  $n = n(1 - s) = \frac{60f_1}{p} (1 - s)$

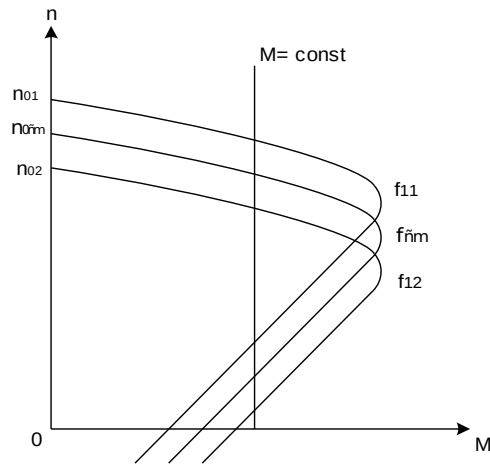
M.P Kôxtenkô đã nghiên cứu vấn đề này và chứng minh rằng: Nếu ta muốn cho động cơ làm việc ở những tần số khác nhau với các trị số hiệu suất, hệ số công suất,  $K_M$ ... không đổi, thì khi thép không bão hòa, đồng thời với việc biến thiên tần số ta phải điều chỉnh U, theo f và M theo qui luật sau:

$$\frac{U'_1}{U_1} = \frac{f'_1}{f_1} \sqrt{\frac{M'}{M}} \tag{3.62}$$

Ở đây:  $U'_1, M'$  là điện áp và moment ứng với  $f_1$ .  
 $U_1, M$  là điện áp và moment ứng với  $f_1$ .

Khi  $M = const$ :  $\frac{U'_1}{U_1} = \frac{f'_1}{f_1} = \frac{U_1}{f_1} = const$  (3.63)

Tức là điện áp đặt vào động cơ phải tỷ lệ thuận với f. Ta có dạng đồ thị biểu thị quan hệ giữa mô men của tải và đặc tính cơ của động cơ như sau:

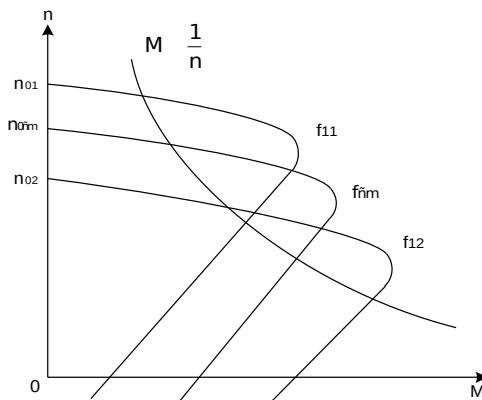


Hình 3.21. Đặc tuyến Thay đổi tần số khi  $M=\text{const}$

Khi  $P = \text{const}$ :Thì moment của động cơ biến thiên tỷ lệ nghịch với  $n$ :

$$M \propto \frac{1}{n} \quad M \propto \frac{1}{f_1} \quad (3.63)$$

Tức là  $\frac{M'}{M} = -\frac{f_1'}{f_1}$  nên ta có:  $\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1} \sqrt{\frac{f_1}{f_1'}} = \frac{U_1'^2}{U_1^2} = \frac{f_1'}{f_1} = \frac{U_1'^2}{f_1'^2} = \text{const} \quad (3.64)$

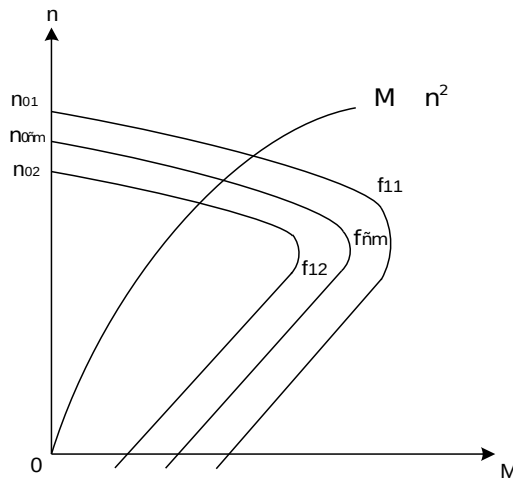


Hình 3.22. Đặc tuyến Thay đổi tần số khi  $P=\text{const}$

Khi  $M \propto n^2$  ( $M \propto f_1^2$ ):

$$\frac{M'}{M} = \frac{f_1'^2}{f_1^2} = \frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'^2}{f_1^2} = \frac{U_1'}{f_1^2} = \text{const} \quad (3.65)$$

Điện áp đặt vào động cơ phải tỷ lệ thuận với bình phương tần số.



Hình 3.23. Đặc tuyến Thay đổi tần số khi  $M=n^2$

### 3.11. Động cơ không đồng bộ một pha

#### Mục tiêu:

- Phân tích được cấu tạo và nguyên lý của máy điện không đồng bộ một pha
- Phân biệt được các loại máy điện không đồng bộ
- Có ý thức tự giác trong học tập

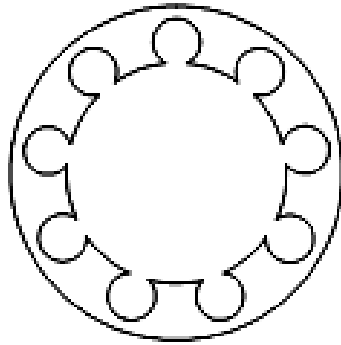
#### 3.11.1 Cấu tạo động cơ điện xoay chiều một pha

Động cơ điện là thiết bị hoạt động dựa trên hiện tượng lực điện từ cho nên cấu tạo cơ bản của nó gồm có bộ phận điện là cuộn dây và bộ phận dẫn từ là lõi thép. Theo kết cấu, động cơ điện bao giờ cũng có hai phần chính là phần tĩnh (stato) và phần quay (rôto) được ngăn cách nhau bằng khe hở không khí.

Stato là một khối thép hình vành khăn được đặt vừa khít trong một vỏ kim loại. Vỏ này có hai nắp ở hai đầu, chính giữa hai nắp có hai ổ bạc hoặc hai ổ bi. Vỏ và nắp có nhiệm vụ định vị cho rôto và stato được đồng tâm để khi quay, chúng không bị va chạm vào nhau. Trong lòng stato người ta khoét các rãnh để đặt các cuộn dây, các cuộn dây này được gọi là các cuộn dây stato, nó có nhiệm vụ tạo ra từ trường quay. Tùy theo cấu tạo của các cuộn dây stato mà các rãnh này có thể bằng nhau hoặc có thể rộng, hẹp khác nhau. Để chống dòng fucô sinh nóng động cơ stato không phải được đúc liền một khối mà được ghép bằng lá thép kỹ thuật điện mỏng, bên ngoài của các lá thép được phủ một lớp sơn cách điện.

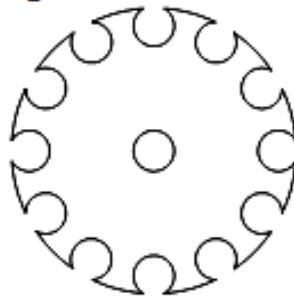
Đa số các stato đều nằm bên ngoài chỉ trong một số trường hợp đặc biệt stato mới được nằm bên trong (các loại quạt trần). Hình 3.15 mô tả một lá thép stato trong những động cơ thông dụng.

Rôto là một khối thép hình trụ cũng được ghép bằng thép lá kỹ thuật điện mỏng với rãnh ở mặt ngoài. Trong các rãnh có đặt các cuộn dây, gọi là cuộn dây rôto.



**Hình 3.24. Hình dạng lá thép stato**

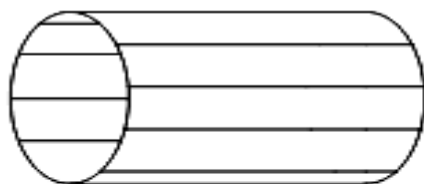
Các cuộn dây này có nhiệm vụ sinh ra dòng điện cảm ứng để tác dụng tương hỗ với từ trường quay, tạo thành mômen quay làm quay rôto. Chính giữa tâm của rôto có một trục tròn và thẳng. Trục này sẽ được xuyên qua hai nắp của động cơ ở chỗ ổ bạc hoặc ở bi để truyền chuyển động quay của rôto ra phía ngoài. Rôto này được gọi là rôto quấn dây nó có nhược điểm phải sử dụng bộ góp bằng chổi quét và vành khuyên nên hay hỏng và sinh nhiễu điện từ. Hình 3.16 mô tả một lá thép rôto quấn dây của động cơ điện thông dụng.



**Hình 3.25. Hình dạng lá thép rôto**

#### **quấn dây**

Đa số các động cơ không đồng bộ đang sử dụng trong kỹ thuật và đời sống hiện nay đều sử dụng rôto có cuộn dây thường xuyên ngắn mạch. Loại rôto này có mặt ngoài được xẻ thành những rãnh, bên trong các rãnh có các thanh đồng, nhôm hoặc nhôm pha chì được nối với nhau ở hai đầu tạo thành một cái lồng. Loại rôto này được gọi là rôto ngắn mạch hay rôto lồng sóc. Mỗi một đôi thanh nhôm có tác dụng như một khung dây khép kín, cả cái lồng hình thành một cuộn dây ngắn mạch



**Hình 3.26. Hình dạng lá thép rôto lồng sóc**

### 3.11.2 Cách tạo ra từ trường quay ở cuộn dây stato động cơ điện xoay chiều một pha.

Động cơ điện xoay chiều một pha là loại động cơ có công suất nhỏ (cỡ 600W trở lại) nó được sử dụng rộng rãi nhất trong kỹ thuật cũng như trong đời sống bởi vì nó dùng được ở mạng điện một pha 110V hay 220V thông dụng (một dây nóng và một dây nguội). Các động cơ điện xoay chiều một pha có rôto lồng sóc và cuộn dây một pha đặt trong rãnh stato. Bây giờ ta hãy nghiên cứu các cách tạo ra từ trường quay trong động cơ điện xoay chiều một pha.

Nếu trong rãnh lõi thép stato ta chỉ đặt một cuộn dây thì khi cho dòng điện xoay chiều một pha chạy qua trong động cơ chỉ sinh ra từ trường đập mạch (tức là không có từ trường quay). Từ trường này có thể phân tích thành hai loại từ trường quay trong không gian với vận tốc và độ lớn bằng nhau nhưng ngược chiều nhau. Do vậy momen quay tổng hợp ở trên rôto bằng không. Kết quả động cơ không thể quay được.

Lúc này, nếu ta dùng tay moi cho động cơ quay theo chiều nào đó thì nó sẽ quay theo chiều ấy nhưng do có momen khởi động rất nhỏ nên động cơ quay lờ lờ và gần như không kéo được tải.

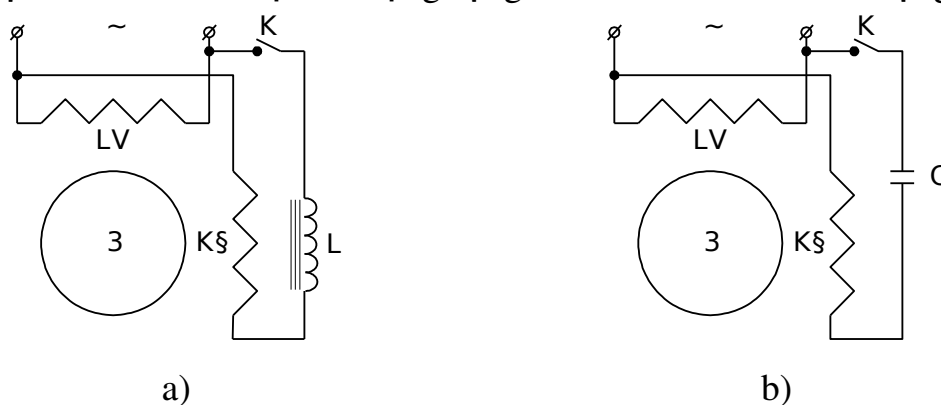
Để khởi động động cơ điện xoay chiều một pha, người ta phải sử dụng những sơ đồ đặc biệt như cuộn dây phụ khởi động hay dùng văng chập mạch. Bây giờ ta sẽ đi tìm hiểu sâu hơn về các loại này:

### 3.11.3 Khởi động động cơ điện xoay chiều một pha.

Để tạo ra từ trường quay trong thời gian khởi động, người ta đặt thêm vào trong lõi thép stato một cuộn dây thứ hai gọi là cuộn dây phụ khởi động (thường gọi là cuộn đề hay cuộn dây khởi động). Cuộn thứ nhất gọi là cuộn chạy cuộn công tác hay cuộn làm việc. Cuộn dây khởi động được đặt lệch trong không gian so với cuộn làm việc một góc  $90^\circ$  (độ điện) tương tự như cuộn thứ hai của động cơ điện xoay chiều hai pha. Ở đây nó là cuộn dây phụ, và đôi khi chỉ dùng trong thời gian khởi động nên kích thước dây nhỏ hơn ở cuộn làm việc.

Người ta cũng làm cho dòng điện xoay chiều trong cuộn dây làm việc và cuộn dây khởi động lệch pha nhau  $90^\circ$  về thời gian ( $1/4$  chu kỳ) để có được từ trường quay như ở động cơ điện xoay chiều hai pha người ta đấu nối tiếp cuộn dây khởi động với một cuộn cảm hoặc một tụ điện. Như vậy, động cơ điện sẽ tự khởi động được khi đóng vào lưới điện một pha.

Đấu bằng cuộn cảm dòng điện trong cuộn làm việc và cuộn khởi động không bao giờ đạt được lệch pha đúng  $90^\circ$  nên ít được dùng vì có mômen khởi động nhỏ. Khi đấu bằng tụ điện điều kiện lệch pha gần  $90^\circ$  được thực hiện cho nên nó được sử dụng rộng rãi do có mômen khởi động lớn.



Hình 3.27. Sơ đồ nguyên lý động cơ điện xoay chiều một pha:

a) Đấu nối tiếp cuộn cảm trong cuộn dây phụ khởi động.

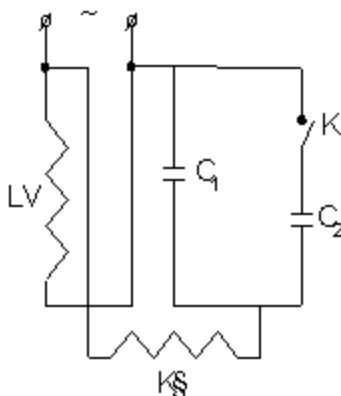
b) Đấu nối tiếp tụ điện trong cuộn dây phụ khởi động.

Như vậy, động cơ điện xoay chiều một pha dùng cuộn dây phụ khởi động có nguyên tắc hoạt động giống hệt như động cơ điện xoay chiều hai pha. Điểm khác biệt duy nhất ở đây là cả hai cuộn dây của động cơ điện xoay chiều hai pha được quấn cùng cỡ dây còn cuộn khởi động của động cơ điện xoay chiều một pha được quấn bằng cỡ dây bé hơn cỡ dây của cuộn làm việc. Có thể dùng động cơ điện xoay chiều hai pha để mắc vào động cơ điện xoay chiều một pha, hoặc cũng có thể dùng động cơ điện xoay chiều một pha để mắc vào động cơ điện xoay chiều ba pha, vậy sử dụng động cơ điện xoay chiều ba pha ở những nơi đó sẽ có lợi hơn nhiều vì vừa có khả năng cho công suất lớn, vừa có kích thước thu nhỏ gọn lại vừa tiêu tốn ít điện năng hơn. Còn những nơi chỉ có lưới điện xoay chiều một pha thông thường (một dây nóng và một dây nguội) thì đã có động cơ xoay chiều một pha đáp ứng. Vì thế chúng ta hãy coi như động cơ điện xoay chiều hai pha và động cơ điện xoay chiều một pha chỉ là một và gọi chung là động cơ điện xoay chiều một pha.

Trong động cơ điện xoay chiều một pha, cuộn dây phụ khởi động có thể được đấu liên tục trong suốt thời gian vận hành nhưng cũng có thể chỉ trong thời gian khởi động động cơ. Đấu liên tục sẽ cho mômen khởi động



lớn nhưng hiệu suất làm việc của động cơ sẽ bị giảm thấp (hiệu suất làm việc được tính là tỷ số giữa công suất trên trục động cơ và công suất tiêu thụ từ nguồn). Nghĩa là tổn điện và gây nóng động cơ. Nếu không liên tục sẽ cho hiệu suất cao hơn nhưng mômen khởi động lại giảm thấp.



**Hình 3.28.** Dùng cả tụ khởi động và tụ làm việc trong động cơ điện xoay chiều một pha.

Để cải thiện đặc tính khởi động của động cơ điện xoay chiều một pha có khi người ta sử dụng hai tụ điện, một tụ để khởi động được ngắt ra khi tốc độ động cơ đã lên tới 70 đến 80% tốc độ định mức, và một tụ thường trực luôn luôn đấu nối tiếp với cuộn khởi động. Khi đó, cả mômen khởi động và hiệu suất của động cơ điện đồng thời được nâng cao.

Để ngắt cuộn khởi động ra khỏi lưới điện sau khi động cơ đã chạy, người ta thường dùng công tắc kiểu li tâm bố trí trên trục của động cơ. Đôi khi người ta còn dùng rơle từ hoặc rơle nhiệt để thay cho công tắc ly tâm.

### 3.12. Sử dụng động cơ điện ba pha vào lưới điện một pha

#### Mục tiêu:

- Biết được phương pháp sử dụng máy điện không đồng bộ 3 pha hoạt động ở lưới điện một pha.
- Vẽ được sơ đồ đấu nối
- Áp dụng đấu nối thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

Động cơ 3pha có thể làm việc ở lưới 1pha như động cơ 1pha khi dùng tụ điện mở máy động cơ có thể đạt đến 80% công suất định mức. Tuy nhiên người ta thường áp dụng với động cơ có công suất nhỏ dưới 2KW . Khi đó mỗi động cơ cần phải chọn cho 1 sơ đồ và trị số tụ điện cho phù hợp .

**Về nguyên tắc chuyển đổi các cuộn dây 3pha sang hoạt động 1pha**

a. Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ

- Sơ đồ hình 3.29a

+ Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ  $U = U_f$

+ Điện dung làm việc của tụ điện  $C_{LV} = 4800 \frac{I_f}{U} \quad F \quad (3.66)$

+ Điện áp làm việc của tụ:  $U_c = U$  Nếu dòng điện pha định mức của động cơ ba pha, đơn vị là ampe.

- Sơ đồ hình 3.29b

+ Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ  $U = U_f$

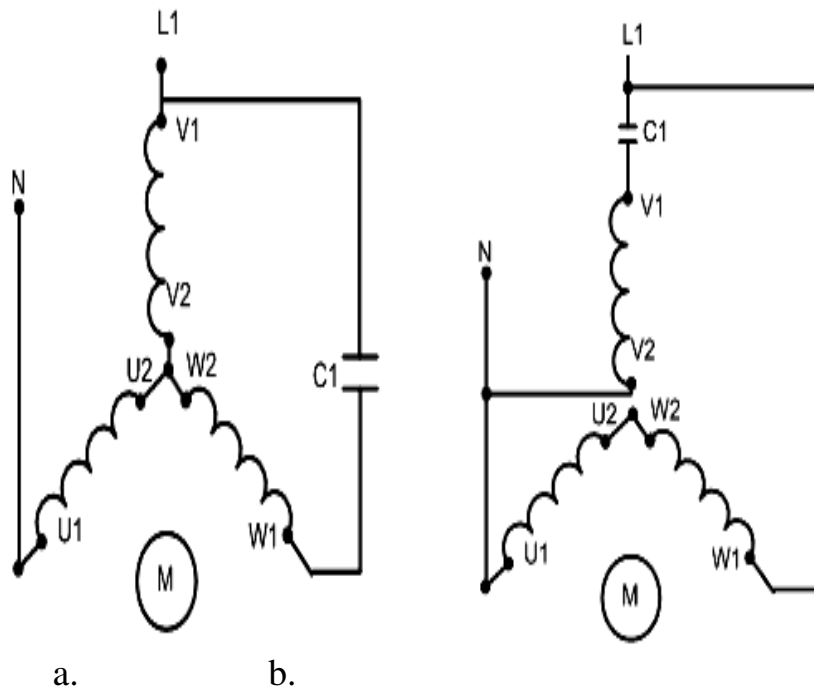
+ Điện dung làm việc của tụ điện  $C_{LV} = 1600 \frac{I_f}{U} \quad F \quad (3.67)$

+ Điện áp làm việc của tụ điện:

Cách đấu dây theo sơ đồ hình 3.29b có ưu điểm hơn sơ đồ hình 3.29a: Mômen mở máy lớn hơn, lợi dụng công suất khá, điện dung của tụ nhỏ hơn, nhưng điện áp trên tụ lớn hơn.

b. 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 3.29.

- Sơ đồ hình 3.29a +  $U = U_d \quad + C_{LV} = 2800 \frac{I_f}{U} \quad F \quad + U_c = U \quad (3.68)$

- Sơ đồ hình 3.29b +  $U = U_d \quad + C_{LV} = 2740 \frac{I_f}{U} \quad F \quad + U_c = 1,15U \quad (3.69)$

### 3.13. Dây quấn động cơ không đồng bộ ba pha

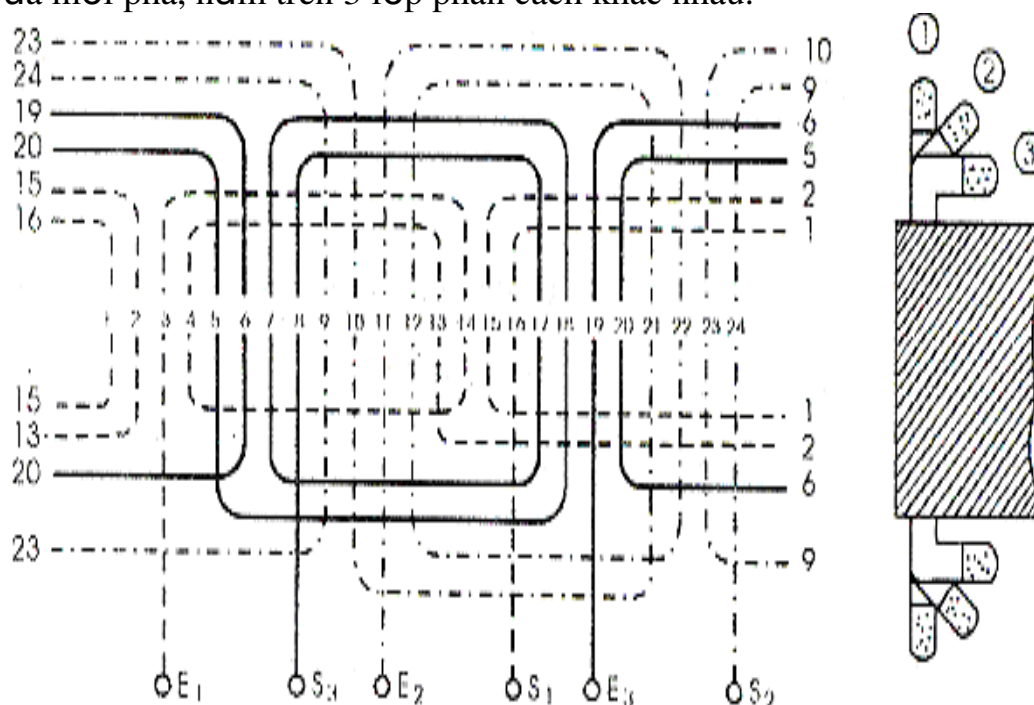
Mục tiêu:

- Biết được sơ đồ dây quấn của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Vẽ được sơ đồ dây quấn
- Biết cách quấn dây máy điện không đồng bộ 3 pha
- Áp dụng tính toán, quấn dây máy điện không đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 3.13.1. Dây quấn đồng tâm

#### a. Dây quấn đồng tâm 3 mặt phẳng

Đây là dây quấn được hình thành bởi các nhóm cuộn đồng tâm, dạng dây quấn 1 lớp luôn đầu cực thật, nên có số nhóm cuộn bằng số từ cực của động cơ. Khi trình bày dạng dây quấn này, phải vẽ thể hiện các đầu cuộn dây của mỗi pha, nằm trên 3 lớp phân cách khác nhau.



Hình 3.30: Dây quấn đồng tâm 3 mặt phẳng

#### \* Ưu điểm:

- Việc lắp đặt bộ dây quấn trên Stato pha vào dây liên tục cả 3 pha, tránh được các mối nối giữa các nhóm cuộn dây trong cùng 1 pha
- Thời gian gia công lắp đặt nhanh
- Bớt khối lượng dây đồng so với dạng dây quấn đồng tâm 2 mặt phẳng

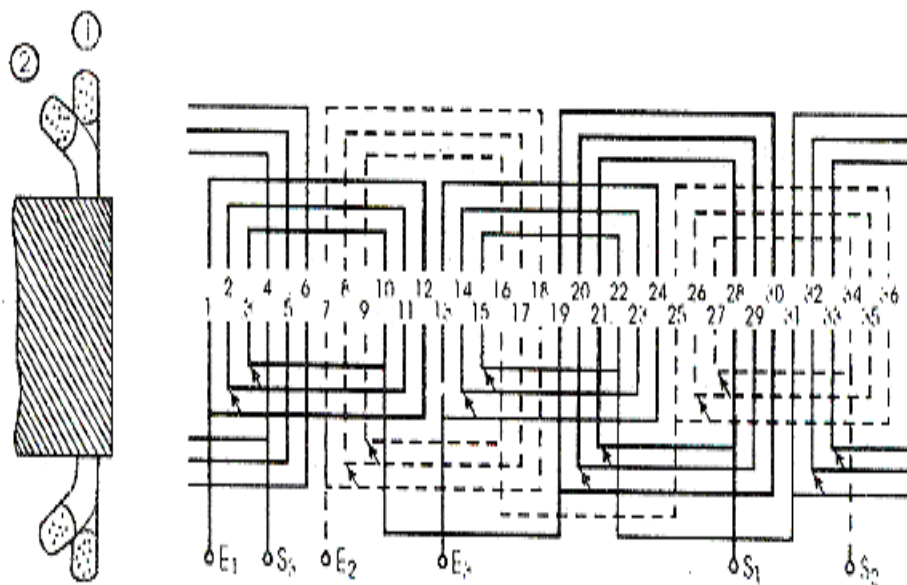
#### \* Nhược điểm:

- Các cuộn dây vì nằm ở 3 lớp phân cách nên choán chỗ nhiều.
- Việc giấy cách điện giữa các pha phải cẩn thận
- Phải mất thời gian gia công thực hiện bộ khuôn đồng tâm.
- Còn tồn tại sóng bậc 3 ảnh hưởng đến tính năng của động cơ.

### b. Dây quấn đồng tâm 2 mặt phẳng

Được hình thành bởi các nhóm cuộn dây đồng tâm, dạng dây quấn 1 lớp và luôn đấu cực giả. Chỉ áp dụng cho động cơ có  $2p = 4$ ,

Khi trình bày dạng dây quấn này nên vẽ các đầu cuộn dây của các pha nằm trên hai lớp phân cách. Vì vậy vẽ các nhóm cuộn của mỗi pha có kích thước khác nhau nhưng thực tế kích thước của các nhóm cuộn bằng nhau.



Hình 3.31: Dây quấn đồng tâm 2 mặt phẳng

#### \* Ưu điểm:

- Việc lắp đặt dây quấn trên Stato dễ dàng, khi lắp đặt từng nhóm cuộn được lắp kế tiếp, xong hoàn tất 3 pha mới nối lại.
- Thời gian gia công lắp đặt nhanh, ít tổn lót cách điện pha giữa các nhóm cuộn.
- Các đầu dây vì được bố trí trên 2 lớp phân cách nên thu gọn, ít chón chỗ hơn

#### \* Khuyết điểm:

- Các dạng nhóm cuộn đồng tâm thường tốn khối lượng dây đồng nhiều hơn so với dạng nhóm cuộn đồng khuôn.
- Việc thực hiện bộ khuôn đồng tâm mất nhiều thời gian hơn so với bộ khuôn đồng khuôn.
- Dây quấn đồng tâm 2, 3 mặt phẳng đều có đầu cuộn dây chón chỗ nhiều so với dạng dây quấn đồng khuôn.
- Có tồn tại sóng bậc 3 nên có ảnh hưởng đến đặc tính làm việc của động cơ

### c. Dây quấn đồng tâm xếp lớp

Được hình thành bởi các nhóm cuộn đồng tâm dạng dây quấn 1 lớp hoặc 2 lớp. Nhưng các nhóm cuộn dây này được lắp đặt gối chồng lên

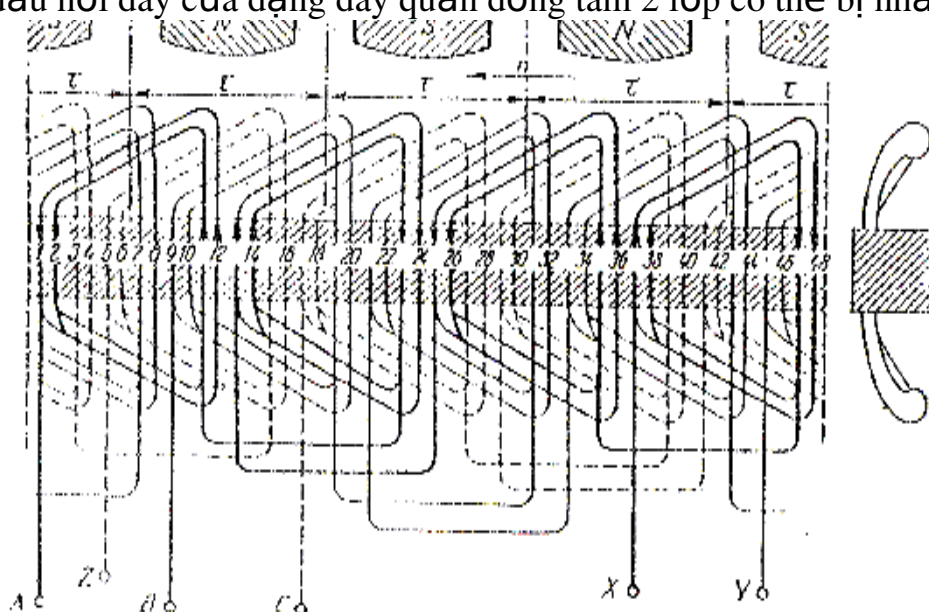
nhau như xếp lớp. Vì vậy khi vẽ sơ đồ dạng dây quấn này phải thể hiện sự xếp lớp, các nhóm cuộn được vẽ có kích thước bằng nhau và đầu nhóm cuộn hình tam giác.

\* Ưu điểm:

- Các cuộn dây xếp lớp nhau nên thu gọn lại
- Đối với dây quấn đồng tâm 2 lớp, đầu các cuộn dây được thu ngắn nên tiết kiệm được một ít khối lượng đồng.

\* Nhược điểm:

- Đối với dây quấn đồng tâm 1 lớp khó lắp đặt dây hơn so với dạng dây quấn đồng tâm 2 mặt phẳng, thời gian gia công lâu.
- Việc đấu nối dây của dạng dây quấn đồng tâm 2 lớp có thể bị nhầm lẫn.



Hình 3.32. Dây quấn đồng tâm xếp lớp

### 3.13.2 Dây quấn đồng khuôn

#### a. Dây quấn đồng khuôn 1 lớp

Dạng dây quấn này được hình thành bởi các nhóm cuộn đồng khuôn, lắp đặt chồng xếp lên nhau, có thể thực hiện đấu dây cực thật hay cực giả. Khi vẽ dạng dây quấn này phải vẽ thể hiện sự xếp lớp, có đầu cuộn dây hình tam giác.

\* Ưu điểm:

- Các đầu có sự xếp lớp nên thu gọn
- Tiết kiệm được khối lượng dây đồng do bước cuộn dây thường là bước ngắn.
- Là bước ngắn nên triệt được sóng hài bậc 3
- Việc thực hiện bộ khuôn đồng khuôn đỡ tốn thời gian

\* Nhược điểm:

- Thời gian gia công lâu

- Việc đấu dây có thể bị nhầm lẫn
- Hao tổn vật liệu cách điện giữa các pha

*b. Dây quấn đồng khuôn 2 lớp*

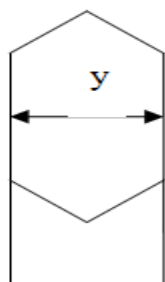
Cũng như dây quấn đồng khuôn 1 lớp, nhưng mỗi rãnh chứa hai cạnh dây và các nhóm cuộn dây được xếp chồng lên nhau, có thể thực hiện đấu dây cực từ thật hay cực từ giả.

*c. Dây quấn đồng khuôn móc xích*

Dạng dây quấn này giống như dây quấn đồng khuôn, chỉ khác hình dạng cuộn dây có dạng hình thang nhằm mục đích cho việc lắp đặt dây dễ dàng. Khi vào dây thường vào một số rãnh rồi bỏ trống một số rãnh.

**3.13.3 Ký hiệu thường gặp trong sơ đồ trải bộ dây quấn động cơ**

- $Z$ : Số rãnh trong Stato động cơ
- $\tau$ : Bước cực
- $q$ : Số rãnh tác dụng dưới 1 cực của 1 pha
- $y$ : Bước quấn dây (được tính từ cạnh đầu cuộn dây đến cạnh cuối cuộn dây hoặc tính bằng số rãnh của Stato nằm trong cuộn dây)
- $Z_{đấu}$ : Chỉ việc nối giữa nhóm này sang nhóm kia của các nhóm trong 1 pha (tính bằng số rãnh của Stato).
- $m$ : Số pha của động cơ

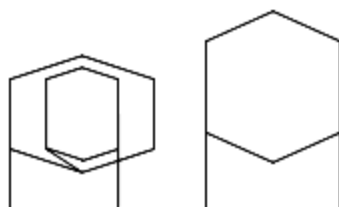


Hình 3.33: Sơ đồ trải

Khoảng cách 2 pha là khoảng cách giữa hai pha: từ A đến B, từ B đến C

**Thành phần bộ dây Stato**

- Cuộn dây: gồm nhiều vòng dây quấn trên lõi khuôn



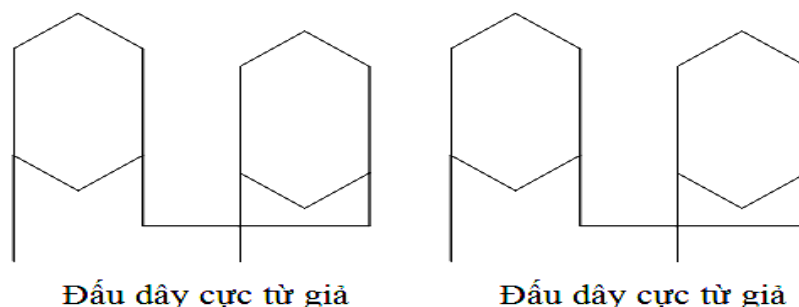
Hình 3.34: Sơ đồ trải dây quấn stato

- Nhóm cuộn dây: gồm nhiều cuộn dây được đấu nối tiếp nhau để tạo thành cực từ của 1 pha

- Pha: gồm nhiều nhóm cuộn dây đấu nối tiếp hoặc đấu song song với nhau để tạo nên số cực trong 1 pha của động cơ

#### **Nguyên tắc đấu cực của bộ dây Stato**

- Số nhóm cuộn dây trong 1 pha bằng số cực (đấu dây cực từ giả) thì: đấu cuối cuộn dây này với cuối cuộn dây kia và đầu cuộn dây này với đầu cuộn dây kia (Đấu đầu với đầu, cuối với cuối).
- Số nhóm cuộn dây trong 1 pha bằng  $\frac{1}{2}$  số cực (đấu dây cực từ thật) thì: đấu cuối cuộn dây này với đầu cuộn dây kia (đấu đầu với cuối và cuối với đầu)



Hình 3.35: Sơ đồ đấu dây cực từ giả của bộ dây Stato

### **3.13.4 Sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ 3 pha**

#### **Đặc điểm**

- Các cuộn dây trong cùng một nhóm cùng tâm trục
- Bước dây quấn  $y <$
- Các cuộn dây trong cùng một nhóm có kích thước khác nhau

#### **\* Ưu điểm**

- Dễ quấn, dễ lồng dây và dây quấn ít chạm chập giữa các pha và giữa các bố dây do các nhóm cuộn dây ít bị chồng chéo, dễ lót cách điện, khi bị hư hỏng dễ sửa chữa.

#### **\* Nhược điểm**

Khi quấn phải làm nhiều khuôn khác nhau, sự phân bố từ trường không đều, động cơ chạy không êm.

#### **Dây quấn đồng tâm tập trung**

- Số bố dây của nhóm bằng số rãnh của pha dưới 1 từ cực ( $q$ )
- Số nhóm của pha bằng số đôi cực
- Bước cực:  $= \frac{Z}{2p}$  (rãnh) (3.70)

- Số rãnh của một pha dưới một cực:  $q = \frac{Z}{m} = \frac{Z}{2pm}$  (rãnh) (3.71)

- Bước dây quấn: Ta tính bước dây  $y$  quấn nhỏ nhất sau đó tính bước dây quấn  $y$  của cuộn kế tiếp cho tới cuộn có bước dây quấn lớn nhất

$$\begin{aligned}y_1 &= 2q + 1 \text{ (răng)} \\y_2 &= y_1 + 2 \\y_3 &= y_2 + 2 \quad (3.72)\end{aligned}$$

- Rãnh đầu :  $Z_d = 3q$  (răng) (3.73)

- Khoảng cách giữa hai pha liên tiếp :  $Z_v = 2q$  (3.74)

- Góc lệch pha giữa hai rãnh liên tiếp :  $\frac{p \cdot 360}{Z}$  (độ) (3.75)

**Ví dụ 3.7:** Vẽ sơ đồ trải dây quấn đồng tâm tập trung  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $m = 3$

- Bước cực :  $= \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$  (rãnh)

- Số rãnh tác dụng dưới cực của một pha :  $q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{4 \times 3} = 2$  (rãnh)

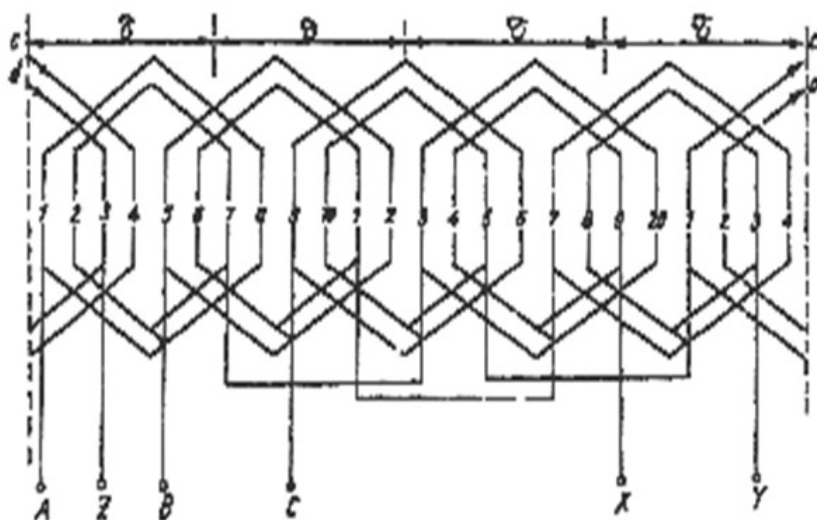
- Bước dây quấn nhỏ nhất

$$\begin{aligned}y_1 &= 2q + 1 = 2 \times 2 + 1 = 5 \text{ (răng)} \\y_2 &= y_1 + 2 = 5 + 2 = 7 \text{ (răng)}\end{aligned}$$

- Rãnh đầu dây :  $Z_{\text{đầu}} = 3q = 3 \times 2 = 6$  (răng)

- Pha A cách pha B cách pha C: A - B - C

$$2q = 2 \times 2 = 4$$



Hình 3.36: Sơ đồ dây quấn tập trung

\* Nhận xét:

- Số nhóm cuộn dây trong một pha bằng  $\frac{1}{2}$  số cực (2 nhóm)

- Số cuộn dây trong một nhóm là 2 bằng  $q$

-  $y_1$  nhỏ hơn :  $y_1 = 5$  còn  $= 6$ .



**Dây quấn đồng tâm phân tán**

- Số nhóm của một pha bằng số đôi cực

- số bố trí của mỗi nhóm :

+ Nếu q chẵn : số bố trí của nhóm bằng  $\frac{q}{2}$  (3.76)

+ Nếu q lẻ : số bố trí của mỗi nhóm chiếm  $\frac{q-1}{2}$

và nhóm kia chiếm  $\frac{q-1}{2}$  (3.77)

+ *Tính toán* : Tương tự dạng dây quấn đồng tâm tập trung

**Ví dụ 3.8** : Vẽ sơ đồ trải bộ dây stato dây quấn đồng tâm phân tán với :

$Z = 24$  ;  $2p = 2$  ;  $m = 3$ .

Tính toán

- Bước cực :  $= \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$  (rãnh)

- Số rãnh tác dụng dưới cực của một pha:  $q = \frac{Z}{2pm} = \frac{24}{2 \times 3} = 4$  (rãnh)

- Bước dây quấn nhỏ nhất :  $y_1 = 2q + 1 = 2 \times 4 + 1 = 9$  (rãnh)

$$y_2 = y_1 + 2 = 9 + 2 = 11 \text{ (rãnh)}$$

- Rãnh đầu dây :  $Z_{\text{đầu}} = 3q = 3 \times 4 = 12$  (rãnh)

- Pha A cách pha B cách pha C: A - B - C

$$2q = 2 \times 4 = 8$$

\* *Nhận xét*: Hình trên là sơ đồ bộ dây stato động cơ dây quấn kiểu đồng tâm có số cực là 2.

Ta thấy:

- Số nhóm cuộn dây trong 1 pha bằng số cực (2 nhóm) và số cuộn dây

bằng 2 đúng bằng  $\frac{q}{2}$

- Bước dây quấn  $y_1 < \text{ở đây } y_1 = 9 \text{ còn } = 12$

### 3.13.4 Tính toán và xây dựng sơ đồ dây quấn của động cơ không đồng bộ 3 pha đồng tâm xếp đơn

*Bước 1: Xác định bước từ cực:*

$$= \frac{Z}{2p} \text{ (rãnh)} \quad (3.78)$$

Z: tổng số rãnh của Stato

2p: số đôi cực từ của động cơ

*Bước 2: Tính số rãnh dưới 1 cực của một pha*

$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{Z}{m} \text{ rãnh} \quad (3.79)$$

**Bước 3:** Số nhóm của một pha P bằng số đôi cực:

$$P = 2p \quad (3.80)$$

**Bước 4:** Tính bước dây quấn:

$$y = 2q + 1 \quad (3.81)$$

**Bước 5:** Khoảng cách đấu dây giữa hai nhóm bố trí dây liên tiếp trong một pha

$$Z_v = 2q + 1 \quad (3.82)$$

**Bước 6:** Góc lệch pha giữa hai rãnh liên tiếp:

$$\alpha = \frac{p360^\circ}{Z} \quad (3.83)$$

**Bước 7:** Khoảng cách lệch pha giữa các pha:

$$\frac{\alpha \cdot Z}{360^\circ \cdot p} \text{ (rãnh)} \quad (3.84)$$

### 3.13.5 Các bước tiến hành xây dựng sơ đồ trải của động cơ 3 pha

Dựng sơ đồ dây quấn của động cơ 3 pha có

Tổng số rãnh  $Z = 36$

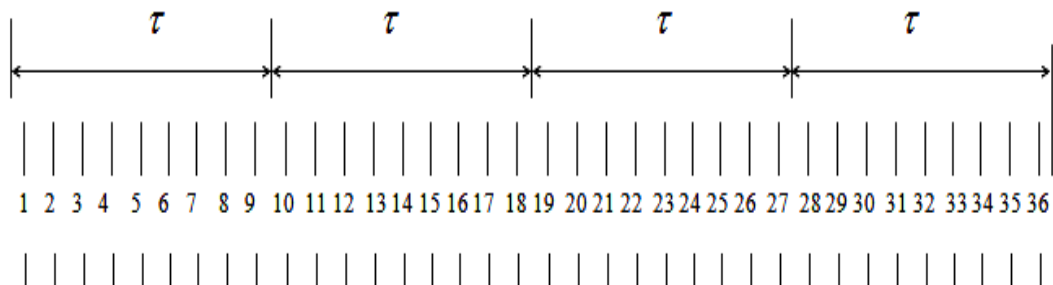
số cực từ  $2p = 4$

dạng dây quấn đồng tâm 2 mặt phẳng

**Bước 1:** Kẻ các đường thẳng song song và đánh số tương ứng với số rãnh của Stato. Xác định bước từ cực từ đó kẻ các trục từ cực cách nhau một khoảng cách bằng bước từ cực.

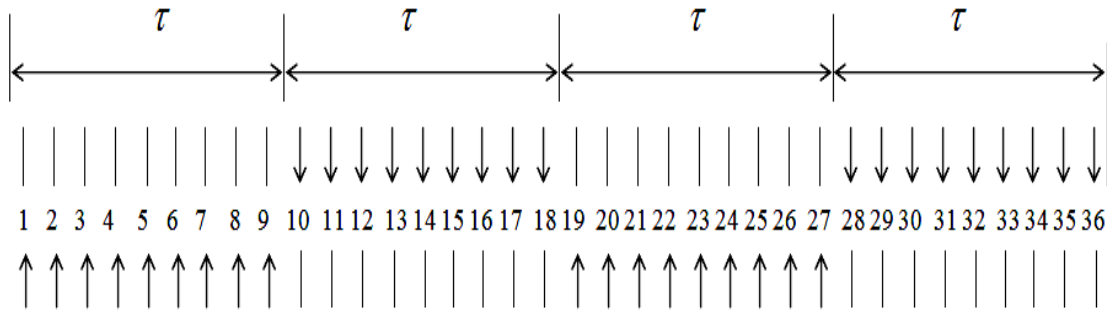
Bước từ cực:

$$= \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \text{ (rãnh)} \quad (3.85)$$



Hình 3.37: sơ đồ bước 1

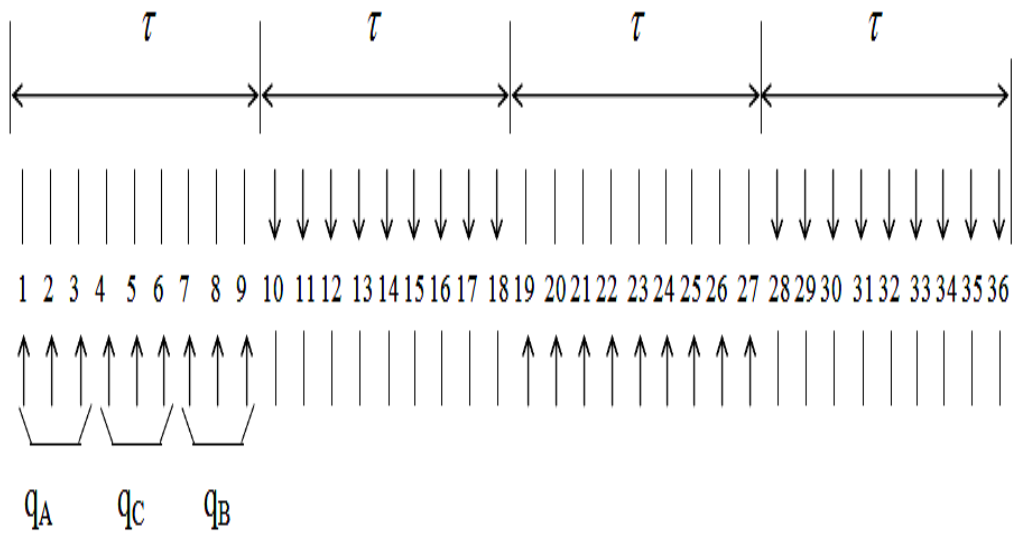
**Bước 2:** Xác định chiều dòng điện của các từ cực



Hình 3.38: sơ đồ bước 2

Bước 3: Xác định số rãnh dưới 1 cực của một pha

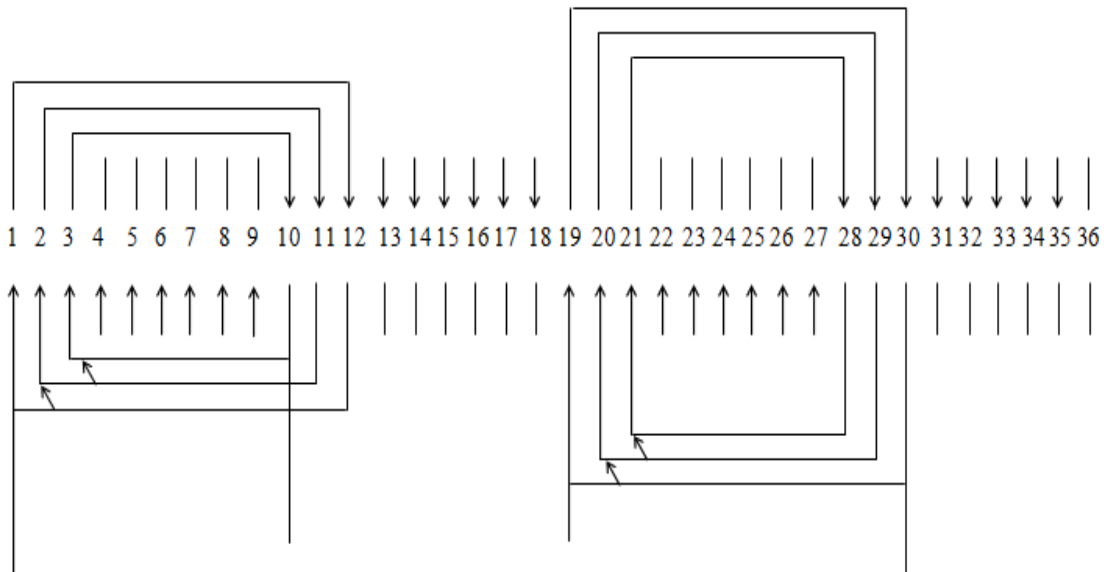
$$q = \frac{Z}{2pm} = \frac{9}{m} = \frac{9}{3} = 3 \text{ (rãnh)} \quad (3.86)$$



Hình 3.39: Sơ đồ bước 3

Bước 4: Xác định số nhóm của một pha:  $P = 2p = 4$  (nhóm) (3.87)

**Bước 5:** Xác định bước dây quấn y ta có mỗi nhóm gồm 3 bối dây



Bước bối dây nhỏ nhất:  $y_1 = 2q + 1 = 2.3 + 1 = 7$  (rãnh)

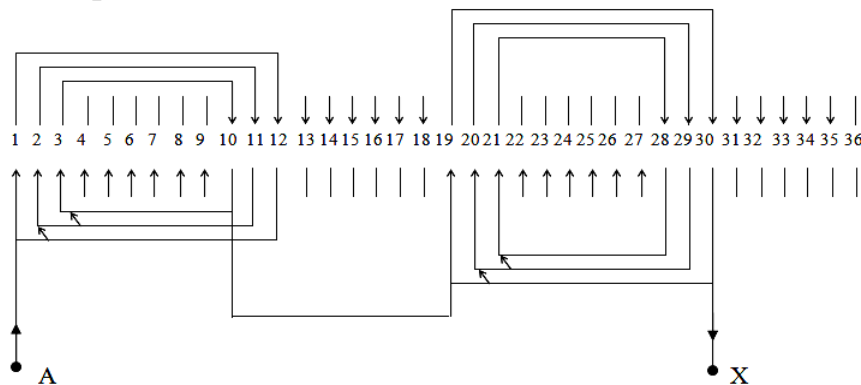
$$y_2 = y_1 + 2 = 7 + 2 = 9 \text{ (rãnh)}$$

$$y_3 = y_2 + 2 = 9 + 2 = 11 \text{ (rãnh)} \quad (3.88)$$

Hình 3.36: Sơ đồ bước 5

**Bước 6:** Khoảng cách đầu dây giữa hai nhóm bối dây liên tiếp trong một pha

$$Z_v = 2q + 1 = 2.3 + 1 = 7 \text{ (rãnh)} \quad (3.89)$$



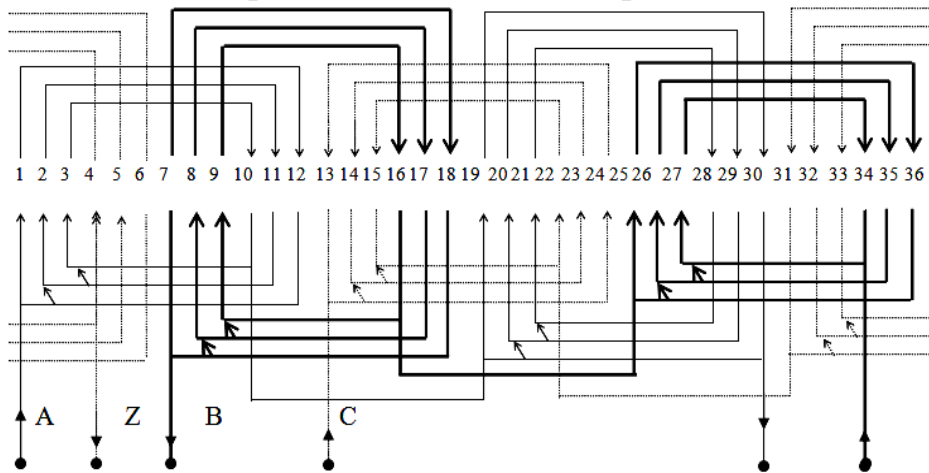
Hình 3.37: Sơ đồ bước 6

**Bước 7:** Dựng sơ đồ hai pha B và C tương tự dựng sơ đồ pha A khoảng cách lệch pha giữa các pha

$$\frac{0.Z}{360^0.p} = \frac{120^0.36}{360^0.2} = 6 \text{ (rãnh)} \quad (3.90)$$



Khoảng cách lệch pha giữa pha A, B, C để tạo góc lệch pha  $120^\circ$  là 6 rãnh: pha A bắt đầu từ rãnh 1, pha B bắt đầu ở rãnh 7, pha C bắt đầu ở rãnh 13



Hình 3.38: sơ đồ bước 7

### 3.14. Dây quấn động cơ không đồng bộ một pha

#### Mục tiêu:

- Biết được sơ đồ dây quấn của máy điện không đồng bộ 1 pha
- Vẽ được sơ đồ dây quấn
- Biết cách quấn dây máy điện không đồng bộ 1 pha
- Áp dụng tính toán, quấn dây máy điện không đồng bộ 1 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

#### 3.14.1 Phương pháp lấy mẫu bộ dây quấn stato động cơ một pha.

Bộ dây quấn stato động cơ một pha vòng chập chỉ có một cuộn dây gồm các tổ bối dây (tổ bối đơn) quấn trên các cực lồi, vì vậy việc lấy mẫu rất đơn giản.

a. Ghi lại các thông số ban đầu: Công suất, điện áp, dòng điện, tốc độ quay.

b. Vẽ sơ đồ dây quấn:

Vì chỉ có một cuộn dây nên chỉ có hai đầu dây ra (trường hợp không có cuộn số trong) nên ta không cần phân biệt các đầu dây mà có thể vẽ luôn sơ đồ của nó. Đầu tiên phải dùng sơ đồ tròn để vẽ lại cấu tạo của ống dây sau đó dùng sơ đồ ngang để vẽ lại sơ đồ đấu dây (vẽ từ đầu dây này đến đầu dây kia).

c. Tháo rở ống dây:

Có thể tháo trực tiếp các bối dây ra khỏi rãnh qua khe miệng rãnh hoặc nếu vì hoá cứng do tẩm sơn thì có thể cắt cụt một phía đầu dây bằng kìm cắt hoặc cưa, sau đó tổng các đầu còn lại ra phía bên kia.

d. Xác định các thông số tiếp theo:

- Xác định đường kính dây trần: chọn những sợi dây chưa bị cháy, đốt bỏ cách điện, vuốt sạch, sau đó dùng panme đo đường kính dây .

Đối với động cơ một pha tụ điện, các bước lấy mẫu cũng tương tự như trên nhưng phải chú ý một số điểm sau: Như đã nói ở trên, bộ dây quấn stato động cơ một pha tụ điện gồm có hai đến ba cuộn dây với các cỡ dây khác nhau, vì vậy phải phân biệt được nhiệm vụ của các đầu dây ra và tìm các ghi nhớ chúng bằng màu sắc vỏ dây, bằng nút thắt hoặc khâu giấy. Phải phân biệt được đâu là đầu dây chung, đâu là đầu dây làm việc, đâu là đầu dây khởi động, đâu là đầu dây số (nếu có). Sau đó mới thực hiện vẽ sơ đồ bộ dây quấn.

- Phải dùng sơ đồ tròn để vẽ lại cấu tạo ống dây. Cần phải vẽ chi tiết đến từng bối dây để sau này có căn cứ mà lồng dây lại như cũ. Những bối dây được lồng vào trước hoặc những cạnh bối dây nằm ở lớp dưới nên vẽ bằng nét đứt, những bối dây lồng vào sau hoặc những cạnh bối dây ở lớp trên nên vẽ bằng nét liền.
- Tiếp đến, phải dùng sơ đồ ngang để vẽ lại sơ đồ đấu dây. Với những động cơ một pha tụ điện không có cuộn dây số lắp trong thì vẽ từ mỗi dây chung vẽ đi, với những động cơ một pha tụ điện có cuộn dây số lắp trong thì vẽ từ mỗi dây làm việc vẽ đi.
- Tháo rở ống dây và lấy số liệu: Là loại lõi thép cực ẫn nên khe miệng rãnh rất nhỏ, hơn nữa, các bối dây thường được tẩm sơn rất chắc chắn, vì vậy việc tháo rở phải theo trình tự sau:

+ Trước hết phải dùng cửa sắt cắt cụt các đầu nối về một phía của các bối dây. Các mảnh đầu nối được cắt ra cần phải giữ lại để lấy số liệu. Tiếp đến tổng cho các nẹp giữ dây trượt ra khỏi các rãnh, sau đó, dùng tuônơvit hoặc que sắt, bẩy cho phần còn lại của các bối dây tụt sang phía ống dây chưa bị cắt. Đối với những động cơ lớn, có thể dùng búa hoặc đột, đặt cho sơn cách điện bong ra rồi tháo dần các vòng dây ra khỏi rãnh. Khi lấy số liệu, nên gõ nhẹ lên các mảnh đầu nối đã cắt ở trên cho sơn cách điện bong ra, dựa vào màu men và cỡ dây, ta đếm được số vòng dây quấn cho từng bối của các cuộn dây. Để tránh nhầm lẫn, nên lấy số liệu ở ba mảnh đầu nối khác nhau. Số liệu chính thức sẽ được lấy ở mảnh có số liệu trung bình. Với những động cơ dùng làm quạt bàn thường có các cuộn dây số lồng chung với cuộn khởi động nên hơi khó phân biệt. Muốn lấy số liệu được chính xác thì nên đốt cháy ống dây rồi dỡ dần các vòng dây qua phía khe miệng rãnh chứ không cắt đầu các bối dây như cách làm ở trên. Trường hợp không phân biệt được bao nhiêu vòng thuộc về dây khởi động, bao nhiêu vòng thuộc về dây số thì tạm thời lấy số vòng của một cuộn số

bằng từ 1/4 đến 1/3 số vòng của cuộn làm việc, số vòng dây còn lại sẽ thuộc về cuộn khởi động. Sau đó, quấn thử rồi điều chỉnh dần cho hợp lý hơn.

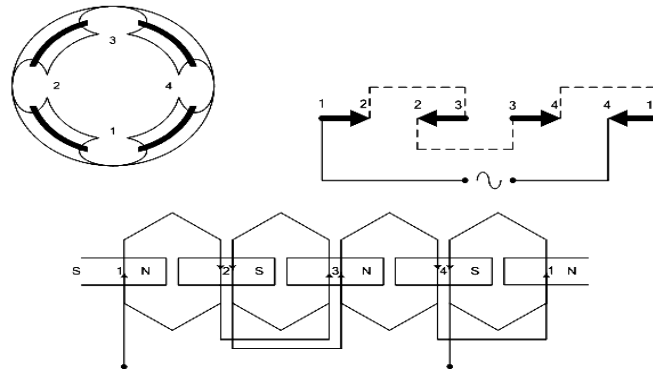
**3.14.2. Phương pháp vẽ sơ đồ bộ dây quấn stato động cơ một pha.**

Như đã nói ở trên, cuộn dây stato động cơ một pha vòng chập gồm các tổ bối đơn quấn trên các cực lồi, vì vậy ta chỉ căn cứ vào số tổ bối dây để đấu sao cho đủ số cực. Trên thực tế, người ta thường thực hiện hai cách đấu:

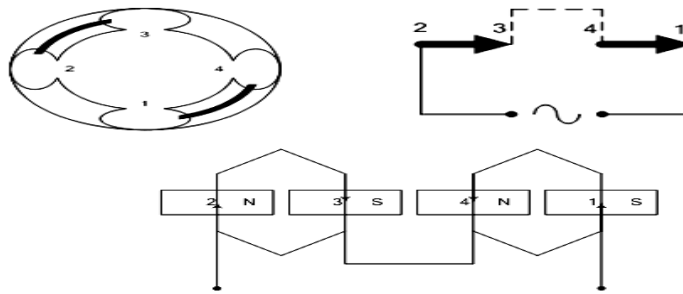
Đấu nối tiếp cùng phía: tạo ra số cực bằng số tổ bối dây.

Đấu nối tiếp khác phía: tạo ra số cực bằng hai lần số tổ bối dây.

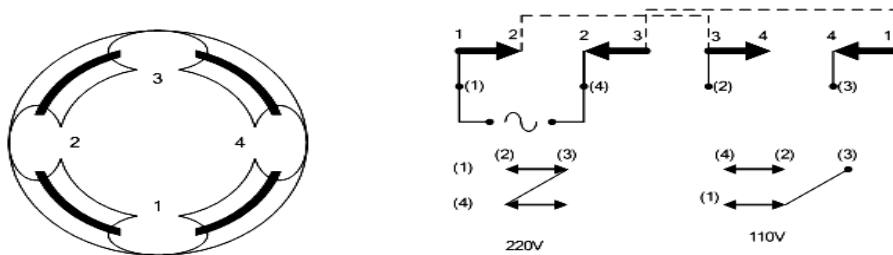
Ngoài ra khi cần thay đổi điện áp, người ta còn thực hiện cách đấu song song hai mạch rẽ.



Hình 3.39. Cấu tạo ống dây và sơ đồ đấu dây động cơ điện một pha vòng chập 4 cực



Hình 3.40. Cấu tạo ống dây và sơ đồ đấu dây động cơ điện một pha vòng chập 4 cực, 2 tổ bối đơn



Hình 3.41: Cấu tạo ống dây và sơ đồ đấu dây động cơ điện một pha vòng chập 4 cực, 4 tổ bố trí đơn, sử dụng cả hai cấp điện áp.

### 3.14.3 Cách lập sơ đồ dây quấn xếp đơn

B1: Kẻ các đoạn thẳng song song cách đều nhau ứng với số rãnh Z và đánh số từ 1 đến Z.

B2: Căn cứ vào bước cực để biểu thị qua số rãnh để phân ra các cực từ trên Stato.

B3: Trong vùng mỗi cực từ, căn cứ vào số rãnh mà cuộn dây chính và cuộn dây phụ sẽ có, ta phân bố số rãnh này xen kẽ nhau, tức là, nếu gọi số bố trí dây của một tổ bố trí dây cuộn dây chính (LV) là  $q_c$  và số bố trí dây của một tổ bố trí cuộn dây phụ là  $q_p$ , ta thực hiện lần lượt theo quy tắc:  $q_c - q_p - q_c - q_p$ . Cho đến tổ cuối cùng.

B4: Xác định dấu cực từ bằng cách ghi chiều mũi tên lên các cạnh tác dụng, sao cho các cực từ liên tiếp phải trái dấu nhau.

B5: Căn cứ vào số các tổ bố trí dây trong một cuộn dây và cách đấu các đầu nối ta kẻ các đường nối liền các cạnh tác dụng để hình thành các tổ bố trí dây của cuộn dây chính. Đấu dây giữa các tổ bố trí dây cuộn dây chính sao cho khi có dòng điện chạy vào sẽ không làm thay đổi chiều mũi tên mà ta đã vạch.

B6: Căn cứ vào số rãnh tương ứng được xác định bởi sự lệch nhau  $90^\circ$  (độ điện) giữa cuộn dây chính và cuộn dây phụ để xác định rãnh khởi đầu của cuộn dây phụ, xác định như sau:

$$\frac{90^\circ}{d} = \frac{90}{p \frac{360}{Z}} \quad (3.91)$$

Với  $d$  là góc lệch điện giữa hai rãnh liên tiếp là:  $d = p \cdot \frac{360}{Z}$  (3.92)

B7: Kiểm tra lại toàn bộ cuộn dây chính và cuộn dây phụ với cách đấu từng cuộn sao cho các cực từ liên tiếp phải trái dấu nhau.

**Ví dụ 3.9:** Một động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha rôto lồng sóc dùng dây quấn mở máy có  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ . Hãy vẽ sơ đồ trải một lớp bộ dây quấn.

**Trước tiên ta tính toán một vài thông số:**

a- Bước cực:  $\frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$

b- Số phần tử dưới một cực:  $q = \frac{Z}{2p.m} = \frac{24}{4.1} = 6$

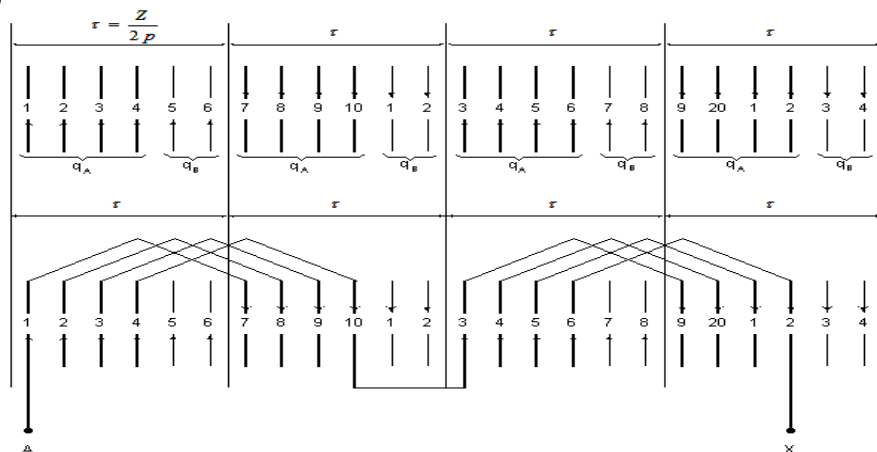


c- Bước quấn dây:  $y_c = y_p = 6(1 - 7)$

d- Vì động cơ dùng dây quấn mở máy nên dưới mỗi cực từ cuộn dây chính chiếm  $2/3$  số rãnh (4 rãnh), cuộn dây phụ chiếm  $1/3$  số rãnh (2 rãnh).

Góc lệch pha:  $\frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$

**Thực hiện vẽ sơ đồ:**



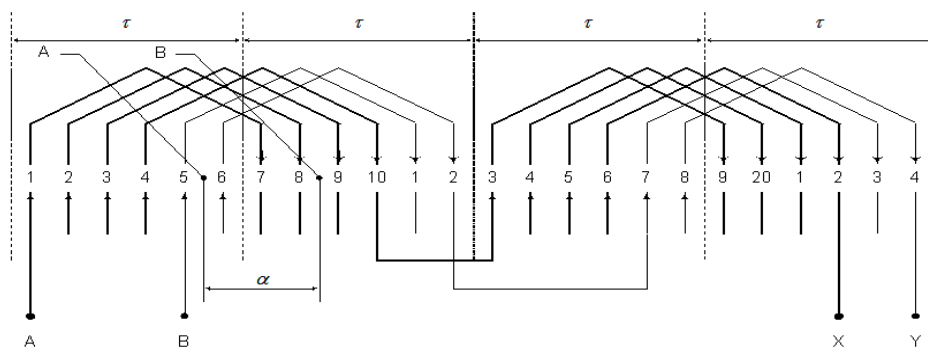
Hình 3.42. Trình tự thực hiện vẽ sơ đồ theo dạng đồng khuôn

1- Vẽ sơ đồ kiểu đồng khuôn đơn giản (kiểu hoa sen hay dốc lồng tôm):

B1: Kẻ 24 đoạn thẳng song song cách đều nhau và đánh số từ 1 đến 24.

B2: Chia 24 rãnh làm bốn bước cực, mỗi bước chiếm 6 rãnh.

B3: Trong vùng mỗi cực từ, cuộn dây chính chiếm 4 rãnh, tiếp theo cuộn dây phụ chiếm 2 rãnh: ta thực hiện lần lượt theo quy tắc:  $q_c - q_p - q_c - q_p - q_c - q_p - q_c - q_p$ .



Hình 3.42. Sơ đồ dây quấn dạng đồng khuôn của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha với các thông số  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $q_A = 4$ ,  $q_B = 2$ ,  $y_A = 7$ ,  $y_B = 7$ .

B4: Xác định dấu cực từ: ghi chiều mũi tên lên sao cho các cực từ liên tiếp trái dấu xen kẽ nhau.

B5: Trong toàn bộ 24 rãnh, cuộn chính chiếm 2 tổ bố là  $2 \times 4 \times 2 = 16$  rãnh, cuộn dây phụ chiếm  $2 \times 2 \times 2 = 8$  rãnh. Ta kẻ các đường nối liền với các

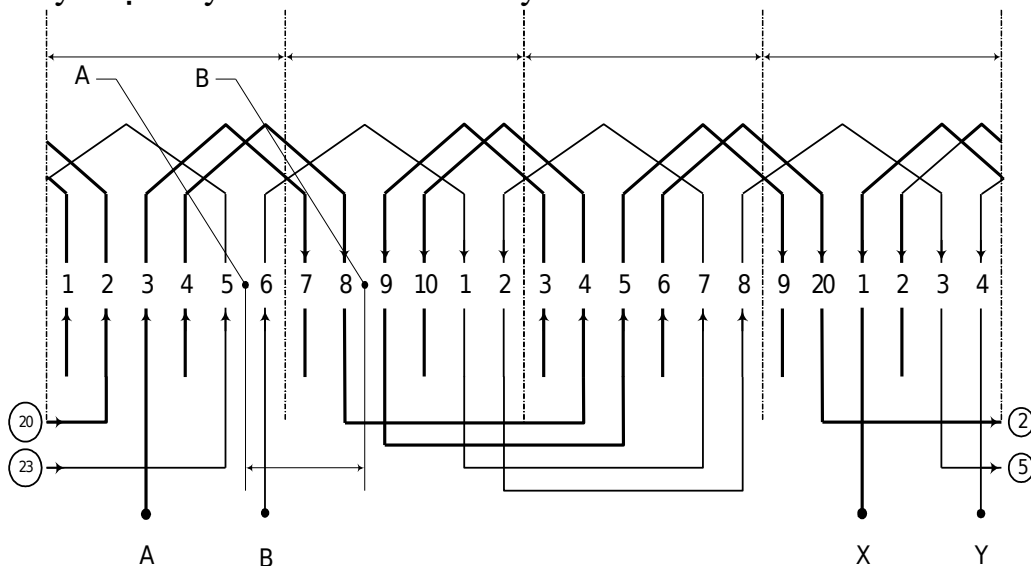
cạnh tác dụng để hình thành các tổ bố dây cuộn dây chính: tổ bố đầu tiên chiếm các rãnh: 1 – 7, 2 – 8, 3 – 9, 4 – 9 với  $y_c = 6$ . Tổ bố dây thứ hai chiếm các rãnh: 13 – 19, 14 – 20, 15 – 21, 16 – 22 với  $y_c = 6$ . Đầu dây giữa hai tổ bố sao cho không làm thay đổi chiều mũi tên đã vạch.

B6: Căn cứ vào  $Z/4p = 3$  rãnh, ta xác định rãnh khởi đầu cuộn dây phụ sao cho giữa tâm của tổ bố dây đầu tiên cuộn dây chính cách tâm của tổ bố dây đầu tiên cuộn dây phụ là 3 rãnh hoặc rãnh đầu tiên của cuộn dây phụ cách rãnh đầu tiên của cuộn dây chính  $1/2 = 3$  rãnh (1 ).

2- Vẽ sơ đồ dạng đồng khuôn phân tán (bổ đôi):

Đối với những sơ đồ dây quấn khi tổ bố dây có số bố dây nhiều (2, 4, 6, 8.bố), kích thước phần đầu nối của các bố dây sẽ khá dài. Để giảm bớt kích thước phần đầu nối của các tổ bố dây như trên người ta thực hiện phân tán (bổ đôi) tổ bố dây ra làm hai phần bằng nhau.

Cách vẽ: Ta cũng thực hiện các bước tương tự như ở trên, ở đây mỗi tổ bố dây cuộn dây chính có hai bố dây.

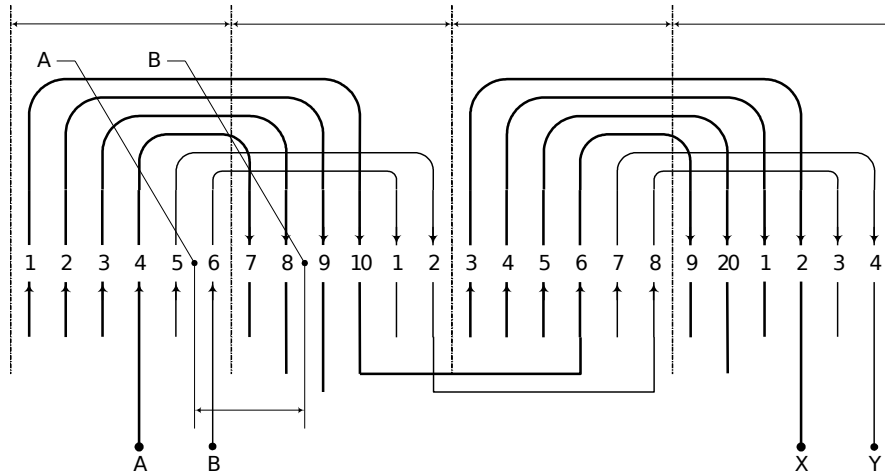


Hình 3.43. Sơ đồ dây quấn dạng đồng khuôn phân tán của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha với  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $q_A = 4$ ,  $q_B = 2$ ,  $y_A = 4$ ,  $y_B = 5$ .

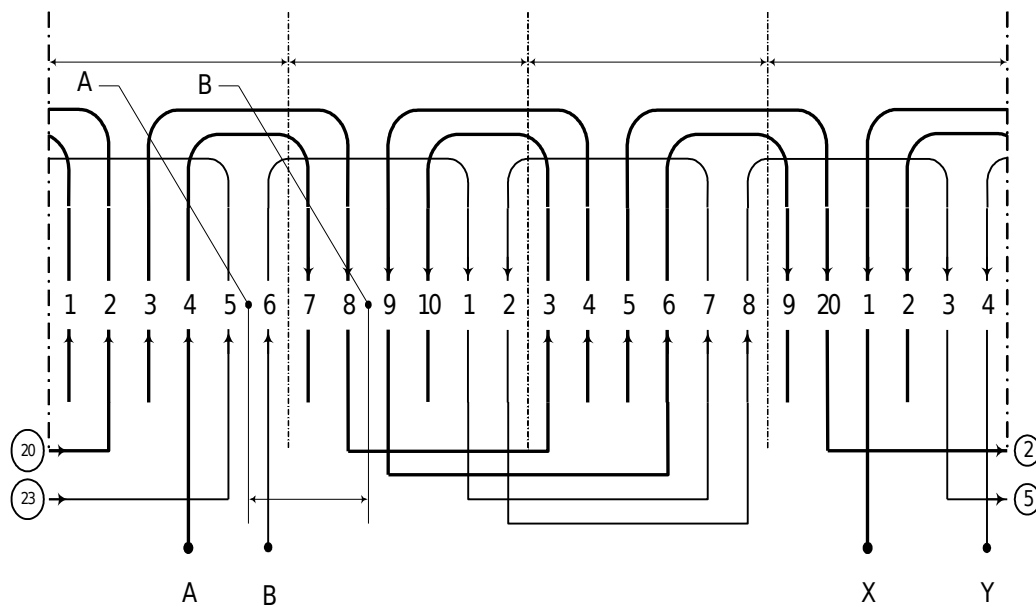
Ta thấy rằng, cuộn dây quấn đồng khuôn đơn giản có bước bố dây là bước đủ ( $y_c = y_p = 6$ ), trong khi đó ở cuộn dây quấn đồng khuôn phân tán có bước bố dây bé hơn ( $y_c = y_p = 5$ ). Chính vì vậy, nên dạng đồng khuôn phân tán được sử dụng phổ biến.

3- Vẽ sơ đồ dạng đồng tâm:

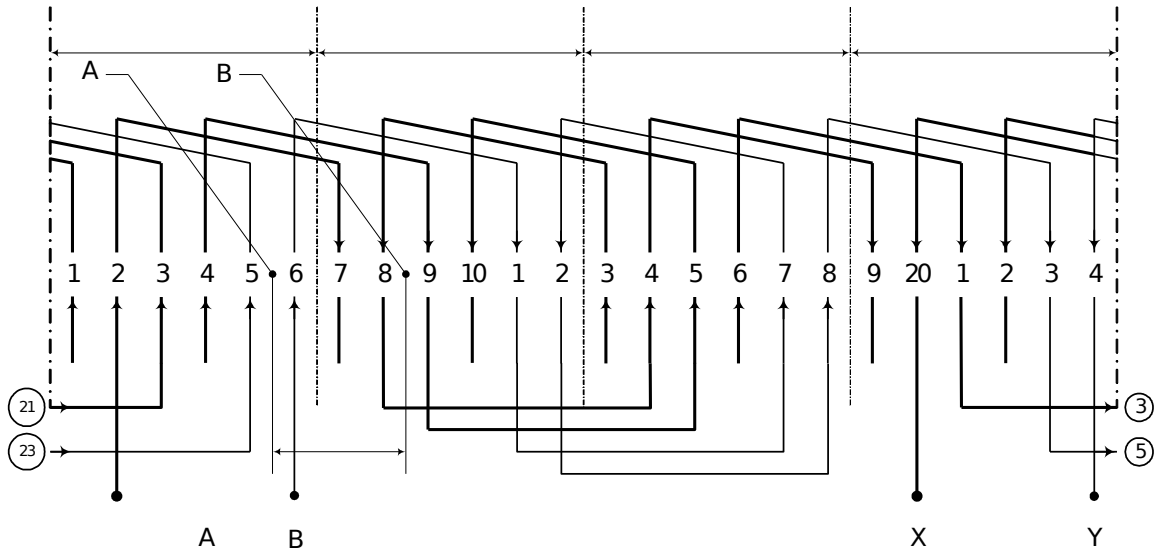
Cách vẽ cũng tương tự, nhưng tổ bố dây ở đây là những tổ bố dây kiểu đồng tâm (mẹ con).



Hình 3.44. Sơ đồ dây quấn dạng đồng tâm của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha với các thông số:  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $q_A = 4$ ,  $q_B = 2$ .  
Ta cũng có sơ đồ dạng đồng tâm phân tán:



Hình 3.45. Sơ đồ dây quấn dạng đồng tâm phân tán của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha với  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $q_A = 4$ ,  $q_B = 2$ ,  $y_A = 4$ ,  $y_B = 5$ .  
Ngoài ra còn có kiểu dây quấn kiểu đồng khuôn mắt xích, tuy nhiên, dạng sơ đồ này ít sử dụng. Ta sẽ nghiên cứu kỹ hơn kiểu dây quấn này đối với động cơ ba pha.



Hình 3.46. Sơ đồ dây quấn dạng đồng khuôn mắt xích của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha với  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $q_A = 4$ ,  $q_B = 2$ .

### 3.14.4 Cách lập sơ đồ dây quấn hai lớp

Từ bước 1 đến bước 6 làm tương tự như lập sơ đồ dây quấn một lớp, cái khác ở đây là cách đặt các cuộn dây và cách chọn hệ số dây quấn (hệ số bước ngắn).

Cách chọn hệ số bước ngắn như bảng dưới:

Số rãnh dưới một cực của một pha	1	2	3	4	5	6	7
Bước cực từ	3	6	9	12	15	18	21
Bước quấn dây y	2	5+1	7+1	10	12	15+1	17+1
Tỉ số bước ngắn ( = y/ )	2/3	5/6	7/9	10/12	12/15	15/18	17/21

Trình tự cách lập sơ đồ bộ dây quấn hai lớp như sau:

Cuộn dây chính:

Tổ thứ nhất:

Bối thứ 1:  $\{1 \quad (y + 1)'\}$

Bối thứ 2:  $\{2 \quad (y + 1 + 1)' = (y + 2)'\}$

Bối thứ 3:  $\{3 \quad (y + 1 + 1 + 1)' = (y + 3)'\}$

...

Bối thứ n:  $\{n \quad (y + n)'\}$

Tổ thứ 2:

Bối thứ 1:  $\{(1 + ) \quad (1 + + y)'\}$

Bối thứ 2:  $\{(1 + ) + 1 \quad \{(1 + + y) + 1\}'\}$

$$\text{Bối thứ 3: } \{(1 + ) + 1 + 1 = ((1 + ) + 2) \quad \{(1 + + y) + 2\}'\}$$

...

$$\text{Bối thứ n: } \{(1 + ) + (n - 1) \quad \{(1 + + y) + (n - 1)\}'\}$$

Tổ thứ 3:

$$\text{Bối thứ 1: } \{(1 + + ) = (1 + 2 ) \quad (1 + 2 + y)'\}$$

$$\text{Bối thứ 2: } \{(1 + 2 ) + 1 \quad \{(1 + 2 + y) + 1\}'\}$$

$$\text{Bối thứ 3: } \{(1 + 2 ) + 2 \quad \{(1 + 2 + y) + 2\}'\}$$

.....

$$\text{Bối thứ n: } \{(1 + 2 ) + (n - 1) \quad \{(1 + 2 + y) + (n - 1)\}'\}$$

$$\text{Tổ thứ n, bối thứ n: } \{1 + (n - 1) + (n - 1) \quad \{1 + (n - 1) + y + (n - 1)\}'\}$$

Cuộn dây phụ:

Đầu cuộn phụ tính theo rãnh giữa tâm của tổ bối dây đầu tiên cuộn dây chính với tâm của tổ bối dây đầu tiên cuộn dây phụ ( $Z/4p$ ). Cách đặt các bối dây cũng tương tự cuộn dây chính.

**Chú ý,** ở đây chữ số có dấu phẩy ở trên biểu thị cạnh của bối dây nằm ở lớp dưới rãnh, còn chữ số không có dấu phẩy ở trên biểu thị cạnh của bối dây nằm ở lớp trên của rãnh.

**Ví dụ 3.10:** Vẽ sơ đồ bộ dây quấn hai lớp của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha, dùng tụ điện mở máy, có  $Z = 24$ ,  $2p = 2$ , bối dây bước ngắn với hệ số bước ngắn  $= 9/12$ .

Giải:**Tính toán các thông số:**

a- Bước cực:

$$\frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$$

Đây là loại động cơ dùng dây quấn mở máy, nên cuộn chính chiếm số rãnh:

$$Z_c = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3}.24 = 16 \text{ (rãnh)}, \text{ còn cuộn dây phụ chiếm là:}$$

$$Z_p = \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}.24 = 8 \text{ (rãnh)}.$$

b- Số rãnh dưới một cực mà cuộn dây chính chiếm là:

$$q_c = \frac{Z_c}{2p.m} = \frac{16}{2.1} = 8 \text{ (rãnh)}$$

c- Số rãnh dưới một cực mà cuộn dây phụ chiếm là:

$$q_p = \frac{Z_p}{2p.m} = \frac{8}{2.1} = 4 \text{ (rãnh)}$$

d- Bước quấn dây:

$$y_c = y_p = \frac{9}{12} \cdot 12 = 9 \text{ (rãnh)}$$

e- Góc lệch tính theo rãnh giữa tâm của tổ bối dây đầu tiên cuộn dây chính với tâm của tổ bối dây đầu tiên cuộn dây phụ là:

$$\frac{Z_1}{4p} = \frac{24}{4.1} = 6 \text{ (rãnh)}$$

### Vẽ sơ đồ:

Thực hiện các bước 1, 2, 3, 4, 5 và 6 tương tự như các bước vẽ sơ đồ dây quấn một lớp, nhưng ở đây, chú ý là mỗi rãnh có hai cạnh tác dụng.

Chú ý, ở bước 4 ta đánh dấu chiều mũi tên đối với những cạnh bối dây nằm ở lớp trên, còn những cạnh bối dây nằm ở lớp dưới sau khi đã vẽ xong các bối dây, vì với những bộ dây quấn hai lớp bước ngắn thì có thể sẽ có một số rãnh có hai cạnh bối dây lớp trên và lớp dưới không cùng chiều dòng điện.

Số tổ bối dây của cuộn dây chính và cuộn dây phụ là  $n = 2p = 2$  tổ.

Số bối dây của cuộn dây chính trong một tổ là 8 bối (bằng  $q_c$ ).

Số bối dây của cuộn dây phụ trong một tổ là 4 bối (bằng  $q_p$ ).

Ta lập được bảng như sau:

Cuộn dây chính:

Tổ thứ nhất:

Bối thứ 1: (1 y + 1 = 10')

Bối thứ 2: (2 y + 2 = 11')

Bối thứ 3: (3 12')

Bối thứ 4: (4 13')

Bối thứ 5: (5 14')

Bối thứ 6: (6 15')

Bối thứ 7: (7 16')

Bối thứ 8: (8 17')

Tổ thứ hai:

Bối thứ 1: (1 + = 13 1 + + y = 22')

Bối thứ 2: (1 + + 1 = 14 1 + + y + 1 = 23')

Bối thứ 3: (1 + + 2 = 15 1 + + y + 2 = 24')

Bối thứ 4: (16 1')

Bối thứ 5: (17 2')

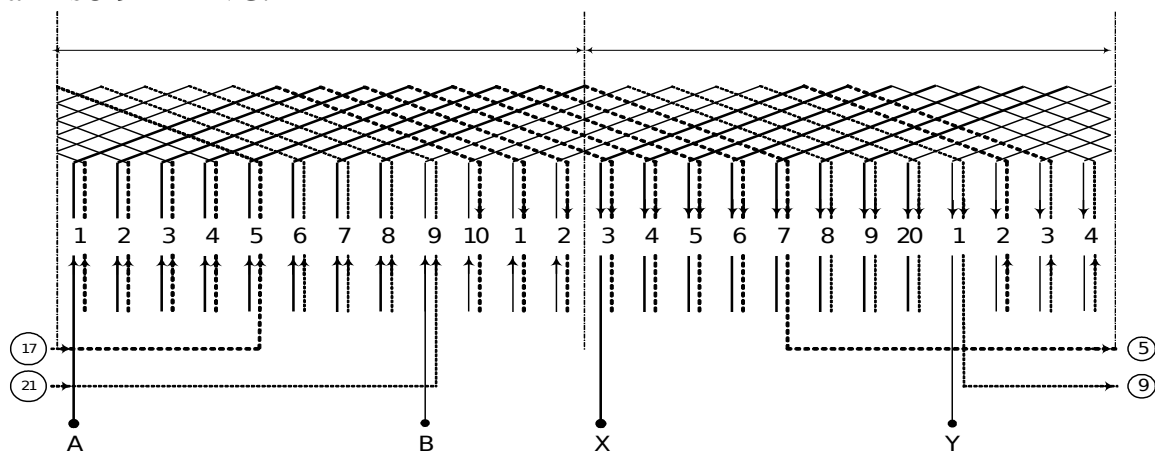
Bối thứ 6: (18 3')

Bối thứ 7: (19 4')

Bối thứ 8: (20 5')

Cuộn dây phụ:

Căn cứ vào góc lệch để xác định rãnh khởi đầu của cuộn dây phụ. Ta nhận thấy, tâm của tổ bối dây thứ nhất của cuộn dây chính nằm ở rãnh số 9 và theo cách đặt các bối dây thì tâm của tổ bối dây thứ nhất của cuộn dây phụ sẽ là rãnh thứ 15 (6 rãnh). Tức là, rãnh khởi đầu của cuộn dây phụ sẽ là rãnh số 9 hình vẽ.



Hình 3.46. Sơ đồ dây quấn hai lớp của động cơ điện xoay chiều không đồng bộ một pha dùng tụ điện mở máy với các thông số  $Z = 24$ ,  $2p = 2$ ,  $\alpha = 9/12$ .

### 3.15. Bảo dưỡng và sửa chữa động cơ điện xoay chiều

#### Mục tiêu:

- Biết được cách tháo, lắp máy điện không đồng bộ 3 pha
- Phân tích được các dạng hư hỏng, nguyên nhân và cách khắc phục
- Sửa chữa được các hư hỏng thường gặp của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Áp dụng sửa chữa máy điện không đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

#### 3.15. 1 Tháo lắp động cơ

##### 1. Trình tự tháo

**Bước 1:** Tháo gỡ động cơ ra khỏi bộ máy

- Tháo nguồn điện dẫn vào động cơ (đánh dấu thứ tự pha)
- Tháo gỡ dây đai (dây cuaroa)
- Tháo bulong chân đế

**Bước 2:** Kiểm tra sơ bộ

- Lập biểu bảng tình trạng của động cơ (nếu sửa chữa lớn)
- Kiểm tra phần cơ: nứt, bể, kẹt trục...

- Kiểm tra sơ bộ phần điện: kiểm tra thông mạch, chạm mát.

**Bước 3:** Tháo puly ra khỏi trục động cơ

- Đánh dấu vị trí puly

- Dùng văm tháo puly

**Bước 4:** Tháo nắp che cánh quạt

**Bước 5:** Tháo nắp mỡ chặn bạc đạn (nếu có)

Dùng clê hoặc mỏ lết tháo bulong bắt nắp mỡ của hai bạc đạn trước và sau trên trục động cơ.

**Bước 6:** Tháo nắp máy

- Vạch dấu nắp trước và nắp sau bằng đục bịt sắt (gỗ nhẹ)

- Tháo nắp bảo vệ quạt gió

- Tháo các ốc bắt nắp động cơ

- Dùng hai cây vít lớn đồng thời bẩy nắp ra khỏi thân Stato

- Nếu 1 bên nắp máy đã 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.

**Bước 7:** Tháo bạc đạn

- Được tiến hành khi cần thiết tháo ra để thay thế

- Tháo bạc đạn cũng dùng cào giống như tháo puly

**Chú ý:**

- Trước khi tháo puly, bạc đạn ra khỏi trục ta phải làm sạch trục và bôi một lớp mỏng mỡ bò hoặc nhớt để dễ tháo.

- Để dễ tháo bạc đạn ta có thể dùng một vòng sắt nung đỏ ốp ngoài bạc đạn để làm nóng.

## **2. Quy trình lắp**

Được tiến hành theo trình tự ngược với quy trình tháo theo nguyên tắc thiết bị nào tháo trước sẽ lắp sau

\* **Chú ý:**

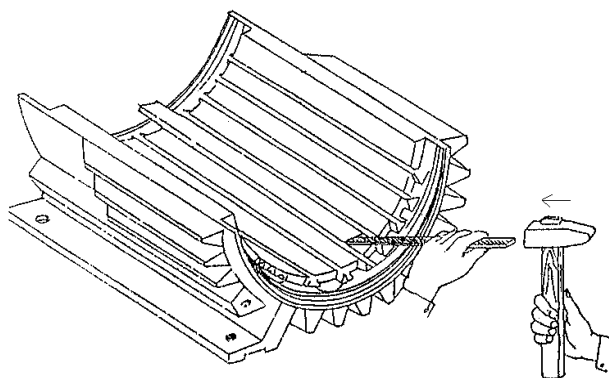
- Trường hợp động cơ có nắp mỡ chặn bạc đạn, khi lắp phải dùng dây đồng hoặc dây nhôm luồn qua các lỗ bắt bu long để định vị lỗ, sau đó rút từng dây đồng ra, và bắt từng bulong vào

- Khi đưa Rotor vào trong stator phải kiểm tra bên trong Stator còn vật cản không, tránh làm kẹt Rotor.

### **3.15.2 Tháo gỡ cuộn dây và làm sạch rãnh stato**

#### **1. Tháo nôm tre ra khỏi rãnh**

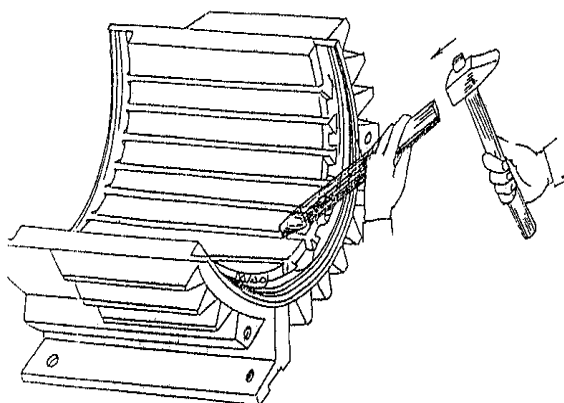




Hình 3.47: Tháo nêm tre ra khỏi rãnh

- Dùng búa nguội và dụng cụ đóng nêm tre ra khỏi miệng rãnh Stato
- Trường hợp đóng nêm tre không ra được có thể dùng cưa, cưa dọc theo miệng rãnh để lấy nêm ra

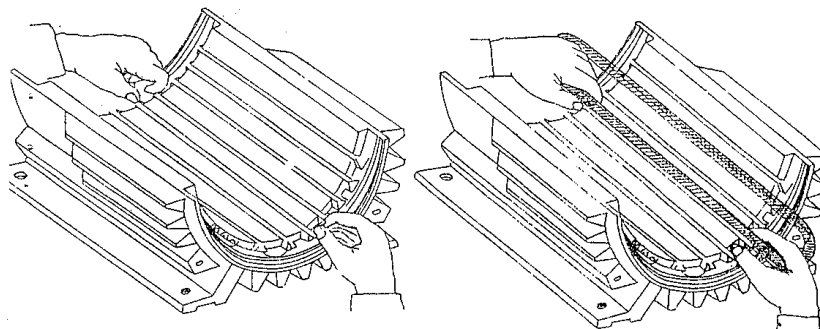
### 2. Đục cắt bìa úp trong miệng rãnh



Hình 3.48: Đục cắt bìa úp trong miệng rãnh

- Dùng búa nguội và dụng cụ đào rãnh đục cắt bìa úp
- Trường hợp đục không được ta cũng có thể dùng cưa, cưa dọc theo miệng rãnh để cắt bìa úp

### 3. Tháo dây quấn ra khỏi Stato

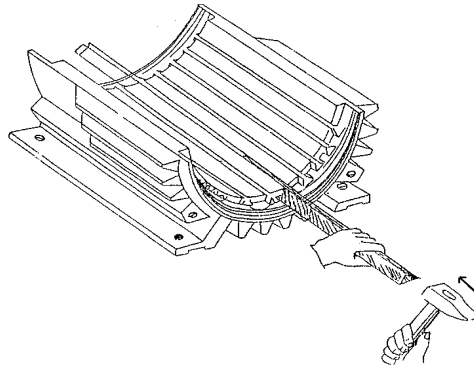


Hình 3.49. Tháo dây quấn ra khỏi Stato

Lách tháo từng vòng dây ra khỏi rãnh Stato

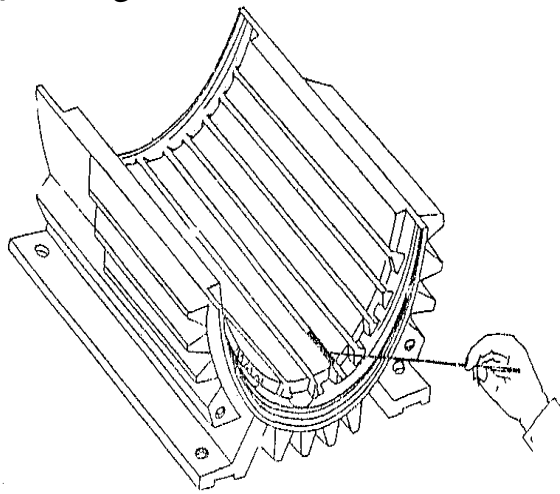
### 4. Tháo bìa cách điện cũ ra khỏi rãnh Hình 3.50

Dùng nong rãnh tháo bìa lót rãnh ra khỏi rãnh Stato



Hình 3.50

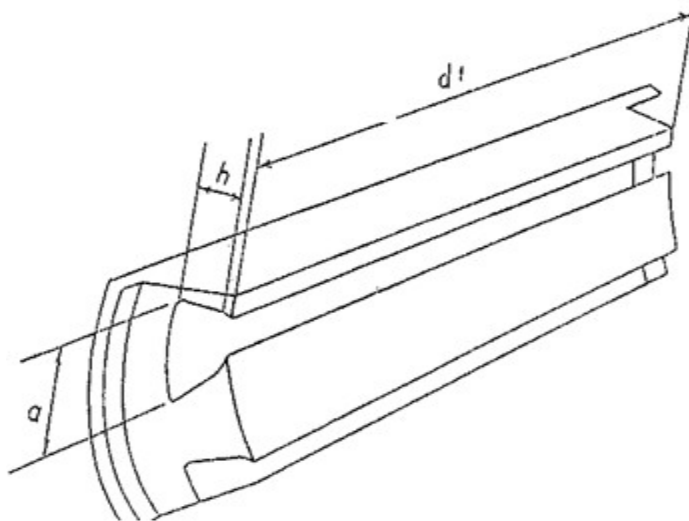
5. Làm sạch rãnh Stato Hình 3.51  
- Dùng giẻ lau sạch từng rãnh



Hình 3.51

### 3.15. 3 Lót bìa cách điện rãnh stato Hình 3.50

Bước 1: Đo kích thước rãnh:



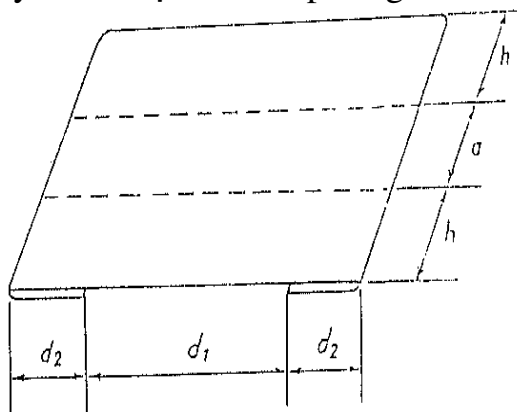
Hình 3.52

**Bước 2: Làm nong rãnh hình 3.51**

- Tùy theo hình dạng rãnh mà ta làm nong rãnh cho phù hợp
- Nong rãnh phải có kích thước nhỏ hơn kích thước rãnh
- Nong rãnh có kích thước tạo hình cho giấy cách điện giống hình dạng rãnh và để ép sát giấy cách điện vào rãnh

**Bước 3: Cắt và tạo hình giấy cách điện**

- Kích thước giấy cách điện ở hình phẳng



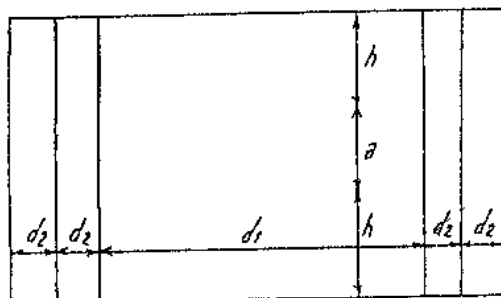
Hình 3.53

- + Với động cơ 1 pha có  $P < 100W$  thì  $d_2 = 3 - 4$  mm
- + Với động cơ 1 pha có  $100W < P < 500W$  thì  $d_2 = 4 - 5$  mm
- + Với động cơ 1 pha có  $500W < P < 1000W$  thì  $d_2 = 5 - 6$  mm
- + Với động cơ 1 pha có  $P > 1000W$  thì  $d_2 = 6 - 10$  mm
- + Với động cơ 3 pha có  $P < 1000W$  thì  $d_2 = 5 - 6$  mm
- + Với động cơ 3 pha có  $100W < P < 500W$  thì  $d_2 = 6 - 10$  mm
- + Với động cơ 3 pha có  $500W < P < 33000 W$  thì  $d_2 = 10 - 20$  mm
- + Với động cơ 3 pha có  $P > 33000W$  thì  $d_2 = 20 - 30$  mm

- Tạo hình giấy cách điện

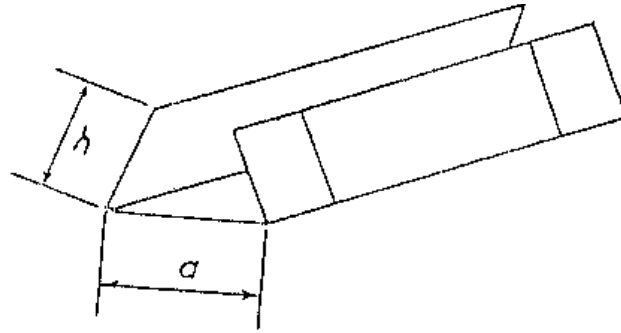
- + Gấp giấy cách điện như hình vẽ: gấp hai mép giấy cách điện như hình

3.54



Hình 3.54

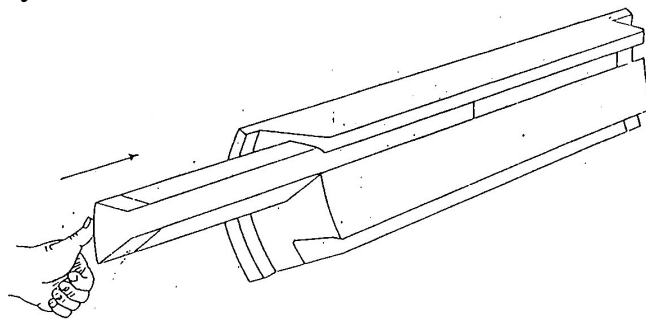
+ Dùng nong rãnh tạo hình cho giấy cách điện Hình 3.55



Hình 3.55

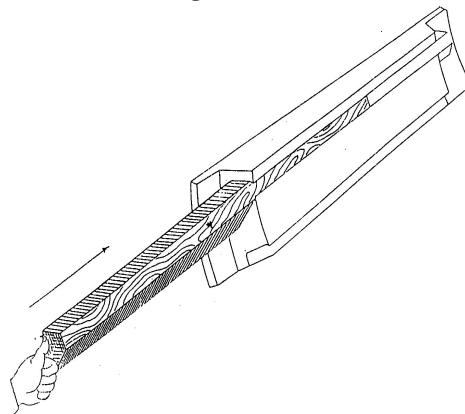
BƯỚC 4: Lồng bìa cách điện vào rãnh

An tịnh tiến giấy theo chiều mũi tên Hình 3.56



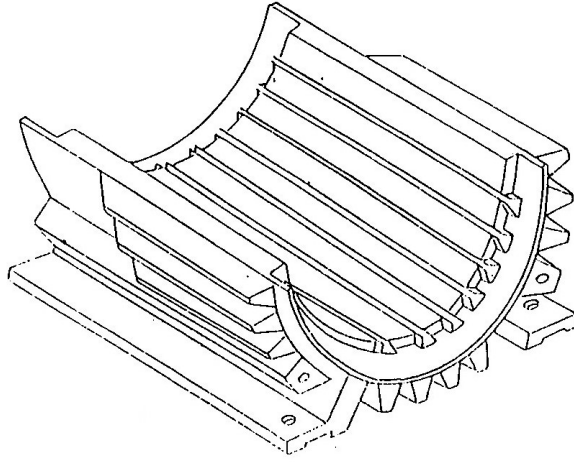
Hình 3.56

BƯỚC 5: Định vị bìa cách điện trong rãnh Hình 3.57



Hình 3.57

Yêu cầu: Sau khi lót giấy cách điện trong rãnh giấy không được cao hơn rãnh, không xục xịch và phải nằm sát các mặt rãnh.

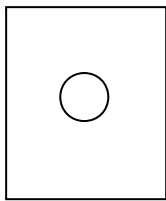


Hình 3.58. Stator sau khi lót cách điện rãnh

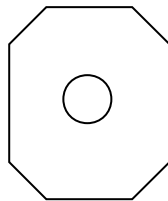
#### 5.15. 4 Làm khuôn quấn dây động cơ

##### 1. Hình dạng khuôn gỗ và miếng nẹp (má ốp)

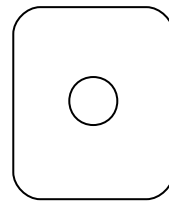
- Hình dạng khuôn gỗ



Hình chữ nhật



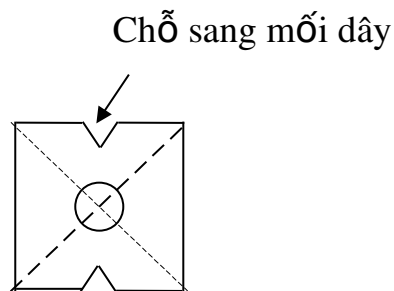
Hình thoi



Hình bầu dục

Hình 3.59. Hình dạng khuôn gỗ

- Hình dạng miếng nẹp:



Hình 3.60. Hình dạng miếng nẹp

Miếng nẹp là hai miếng gỗ kẹp 2 bên cái khuôn căn cứ vào khuôn để định kích thước cho miếng nẹp, điều kiện bắt buộc miếng nẹp phải lớn hơn các khuôn tối thiểu mỗi chiều

1cm. Hai đầu miếng nẹp (ứng với hai đầu khuôn) phải cắt trống để làm chỗ sang nối dây, bề dày miếng nẹp khoảng từ (0,3 ÷ 1 cm)

## 2. Các bước tiến hành:

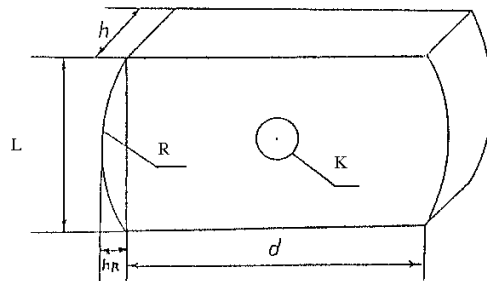
### a. Phương pháp 1:

Dựa vào bước quấn dây (y) của bối dây cần làm khuôn, lấy 1 sợi dây đồng đặt vào hai rãnh stato động cơ đã lót giấy cách điện (khoảng cách hai rãnh bằng bước dây y). Khoảng cách hai đầu khuôn cách lõi thép khoảng (1 → 1,2) cm. Lấy dây đồng ra uốn theo hình dạng khuôn gỗ đã chọn (hình chữ nhật, hình thoi, hình bầu dục), đo các kích thước trên hình dạng dây đồng để làm kích thước khuôn gỗ và bề dày khuôn gỗ bằng chiều cao rãnh stato

Sau khi lấy kích thước và lấy dấu kích thước lấy cưa cắt ra thành hình dạng khuôn, lấy thước gạch chéo 4 góc để tìm trung tâm của cái khuôn để khoan 1 lỗ tròn đường kính (1 → 1,2 cm) sau này cắt lên bàn quay dùng dũa hoặc đá mài làm láng xung quanh khuôn gỗ.

### b. Phương pháp 2: Áp dụng cho loại khuôn bầu dục

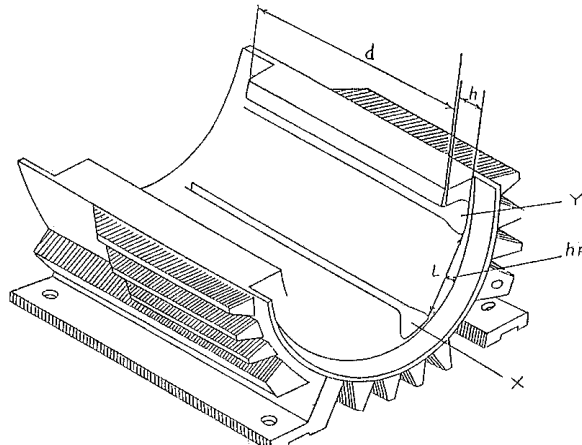
\* Kích thước khuôn gỗ



Hình 3.61. Kích thước khuôn gỗ

\* Cách xác định kích thước của khuôn quấn dây

- Stato để lót cách điện rãnh
- Rãnh X và Y là hai rãnh lắp cuộn dây (khoảng cách bước dây)
- Khoảng cách hai rãnh (X, Y) chính là chiều rộng khuôn
- d: là độ dài bìa cách điện trong rãnh Stato
- h: chiều cao rãnh stato
- $h_R$ : khoảng cách lớn nhất từ đường nối hai rãnh tới đáy stato

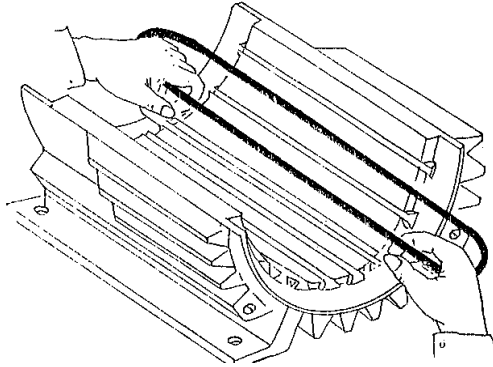


Hình 3.62. xác định kích thước của khuôn quấn dây

### 5.15.5. Lồng dây động cơ điện một pha

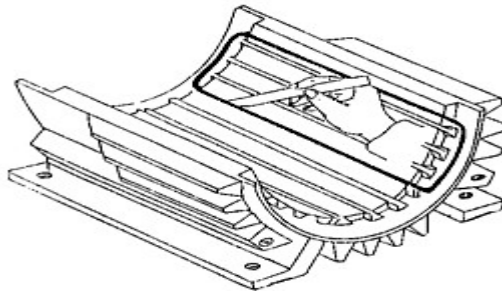
#### 1. Lồng dây Stato động cơ không đồng bộ 1 pha kiểu điện dung

- Vào cuộn dây chạy trước vào lần lượt từng vòng dây vào rãnh Stato (các vòng dây thẳng, không chổng chéo lên nhau).



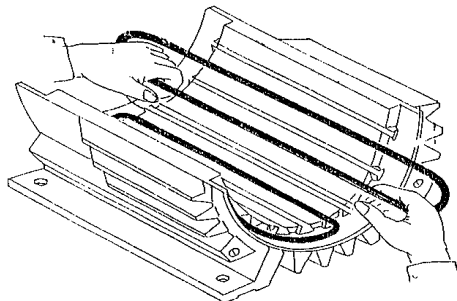
Hình 3.63. Lồng dây quấn stato

- Dùng dao tre trải dây trong rãnh Stato để dây nằm trong rãnh được thẳng, sóng, không bị chổng chéo.



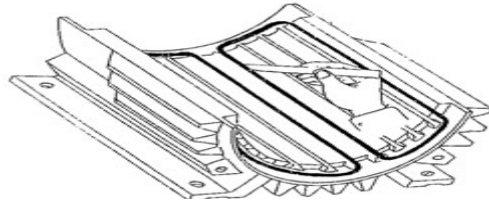
Hình 3.64. Dùng dao tre trải dây trong rãnh Stato

- Hạ tiếp cuộn chạy tiếp theo, hạ từng dây vào rãnh Stato



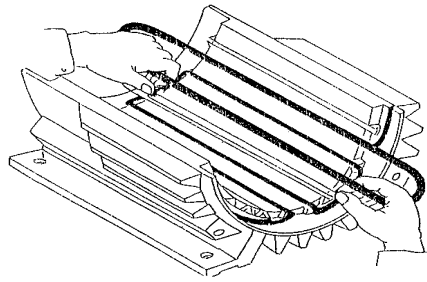
Hình 3.65. Hạ từng dây vào rãnh Stato

- Dùng dao tre trải dây trong rãnh Stato để dây trong rãnh được thẳng, sóng, không chổng chéo



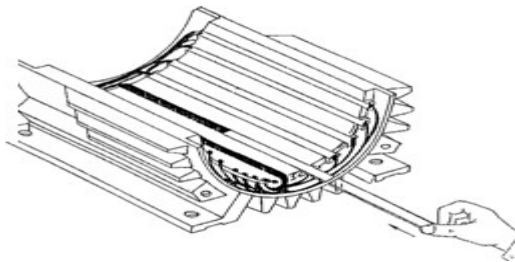
Hình 3.66. Trải dây trong rãnh Stator

- Khi vào dây xong cuộn chạy ta hạ cuộn dây để. Ta cũng vào dây như cuộn chạy

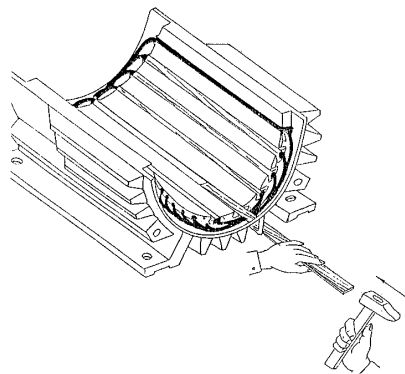


Hình 3.67. hạ cuộn dây để

## 2. Lót bìa úp cách điện phần miệng rãnh



Hình 3.68. Ấn tịnh tiến bìa úp theo chiều mũi tên



Hình 3.69. Đóng nêm tre

### 5.15.6 Lắp dây động cơ 3 pha



**Bước 1:** Sắp xếp nơi làm việc hợp lý những dụng cụ nào làm việc liên tục thì ta đặt phần tay thuận và ngược lại, các bối dây phải để gọn theo nhóm

**Bước 2: Nghiên cứu sơ đồ trải**

- Bộ dây quấn thuộc dạng nào (đồng tâm, đồng khuôn)
- Xác định và nắm vững số bối trong một nhóm
- Trong quá trình lồng dây đặt bối nào trước bối dây nào sau

**Bước 3: Chuẩn bị bối dây trước khi lồng.**

Nắm các cạnh (vòng dây) của bối dây đặt vào rãnh, sao cho thật thẳng và phẳng, bối dây nào lồng trước ta đặt phía trên cùng, thứ tự đến bối lồng cuối cùng, các vòng dây của bối dây không được chéo nhau. Lồng ống ghen vào các đầu đầu và đầu cuối của một nhóm dây.

**Bước 4: Lồng dây**

Đặt các cạnh của bối dây vào rãnh theo sơ đồ, để đảm bảo các đầu dây nối (dây chuẩn tiếp giữa các bối dây xong cùng một nhóm) ra không bị thừa ta đặt các đầu bối dây ra

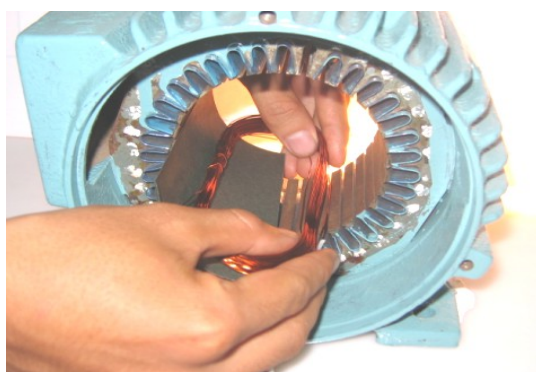
- Đặt bối dây nhỏ nhất vào lòng stato



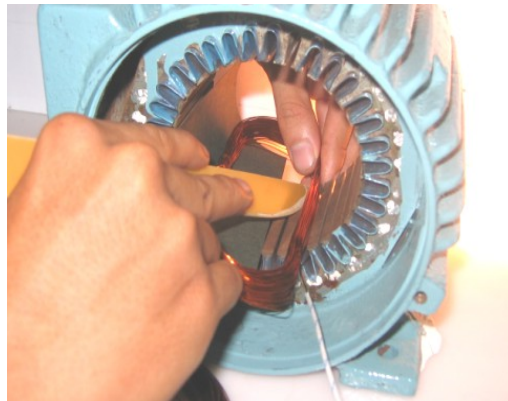
Hình 3.70. Đặt bối dây nhỏ nhất vào lòng stato

- Dùng tay se các sợi dây sao cho song song thẳng hàng

Khi lồng từng dây từ vào từng vòng dây và dùng hai tay đưa vào rãnh, trường hợp miệng rãnh hẹp và khó đưa dây vào rãnh thì ta dùng dao tre chải một số ít vòng dây để đưa vào rãnh (vào các vòng dây trong trước)



- Hình 3.71. se các sợi dây sao cho song song thẳng hàng  
 - Dùng dao tre chải vuốt sao cho dây thẳng lại



Hình 3.72. vuốt sao cho dây thẳng lại

Khi đưa dây vào rãnh ta dùng dao tre chải hết chiều dài rãnh nhiều lần, để dây nằm trong rãnh được phẳng không chổng chéo

Dùng dao tre kéo nhẹ không được ấn dây làm dây bị cong ...

- Xoay bối dây theo chiều quấn dây



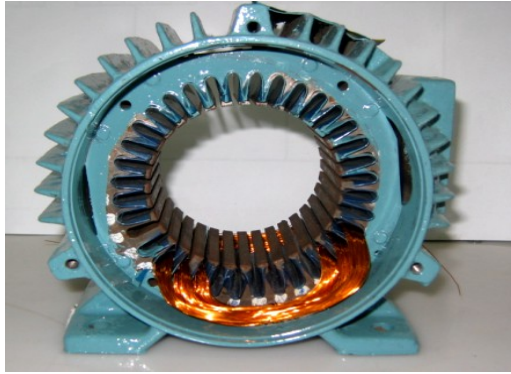
Hình 3.73. Xoay bối dây theo chiều quấn dây

- Bối dây 2 được đặt đúng chiều



Hình 3.74. Bối dây 2 được đặt đúng chiều

- Nhóm bối dây 1 đã lỏng xong



Hình 3.75. Nhóm bối dây 1 đã lồng xong

**\* Chú ý**

Khi lồng dây ta lồng từng cạnh tác dụng của bối dây, lồng cạnh này thì cạnh bên kia phải có 1 miếng giấy cách điện lót giữa mạch từ và dây quấn, để trong quá trình lồng dây bối dây không bị cọ vào mạch từ làm hư cách điện

Khi lồng dây phải đảm bảo được bước dây quấn ( $y$ )

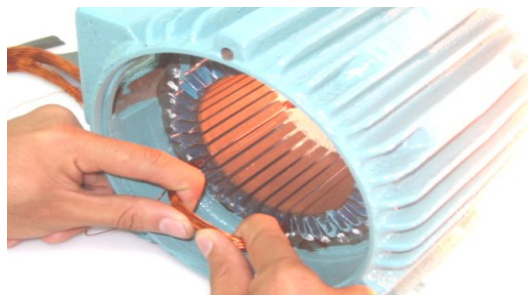
Trong quá trình lồng dây ta phải lồng theo thứ tự và theo quy luật (trái – phải) để tránh bị nhầm

- Sau khi lồng dây xong một nhóm dây kế tiếp ta tiếp tục lồng dây nhóm kế tiếp theo qui luật sau:

+ Theo sơ đồ trái ta đi từ trái qua phải đúng nhóm dây kế tiếp nào có cạnh tác dụng đầu và cuối cùng chiều với nhóm dây kế tiếp đó vào rãnh.

+ Tiếp tục lồng dây vào rãnh theo qui luật trên cho tới hết rãnh động cơ.

- Nắn đầu bối dây



Hình 3.76. Nắn đầu bối dây

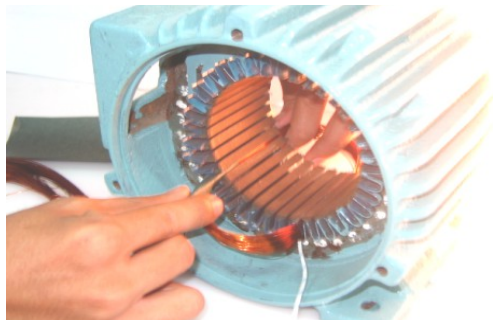
**Bước 5: Up miệng rãnh**

- Sau khi lồng dây vào rãnh xong phải có giấy úp miệng rãnh

- Dùng nong rãnh uốn giấy cách điện sao cho phù hợp với miệng rãnh, rồi đẩy bìa cách điện vào miệng rãnh

- Nếu trường hợp bìa úp đẩy vào khó khăn, dùng dao tre chải thật kỹ hai bên miệng rãnh. Lúc đẩy bìa úp ta đẩy các cạnh của bối dây vào theo sau đó

kéo ngược bối dây trở ra (không kéo bìa úp). Tiếp tục làm như trên cho đến khi bìa úp vào hết chiều dài của rãnh



Hình 3.77. Úp miệng rãnh

**\*Chú ý:** Không để dây cọ sát vào miệng rãnh làm hư cách điện dây

**Bước 6:** Nêm rãnh

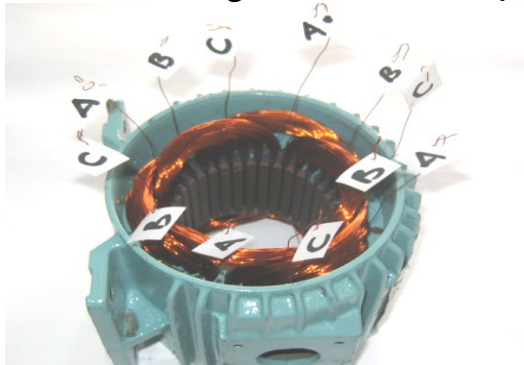
- Dùng tre hoặc rãnh nêm vào miệng rãnh
- Nêm không làm rãnh bìa lót cách điện rãnh và bìa úp
- Nêm không được chồi lên khỏi miệng rãnh, chiều dài nêm phải bằng nhau với chiều dài rãnh từ 1 -1,5 cm

**\* Những hư hỏng trong quá trình lồng dây**

- Các đầu dây bối dây đặt không đúng thứ tự, không theo từng nhóm, các dây nối chuyển lệch sai sơ đồ
- Các đầu dây ra của từng nhóm để thừa quá nhiều, để đụng vào vỏ và chạm mát
- Trong quá trình lồng dây cọ sát làm hư cách điện
- Vòng dây bị lọt ra ngoài bìa cách điện gây chạm mát
- Khuôn lớn dây thừa làm chạm nắp máy.

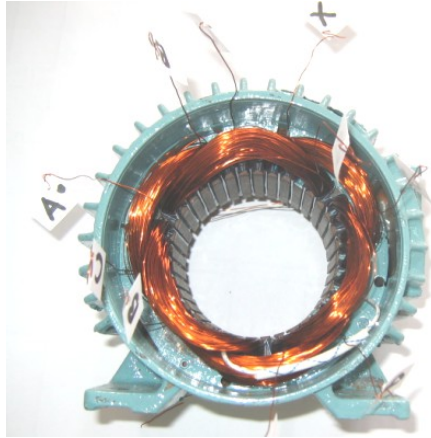
**5.15.7 Hàn, đấu dây và đai dây**

**1. Nghiên cứu sơ đồ dây quấn:** Nắm vững số nhóm của một pha



Hình 3.78. Đánh dấu đầu dây

**2. Đấu hàn pha A**



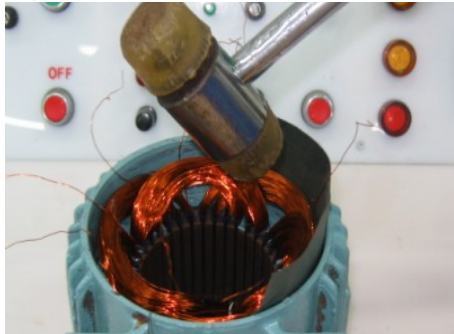
Hình 3.79 Đầu hàn pha A

- Cạo sạch cách điện các đầu từ 1,2 – 2 cm ,
- Thử thông mạch từng nhóm
- Thử chạm mát từng nhóm dây
- Lắp ống ghen
- Đấu dây theo sơ đồ
- Kiểm tra lại theo sơ đồ
- Hàn dây
- Kiểm tra thông mạch

**3. Đấu hàn pha B và C:** tương tự pha A

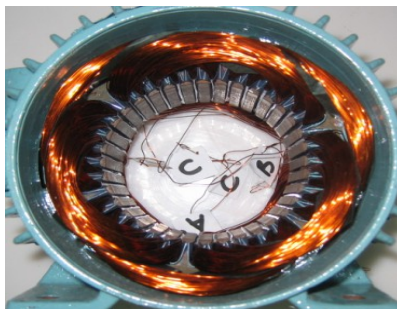
**4. Bơ dây**

- Dùng búa cao su bơ dây Hình 3.80



Hình 3.80

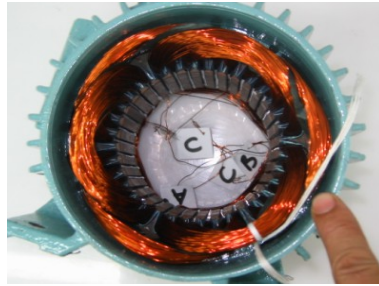
- Lót cách điện giữa các pha Hình 3.81



Hình 3.81

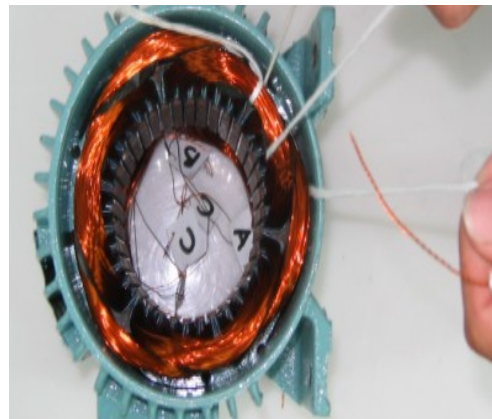
**5. Dai dây**

- Buộc mối dây đầu tiên Hình 3.82



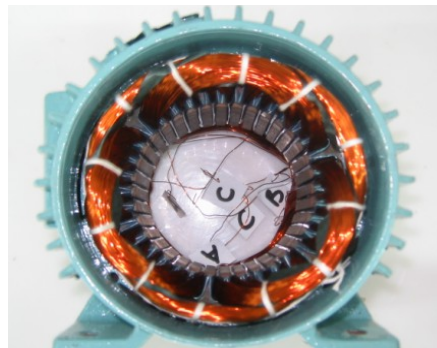
Hình 3.82

- Buộc mối dây thứ hai Hình 3.83



Hình 3.83

- Dây quấn sau khi đai Hình 3.84

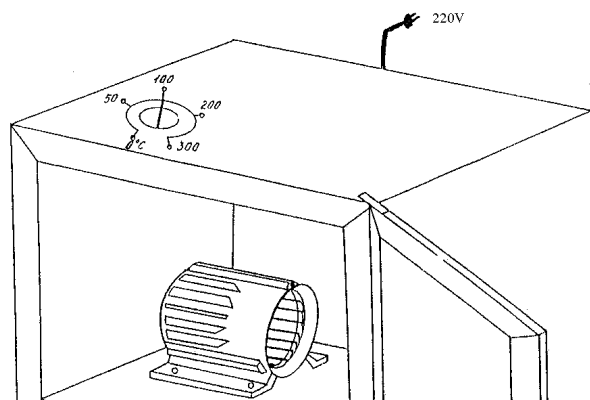


Hình 3.84

### 5.15.8 Tắm sấy động cơ

#### 1. Sấy khô Hình 3.85

+ Mục đích sấy khô cuộn dây để tránh hơi nước ẩm bám trong cuộn dây. Đối với cuộn dây cũ sau khi vệ sinh rửa sạch bằng xăng hay dầu đặc biệt dành cho rửa cuộn dây cũng phải sấy khô trước khi tắm sấy mới. Nhiệt độ sấy từ  $70 - 90^{\circ}\text{C}$ . Thời gian sấy phụ thuộc kích thước lõi sắt, cuộn dây, lượng nước trong cuộn dây, sau một thời gian ngắn ban đầu nhiệt độ lõi sắt cuộn dây tăng tới giới hạn chịu nhiệt của cấp cách điện thì chỉ duy trì thấp hơn ở nhiệt độ này một ít cho đến khi cuộn dây khô hoàn toàn.



Hình 3.85

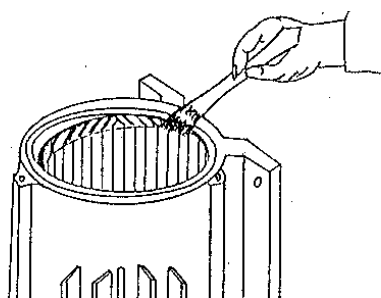
### 2. Tẩm sơn cách điện hình 3.86:

+ Quét tẩm: Đặt lõi sắt cuộn dây theo chiều đứng quét tẩm từ từ ở trên để sơn tẩm chạy xuyên qua các khe rỗng trong cuộn dây thấm dần xuống dưới

+ Ngâm: cuộn dây sau khi sấy khô, duy trì  $60 - 80^{\circ}\text{C}$  sau đó đem ngâm vào thùng sơn tẩm cho đến khi cuộn dây ngừng sủi bọt ( 5 đến 10 phút ) nhưng không quá 40 phút, số lần ngâm tẩm tùy theo yêu cầu chất lượng cần đạt được sau khi ngâm tẩm. Dung dịch ngâm những lần đầu loãng hơn những lần sau cùng để chất sơn tẩm thấm sâu vào khe rãnh, bó dây, lớp sơn tẩm sau cùng là sơn phủ tăng cường, liên kết và chống ẩm. Chất liệu sơn tẩm phải pha chế đúng dung dịch quy định dùng đồng nhất một loại vật liệu tránh tình trạng vật liệu ngâm sau phá hư lớp cách điện trước.

+ Ngâm áp lực: dùng thùng ngâm riêng duy trì áp lực ( 5 -7 ) atm khoảng 5 phút rồi sau đó giảm áp lực 5 phút rồi lại tăng áp lực làm liên tiếp chu kỳ trên khoảng 2 đến 3 giờ để sơn thấm sâu vào kẽ các vòng dây.

+ Ngâm áp lực và chân không: Kết hợp sấy khô bằng chân không và ngâm áp lực như trên.



Hình 3.86

### 3. Sấy lần hai:

Mục đích làm khô chất liệu vừa tẩm xong, gồm ba bước cơ bản:

- Để sơn tự cháy hết sau khi vượt ra khỏi thùng ngâm.

- Sấy ở nhiệt độ thấp ( $60 - 80$ )<sup>0</sup>C tùy theo điểm sôi của chất hoà tan mà quyết định mục đích của chất hoà tan bốc hơi chậm tránh tạo lớp màng cản trở bằng dung dịch không thoát ra được để sinh những lỗ khí trong lớp cách điện tránh rỉ bề mặt.

- Sấy ở nhiệt độ cao: làm cho khô cứng toàn bộ lớp sơn tẩm, nhiệt độ sấy bằng ( $110 - 140$ )<sup>0</sup>C thời gian từ 4 đến 16 giờ, tùy theo chất liệu sơn tẩm và kích thước lõi sắt cuộn dây

- Chú ý nhiệt độ sấy phải thấp hơn nhiệt độ cho phép của chất cách điện:

- Tẩm sấy các lần sau có thể bắt đầu lặp lại từ sau bước sấy ở nhiệt độ thấp hay 1/3 thời gian sấy ở nhiệt độ cao

#### **Chú ý:**

- Lần đầu sấy  $60 - 80$ <sup>0</sup>C còn tùy thuộc vào cách điện

- Nhiệt độ của verni là  $90$ <sup>0</sup>C để hơi ẩm thoát ra ngoài

- Sau đó đổ, rưới verni hay nhúng cả stato của động cơ vào verni

- Tẩm verni để tăng cường cách điện và độ bền chắc về cơ khí

- Verni tẩm lần đầu và lần sau phải cùng một loại, nếu không sẽ làm hỏng lớp ban đầu

- Verni lỏng tẩm vài lần trước sau đó mới đến verni đặc, do nếu tẩm verni dày sẽ tạo những bọt khí, dễ gây hư dây quấn động cơ

#### *4. Kiểm tra cách điện sau khi tẩm sấy*

+ Tuổi thọ của máy phụ thuộc rất nhiều vào cách điện. Đa số hư hỏng do cách điện dây quấn bị hỏng.

+ Các bước kiểm tra cực tính, cực từ, kiểm tra ngắn mạch giữa các vòng dây phải thực hiện trước khi kiểm tra cách điện. Điện trở cách điện phải thực hiện được ở các tiêu chuẩn sau:

- Dùng Megohm có thang điện áp  $U > 2$  lần điện áp định mức

**Ví dụ 3.5:** Megohm 500 V với máy có điện áp  $< 250$ V. Nếu  $U_{dm} > 380$ V phải dùng Megohm 1000V

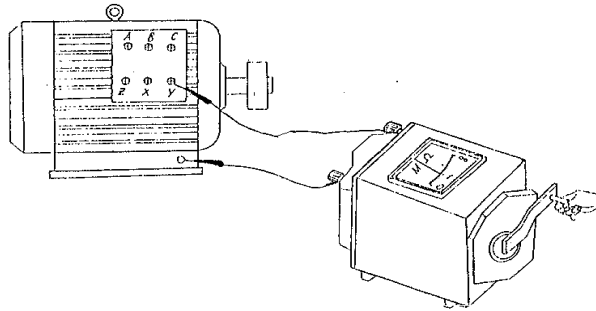
- R cách điện đo ở trạng thái nguội phải đạt trị số hình 3.87

$$R_{cd} = (100 + U_{dm}) / 1000 \text{ (M}\Omega \text{)}$$

- R cách điện đo ở nhiệt độ làm việc của máy điện: (kết hợp đo khi đang sấy)

$$R_{cd} = (100 + U_{dm}) / [ 1000 + (P / 100) ] \text{ (M}\Omega \text{)} \quad \text{với } P : (\text{KW}); U(\text{V})$$





Hình 3.87

+ Thử nghiệm cao áp: mục đích thử độ bền về điện của vật liệu cách điện với các điện áp cao đột ngột mà cách điện không bị đánh thủng khi thử nghiệm dùng điện áp xoay chiều 50Hz duy trì trong một phút với cấp điện áp quy định

### 5.15.9 Các hư hỏng thường gặp ở động cơ KDB ba pha

#### 1. Sát cốt

##### a. Quy định về khe hở giữa rôto và stato

Khi quay trực động cơ thấy có điểm chạm giữa rôto và stato, hiện tượng như vậy gọi là hiện tượng sát cốt. Hiện tượng này có thể do khe hở không khí tùy công suất và số cực của động cơ mà có các trị số khác nhau. Bảng 1, giới thiệu tiêu chuẩn về khe hở không khí giữa rôto và stato của Việt Nam sản xuất dùng vòng bi.

**TIÊU CHUẨN VỀ KHE HỖ KHÔNG KHÍ GIỮA RÔTO VÀ STATO**

Số cực	Trị số khe hở (mm) của động cơ không đồng bộ ứng với công suất KW do Việt nam sản xuất.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,4	0,45	0,5	0,7	0,7	0,7	0,85	1,0	1,2
4	0,3	0,3	0,35	0,35	0,45	0,25	0,7	0,9	1,0
6	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,8	0,7
8	-	-	-	0,35	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7
10	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,7

##### b. Nguyên nhân gây ra sát cốt và cách khắc phục

- Vòng bi, ổ trượt bị mòn nhiều dẫn đến đường tâm của rôto không trùng với đường vòng tâm của stato, kiểm tra vòng bi hoặc ổ trượt xem

đúng như vậy, thay vòng bi hoặc ổ trượt mới hiện tượng sẽ được khắc phục.

- Ổ đỡ vòng bi bị mài mòn, nên vòng bi quay cả vòng ngoài - hiện tượng này gọi là hiện tượng “lồng lưng” - kiểm tra, căn chỉnh và chèn lại ổ đỡ.

- Ổ đỡ vòng bi bị nứt, vỡ, nắp đậy động cơ bị vỡ cũng dẫn đến động cơ bị sát cốt – kiểm tra và thay thế các chi tiết trên nếu xảy ra.

- Khi tháo lắp, bảo dưỡng, sửa chữa định kỳ, lúc lắp lại không kiểm tra nên đường tâm của rôto và stato lệch nhau, căn chỉnh lại.

- Khi động cơ có thể bị cong vênh do quá trình tháo, lắp vô tình làm rơi rớt, nếu xảy ra hiện tượng này cần phải đưa lên máy tiện để tiện lại cho trục đồng tâm hoặc nắn lại trên máy nắn có đồng hồ đo đồng tâm.

Một chi tiết thao tác cần quan tâm khi lắp vòng bi vào trục động cơ, nếu lắp vòng bi vào trục động cơ bị lệch cũng dẫn đến lệch tâm giữa rôto và stato. Thông thường người ta lắp vòng bi vào trục động cơ dùng ống kim loại có đường kính bằng đường kính vành trong của vòng bi.

Khi lắp vòng bi hoặc ổ trượt vào trục động cơ không nên dùng búa trực tiếp đóng vào vòng bi hoặc ổ trượt mà cần có các chi tiết để sao cho khi đẩy vòng bi hoặc ổ trượt vào trục, toàn bộ vòng bi và ổ trượt được tiến đều vào thân trục, để vành trong vòng bi không bị xây sát do ống thép cứng nên có lớp đệm bằng đồng nằm giữa ống thép và vành vòng bi.

Khoảng cách giữa vòng bi và đầu trục cần nằm trong khoảng từ 2 – 4 mm đối với ổ trượt và 2 – 3mm đối với vòng bi, việc giữ khoảng cách như vậy nhằm tránh va chạm giữa đầu trục với ổ đỡ khi có hiện tượng rơ dọc trục.

## **2. Hư hỏng ở cổ góp và vành trượt**

Máy điện một chiều, máy điện xoay chiều có rôto dây quấn, để đưa dòng điện đi ra hoặc đưa dòng điện vào rôto cần có cổ góp hoặc vành trượt.

Cấu tạo và chức năng của các chi tiết ở cổ góp ta thấy: Chổi than là chi tiết được cố định tương đối còn cổ góp và vành trượt là chi tiết lấy điện vào hoặc đưa điện ra của rôto luôn ở trạng thái động. Vì vậy các dạng hư hỏng của cổ góp và vành trượt thường xảy ra và được khắc phục như sau:

a. *Mặt cổ góp sau một thời gian làm việc thường bị cháy xém, rỗ*

Cách khắc phục

Dùng giấy nháp mịn đánh sạch để cổ góp hết bị xém, rỗ. Nếu thời gian xảy ra tình trạng cháy xém, rỗ giữa 2 lần quá ngắn, cần kiểm tra lại tụ đập tia lửa điện (nếu có), có thể trị số của tụ đã giảm đáng kể hoặc bị khô.

*b. Cổ góp mòn không đều, tấm mica cách điện giữa các phiến góp bị hỏng dẫn đến xuất hiện tia lửa điện rất lớn giữa cổ góp và chổi than.*

Cách khắc phục

Nếu cổ góp mòn không đều cần phải tháo rôto ra đưa lên máy tiện rà lại hoặc có thể dùng giấy nháp mịn rà bằng tay nhưng phải theo chiều quay tròn. Nếu hỏng mica cách điện cần phải thay.

*c. Các lá góp bị ngắn mạch*

Cách khắc phục

Ngắn mạch giữa các lá góp có thể do tấm cách điện giữa 2 lá góp bị mòn thấp hơn lá góp, lâu ngày không bảo dưỡng dẫn đến muội than, bột đồng phủ tràn qua 2 lá góp – dùng thanh tre vót nhọn khứa nhẹ dọc theo lá góp và giẻ sạch lau cho đến khi hết bột than, bột đồng bám giữa 2 lá đồng.

*d. Phiến góp bị bung, cổ góp bị chập*

Do tác dụng nhiệt kéo dài có thể làm cách điện bị già, ống đỡ bằng gỗ phấp hự hỏng dẫn đến các phiến góp bị bung lên và có thể gây ra ngắn mạch giữa cổ góp và trục.

Cách khắc phục

Nếu bị bung nhiều cần gia cố lại toàn bộ cổ góp, nếu 1 vài phiến có thể lấy các phiến bị bung ra và thay bằng các phiến mới.

Cách thay thế phiến góp trong cổ góp: Khi phiến góp bị quá mòn so với phiến góp bên cạnh hoặc do nguyên nhân nào khác dẫn đến cần thay phiến góp đó, ta tiến hành như sau: Dùng Mỏ hàn lấy hết thiếc hàn giữa đầu dây với phiến góp cần thay, tách rộng hàm kẹp dây của phiến góp, nâng đầu dây ra khỏi phiến góp. Dùng dao răng cưa rạch sâu vào 2 bên phiến góp hỏng, lấy phiến góp ra sau đó đổ đầy êbôcxin vào nơi phiến góp vừa được lấy ra và đặt phiến góp vừa thay với 2 phiến góp bên cạnh, nếu tốt tiến hành xử lý bề mặt của phiến góp mới cho phù hợp với các phiến góp kề bên. Sau khi đã xử lý xong các bước trên, dùng giấy nháp đánh lại đầu dây đã tháo trước đó và hàm kẹp của phiến góp cho sạch, thấm thiếc cho đầu dây và hàm kẹp, đặt đầu dây vào hàm kẹp của phiến góp, dùng kìm bóp hàm kẹp để đầu dây được giữ chắc chắn trong hàm kẹp, hàn lại đầu dây với hàm kẹp của phiến góp.

*e. Tiếp xúc xấu giữa các đầu dây của rôto với các phiến góp*

Hiện tượng này hay xảy ra đối với các máy điện có công suất lớn do có dòng điện lớn đi vào hoặc ra thông qua mối hàn giữa đầu dây với hàm

kẹp. Theo thời gian và nhiệt độ do dòng điện gây ra, ở vùng tiếp xúc này có thể xảy ra hiện tượng “vảy” thiếc. Thiếc hàn ở mỗi hàn bị vảy dẫn đến lúc nào đó thiếc hàn bị vảy hết và điện trở mỗi hàn tăng lên do đó dẫn điện kém, thậm chí chỗ tiếp xúc đó bị cháy.

Cách khắc phục

Tháo đầu dây ra khỏi hàm kẹp, làm sạch đầu dây, hàn kẹp, thấm thiếc đều đầu dây, hàn kẹp, đặt đầu dây vào hàm kẹp, dùng kìm kẹp chặt lại sau đó hàn lại với mỗi hàn thật “ngấu”.

### **3. Hư hỏng chổi than và giá đỡ chổi than**

Giá đỡ chổi than thường được cách điện với cổ góp. Trong quá trình làm việc giá đỡ và chổi than có thể xảy ra các hư hỏng sau:

#### *a. Hư hỏng về ống dẫn hướng*

Ống dẫn hướng thường bị mòn do quá trình làm việc chổi than rung, di chuyển lên xuống dẫn đến mài mòn ống dẫn hướng.

Cách khắc phục

Khi có hiện tượng ống dẫn hướng bị mòn làm cho chổi than không định vị đúng cần phải thay thế ống dẫn hướng hoặc có thể lót tạm để định vị đúng cho chổi than làm việc trong khi chờ đợi thay ống dẫn hướng mới.

#### *b. Chổi than mòn không đều, mòn quá dẫn đến móc ép không còn tác dụng*

Cách khắc phục

Tháo chổi than ra, dùng giấy nháp mịn đánh lại bề mặt tiếp xúc giữa chổi than với cổ góp, chỉnh lại độ căng của lò xo sao cho các điểm tiếp xúc của chổi than với cổ góp nằm trong khoảng từ  $0,15 \div 0,2 \text{ KG/cm}^2$ .

Nếu chổi than đã quá mòn nên thay chổi than mới có cùng kích thước, chủng loại với chổi than cũ. Khi thay chổi than mới cũng cần điều chỉnh lại lực tỳ của chổi than vào cổ góp như trên.

#### *c. Hỏng dây mềm dẫn điện*

Các dây mềm dẫn điện từ chổi than ra cực nối dây lâu ngày có thể bị đứt, thay dây mới.

#### *d. Hư hỏng phần cách điện của giá đỡ*

Cách sửa chữa

Khi hư hỏng cách điện của giá đỡ phải tháo ra thay thế cách điện mới. Tuy nhiên cần chú ý là vị trí của giá đỡ trên cổ góp rất quan trọng đến việc cấp điện cho dây quấn rôto

(đối với động cơ) và lấy điện ra từ dây quấn rôto (đối với máy phát). Vì vậy trước khi tháo phải đánh dấu vị trí của giá đỡ, vị trí của các ống dẫn

hướng với mặt cổ góp để sao cho khi lắp lại giá đỡ các chổi than nằm trên đường trung tính.

*e. Giá đỡ chổi than bị dịch khỏi đường trung tính*

Trong quá trình làm việc do động cơ hay máy phát bị rung động nhiều hoặc trước khi đó khi lắp giá đỡ do chưa xiết chặt các bulông hãm nên giá đỡ bị di chuyển làm cho chổi than không nằm trên đường trung tính. Hiện tượng này xảy ra làm cho động cơ quay yếu, điện áp của máy phát điện phát ra thấp so với định mức.

**Cách khắc phục**

Đối với máy phát điện, nới lỏng các ốc hãm giá đỡ, nhìn vào đồng hồ vôn kế của máy phát, nhẹ nhàng dịch chuyển giá đỡ chổi than quanh vị trí ban đầu, ở điểm nào có điện áp cao nhất đấy chính là đường trung tính, dừng máy và cố định lại giá đỡ. Cách làm này đòi hỏi người thợ có kinh nghiệm và biết đảm bảo an toàn về điện cho người và máy.

Có thể tìm đường trung tính bằng phương pháp cảm ứng.

Cách tiến hành: Dùng nguồn một chiều có điện áp từ  $8 \div 10V$  phân áp qua biến trở R có trị số khoảng 1K, công suất 10W, đấu biến trở vào cuộn kích từ. Hai dây dẫn của chổi than nối vào một Vôn mét có thang đo từ 0 - 3V. Đóng khoá K, một tay dịch chuyển con chạy trên biến trở, đồng thời một tay xoay qua, xoay lại giá đỡ chổi than cho đến khi nào kim trên Vôn mét nằm ở vị trí 0, đó chính là đường trung tính, cố định giá đỡ.

**4. Hư hỏng ở phần từ và điện của động cơ**

*a. Hư hỏng ở mạch từ*

Mạch từ của động cơ chính là phần lõi thép. Lõi thép hư hỏng do nhiều nguyên nhân khác nhau, nhưng chúng thường thể hiện ở một số dạng sau:

Các dạng hư hỏng của mạch từ

- Động cơ nóng quá mức, có tiếng kêu khi động cơ làm việc.
- Cháy hỏng phần răng, các lá thép ở mép ngoài bị phồng rộp.
- Cách điện giữa các lá thép bị hỏng, các lá thép không còn được ép chặt.
- Vênh các cánh làm mát.
- Lõi thép không được liên kết chặt với trục, hỏng các miếng chèn thanh dẫn ở các rãnh.

**Cách khắc phục**

Khi động cơ nóng quá mức có thể do cách điện giữa các lá thép bị hỏng dẫn đến dòng Phụcô tăng, kiểm tra, làm vệ sinh sạch sẽ sau đó đổ sơn cách điện vào giữa các lá thép.

Phần răng bị cháy, rộp nếu không lớn lắm có thể dùng đục, đục bỏ phần cháy rộp, sau đó làm sạch phần kim loại nham nhở do đục gây ra –

chú ý khi làm các công đoạn này cần tránh khò khê và chạm vào dây quấn của Rôto. Dùng techiôlit tạo lại phần răng giả tương ứng với kích thước của răng đã bị đục.

Các lá thép phía ngoài cùng hay bị phồng rộp, cong vênh có thể dùng vòng đệm dày hơn lá thép lắp vào và ép chúng cho phẳng hoặc có thể tạo các gân và dùng êbôxi gắn các gân trợ lực đã tạo ra vào các lá thép đó.

Khi lõi thép với trục bị lỏng là do then ghép giữa lõi thép và trục bị thối ra hoặc mòn. Nếu then bị thối ra dùng búa nện lại cho chặt. Nếu then bị mỏng không còn khả năng nện chặt thì thay then mới.

#### *b. Các hư hỏng của phần điện*

##### *\* Khái quát về cách điện của động cơ*

Trong bảo dưỡng và bảo dưỡng định kỳ, trong các công đoạn tiến hành bao giờ cũng có việc kiểm tra cách điện của dây quấn động cơ. Vậy cách điện của dây quấn khi kiểm tra có trị số như thế nào là động cơ vẫn làm việc bình thường? Với trị số nào cần tiến hành tẩm, sấy?

Thông thường với động cơ làm việc ở điện áp  $U < 1.000V$ , khi dùng Mêgom mét loại 500V đặt ở thang đo 500M $\Omega$  để kiểm tra cách điện nếu:

- Điện trở của cuộn dây với vỏ stato  $R = 1M\Omega$  là được;
- Điện trở cách điện của cuộn dây (hoặc thanh dẫn) của rôto với lõi thép  $R = 0,5\Omega$  là được.

Nếu giá trị đo được dưới các trị số trên cần được khô, tẩm vécni, sau đó sấy cho vécni khô mới được đưa vào sử dụng.

Nếu cách điện đo được quá nhỏ  $R \leq 0,2 M\Omega$  cần được kiểm tra kỹ xem dây quấn bị chạm chập ở đâu và tìm cách khắc phục.

##### *\* Những hư hỏng thường gặp ở phần điện*

- Ngắn mạch của cuộn dây với vỏ.
- Ngắn mạch giữa các bối dây với nhau (cùng pha hoặc khác pha).
- Ngắn mạch giữa các dây dẫn trong cùng một bối dây;
- Đứt dây dẫn của một bối dây nào đó.

Khi phát hiện các hư hỏng này thường khó khăn và việc xử lý cũng cần khéo léo để tránh khi khắc phục chỗ này lại làm hỏng thêm chỗ khác.

##### *\* Phát hiện điểm ngắn mạch*

Khi kiểm tra cách điện ta phát hiện ra dây dẫn bị ngắn mạch, giả sử dây dẫn bị chạm vỏ hoặc các pha dây bị chạm nhau, vậy cần làm thế nào để phát hiện bối dây nào, hoặc rãnh nào có chỗ dây dẫn bị hỏng cách điện?

Trong mạch điện sử dụng nguồn E là nguồn điện một chiều, điện áp có thể từ 3V đến 6V tùy theo đường kính của dây quấn. Điện trở  $R_1$  là một chiết áp khoảng 300 $\Omega$ , điện trở  $R_2$  khoảng 10 - 20 $\Omega$  tùy theo dây quấn to

hay nhỏ. Vônmet có thang đo 3V, ampe mét có thang đo 1 A. Ta chỉnh  $R_1$  cho ampe kế có dòng điện nhỏ hơn dòng định mức của dây dẫn nhưng cũng không vượt quá 0,3 A. Đưa 2 dây đo vào 2 đầu của mỗi bối dây, chú ý đưa cực tính của dây đo đúng thứ tự các đầu dây. Khi đo đầu dây của Vôn kế vào từng bối dây ta sẽ thấy nếu các bối dây ở phía không bị ngắn mạch sẽ có cùng trị số và cùng chiều chuyển động với kim vôn kế (ví dụ bối dây A-B, B-C), nếu bối dây có chiều quay ngược lại (ví dụ dây D-E), điều này chứng tỏ bối dây C-D bị ngắn mạch với vỏ tại điểm M. Có thể tìm được điểm M không? Có thể đo điện áp rơi ở phần DM và CM từ đó suy ra tỷ lệ số dây quấn của phần bị ngắn mạch.

*\* Tìm hiện tượng một số vòng dây trong một bối dây bị ngắn mạch (bị chập)*

Khi một số vòng dây trong một bối dây bị ngắn mạch sẽ làm động cơ có hiện tượng phát nóng cục bộ, giảm công suất và tăng hao tổn. Nếu để lâu nó sẽ làm hỏng các vòng dây bên cạnh gây ra tình trạng ngắn mạch nặng nề hơn và có thể làm hỏng toàn bộ dây dẫn của động cơ.

Để tìm ra số vòng dây bị ngắn mạch cục bộ ở bối dây nào, pha nào ta có thể dùng các phương pháp như sau:

- Có thể dùng điện trở thang đo nhỏ để đo điện trở các bối dây, các pha và so sánh điện trở các bối dây, các pha. Nếu điện trở bối dây, pha nào nhỏ chứng tỏ bối dây đó, pha đó có vòng dây bị chập. Tuy nhiên phương pháp này sẽ không có câu trả lời chính xác nếu số vòng dây bị chập quá ít.

- Dùng Ampe mét để đo dòng điện trong từng pha đối với động cơ 3 pha. Dùng 3 đồng hồ Ampe mét có thang đo (phải cao hơn dòng điện không tải định mức của động cơ) và độ chính xác như nhau và mắc chúng nối tiếp và các pha để đo cường độ dòng điện ở mỗi dây pha.

Sau khi mắc mạch xong, cho động cơ làm việc ở chế độ không tải và quan sát dòng điện tiêu thụ trên các Ampe mét. Giả sử Ampe số 2 có chỉ số dòng điện lớn hơn cả chứng tỏ cuộn dây pha B có vòng chập.

Sử dụng rônha để phát hiện vòng dây đặt trong rãnh stato bị chập là phương pháp tiện lợi, đơn giản vì việc tự làm một rônha phục vụ cho sửa chữa không có gì khó khăn.

Dây dẫn trong rãnh stato bị chập được phát hiện như sau: Khi cấp điện cho 2 cuộn dây của rônha, từ thông do rônha tạo ra khép mạch qua răng và ôm lấy các dây quấn đặt trong rãnh, do vậy trong dây quấn xuất hiện sức điện động. Nếu dây quấn trong rãnh có một số vòng chập nhau, trong các vòng này sinh ra dòng điện, từ thông của dòng điện do các vòng chập nhau sinh ra móc vòng qua các răng của rãnh, nếu ta đặt lá thép mỏng vào giữa 2

răng của rãnh, lá thép sẽ bị hút rung lên tạo ra âm thanh rè rè. Như vậy ta kết luận ngay được trong rãnh đó có các vòng dây bị chập. Xác định dây dẫn và thanh dẫn bị đứt

\* Xác định dây dẫn bị đứt

Để xác định dây dẫn bị đứt, đơn giản là dùng Ommet để đo các cuộn dây nếu nghi ngờ chúng bị đứt

\* Xác định thanh dẫn bị đứt

Để xác định được thanh dẫn trong rôto lồng sóc bị đứt là một việc khó và để chính xác có thể tiến hành từng bước:

Bước 1: Kiểm tra nghi ngờ thanh dẫn của rôto bị đứt.

Khi cấp điện cho một cuộn dây stato và các cuộn khác ở trạng thái không cấp điện cuộn dây stato được cấp điện có vai trò như cuộn sơ cấp của máy biến áp, còn thanh dẫn của rôto như cuộn thứ cấp. Nếu thanh dẫn của rôto không bị đứt khi ta quay đều rôto 1 vòng ( $360^0$ ) dòng điện do ampe mét chỉ, luôn là dòng điện lớn nhất (dòng điện của cuộn thứ cấp ngắn mạch), còn khi quay như vậy có chỗ dòng điện trong ampe mét tụt xuống chứng tỏ trong rôto có thanh dẫn bị đứt. Cách này không chỉ được chính xác thanh nào bị đứt mà chỉ cho ta khẳng định một điều: trong rôto có thanh dẫn bị đứt.

Bước 2. Xác định chính xác thanh dẫn bị đứt

Rút Rôto ra khỏi Stato khoảng 2/3 thân Stato. Đặt điện áp 3 pha khoảng 20% đến 30% điện áp định mức của động cơ. Dùng một lá thép mỏng có bề rộng lớn hơn miệng rãnh, di chuyển lá thép theo chu vi của Rôto. Trong lúc di chuyển theo dõi cảm giác của tay cầm lá thép, nếu ở rãnh nào lá thép bị rung nhẹ chứng tỏ thanh dẫn ở rãnh đó bị đứt

### **5.15.10 Hư hỏng thường gặp của động cơ một pha**

**1. Hư hỏng phần cơ** (chủ yếu xảy ra ở phần ổ đỡ, ổ đỡ của động cơ 1 pha là ổ bạc hay vòng bi)

a. *Khô dầu*

Khi ổ bạc bị khô dầu, động cơ khởi động nặng nề hoặc khi động cơ làm việc thấy có tiếng kêu không bình thường phát ra ở ổ đỡ

*Cách kiểm tra và cách khắc phục*

Ngắt điện, dùng tay quay thử thấy trục động cơ quay không trơn, lấy vít dầu sạch tra vào ổ đỡ trước và sau thông qua lỗ tra dầu của ổ đỡ. Trong khi tra nên quay trục để dầu lan đều trong ổ đỡ, mỗi ổ đỡ chỉ nên tra từ 5 đến 10 giọt đủ thấm dầu cho toàn bộ ổ đỡ, tra dầu xong cần lau sạch phần dầu tràn ra ngoài nhằm tránh không cho dầu dính vào dây quấn.



Nếu tình trạng ổ đỡ do quá lâu chưa lau chùi, bảo dưỡng dầu, mỡ bị khô cùng với bụi bẩn làm trục động cơ quay nặng nề cần phải tháo hai đầu bịt stato để lộ ổ đỡ ra ngoài. Khi tháo cần xem xét kỹ các chi tiết có liên quan và cẩn thận tháo từng chi tiết một. Chi tiết nào có liên quan đến phần nối dây dẫn đưa điện vào cần tháo nhẹ nhàng và dùng dây cố định chi tiết đó để làm dây không bị đứt, gãy khi tiến hành các thao tác khác

Khi ổ đỡ đã lộ ra, nhỏ ít dầu hoả để dầu, mỡ đã khô tan ra dùng giẻ sạch lau sạch dầu, mỡ bẩn trên ổ đỡ cũng trên trục. Sau khi làm sạch phần ổ đỡ và trục tiến hành tra dầu, mỡ mới cho chúng. Việc lắp ráp thực hiện theo trình tự ngược lại khi tháo: Chi tiết nào tháo trước thì lắp sau, chi tiết nào tháo đầu tiên thì lắp cuối cùng. Sau khi lắp lại hoàn chỉnh cần kiểm tra lại lần cuối xem các ốc vít đã được lắp chặt chưa, quay thử trục xem trục có trơn không, dây nối vào động cơ có bị gãy đứt hoặc xây sát phần cách điện không. Quay thử trục quay xem có nhẹ nhàng không, nếu trục quay thấy nặng chứng tỏ việc lắp hai mặt bịt ổ đỡ chưa phù hợp nên có hiện tượng lệch tâm, nối các vít, điều chỉnh vị trí mặt bịt đầu và xiết lại. Việc kiểm tra hoàn tất mới đóng điện cho động cơ làm việc.

#### *b. Sát cốt*

Ta biết giữa Rôto và Stato có khe hở, khe hở này càng nhỏ càng tốt. Do vậy do ổ đỡ bị mòn hoặc trục đỡ cong vì một va chạm mạnh nào đó sẽ gây ra tình trạng: khi rôto quay có phần nào đó của rôto chạm vào stato phát ra tiếng kêu, nhìn vào trục động cơ thấy trục động cơ bị đảo - hiện tượng đó gọi là hiện tượng sát cốt. Hiện tượng sát cốt nếu không được khắc phục ngay sẽ làm động cơ chóng bị hư hỏng nghiêm trọng.

#### *Cách khắc phục*

Kiểm tra bạc đỡ hoặc vòng bi: dùng tay cầm ổ đỡ và lắc ngang, nếu là bạc đỡ sẽ thấy độ “dơ” ngang của bạc trục, nếu là vòng bi sẽ thấy vòng ngoài của bi “dơ” ngang với các viên bi bên trong. Nếu kiểm tra thấy chúng bị “dơ” nhiều chứng tỏ hiện tượng sát cốt do chúng gây lên□ thay bạc đỡ hoặc vòng bi mới đúng chủng loại

Nếu ổ đỡ không bị “dơ”, phải kiểm tra xem trục rôto có bị cong vênh không? Việc kiểm tra và nắn lại trục là việc khó khăn, phải nhờ dụng cụ chuyên dùng mới khắc phục.

### **3. Hư hỏng phần điện**

Khi cấp điện cho động cơ, không thấy động cơ quay, sờ vào động cơ không thấy rung chứng tỏ phần điện của động cơ bị hỏng. Phần điện bị hỏng có thể do các nguyên nhân sau:

#### *c. Hư hỏng phần điều chỉnh tốc độ*

### *Cách kiểm tra*

Tháo một dây nối của bảng điều khiển tốc độ ra khỏi dây nối của động cơ. Dùng hai dây có bọc cách điện, nối trực tiếp vào hai đầu dây ra của động cơ, cắm hai đầu dây còn lại vào ổ điện, nếu động cơ chạy bình thường chứng tỏ mạch điều khiển tốc độ bị hỏng. Kiểm tra sửa chữa mạch điều khiển tốc độ. Nếu cắm dây trực tiếp như vậy mà động cơ không chạy chứng tỏ phần dây quấn và tụ của động cơ bị hỏng.

*d. Phần dây quấn và tụ khởi động của động cơ có thể xảy ra các hư hỏng sau*

#### *1. Đứt dây quấn*

##### *Cách kiểm tra*

Dùng đồng hồ vạn năng để ở thang đo điện trở x100 đặt que đo vào hai đầu dây ra, nếu kim đồng hồ không quay, chứng tỏ dây quấn bị đứt. Kiểm tra xem có tìm được chỗ đứt? Nếu tìm được cần nhẹ nhàng nâng hai đầu bị đứt tách khỏi “bin” dây, cạo sạch sơn cách điện, thấm thiếc cho chúng, dùng đoạn dây đồng có kích thước như dây quấn động cơ, làm sạch cách điện thấm thiếc. Sau khi đã làm đầy đủ các động tác trên, chuẩn bị bằng cách điện, tiến hành nối dây. Trước khi hàn cần cố định mối nối, dùng kẹp bẻ cong các đầu dây sau đó móc chúng vào với nhau, dùng kẹp bóp các đầu móc quấn chặt vào nhau trước khi hàn. Hàn xong dùng ghen cách điện bọc kín mối hàn sao cho ghen cách điện phủ ra ngoài phần dây cạo sạch cách điện khoảng 1 cm và lấy dây cố định chặt mối hàn vào “bin” dây. Nếu sơn đã đổ đầy cách điện phải hơi nóng cho sơn cách điện mềm ra mới có thể nâng được phần dây đứt lên.

Đối với động cơ khởi động bằng tụ, khi đo không thấy dây bị đứt, cắm điện vào động cơ thấy động cơ khởi động khó khăn hoặc không khởi động được nhưng để điện lâu một chút thấy động cơ phát nóng không bình thường. Hiện tượng này do tụ khô hoặc đánh thủng.

#### *2. Kiểm tra tụ bị khô*

Tháo tụ ra, để đồng hồ đo điện trở ở thang đo x100 đưa hai đầu que đo vào hai đầu dây tụ điện. Nếu không thấy kim đồng hồ vọt lên rồi trở về vị trí ban đầu thì tụ bị khô.

#### *3. Kiểm tra tụ bị rò hoặc đánh thủng*

Để đồng hồ đo điện trở ở thang đo x100 sau đó đo tụ nếu kim đồng hồ vọt lên chỉ giá trị nào đó rồi đứng yên ở giá trị đó hoặc kim đồng hồ chỉ giá trị 0 thì tụ bị rò hoặc đánh thủng.

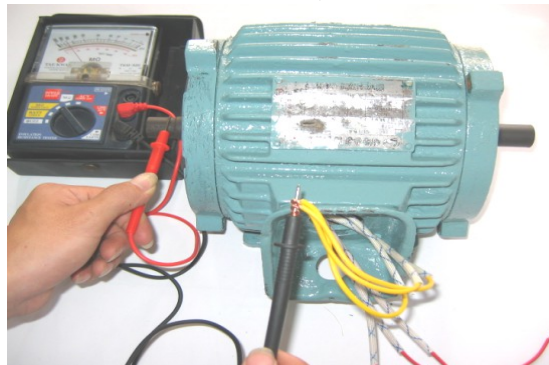
### 5.15.11 Chạy thử và kiểm tra động cơ 3 pha

#### **Bước 1: Kiểm tra thông mạch**

Dùng đồng hồ đa năng kiểm tra từng cặp cuộn dây nếu kim đồng hồ lên thì cuộn dây còn tốt, kim không lên thì cuộn dây bị đứt

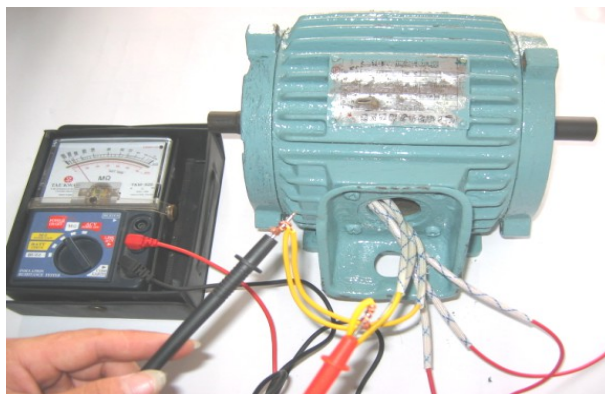
**Bước 2: Kiểm tra cách điện giữa dây quấn stato và lõi thép** (kiểm tra cách điện từng cuộn dây một) hình 3.88

- Kim Mê gôm mét chỉ  $0.5M\Omega$  trở lên thì đạt yêu cầu kỹ thuật
- Kim Mê gôm mét chỉ nhỏ hơn  $0,5 M \Omega$  thì không đạt yêu cầu kỹ thuật



Hình 3.88

**Bước 3: Kiểm tra cách điện giữa các pha:** hình 3.89



Hình 3.89

- Mê gôm mét chỉ  $2 M \Omega$  - đạt yêu cầu kỹ thuật
- Mê gôm mét chỉ  $0,3M \Omega$  - không đạt yêu cầu kỹ thuật.

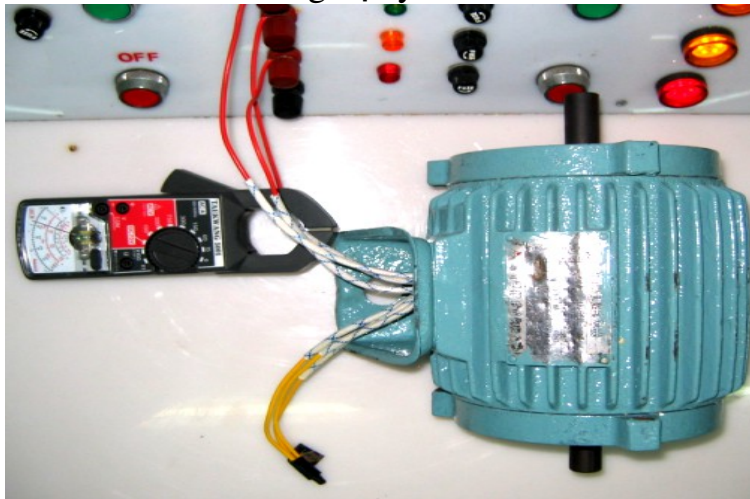
**Bước 4: Kiểm tra độ rò điện ra vỏ động cơ**

- Cấp điện cho động cơ
- Đồng hồ V.O.M để ở thang đo điện áp xoay chiều 250 V
- Que đỏ của đồng hồ nối vào vỏ của động cơ, que đen nối đất → đồng hồ chỉ

0V: đạt yêu cầu kỹ thuật

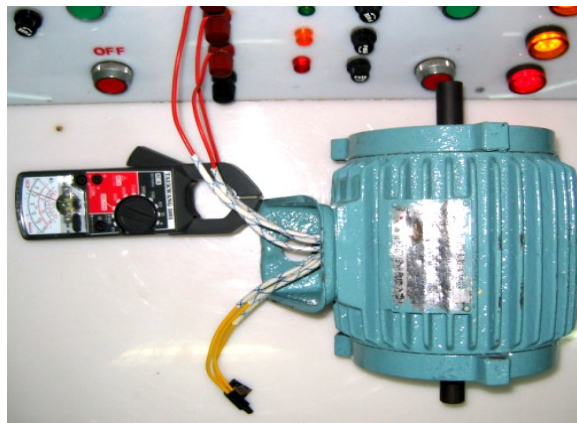
**Bước 5: Kiểm tra dòng điện khởi động của động cơ ở chế độ có tải hình 3.90**

- Đấu dây vận hành
- Dùng đồng hồ ampe kìm đo dòng điện khởi động. Tùy theo động cơ có trị số dòng khởi động. Ví dụ động cơ 3 pha ký hiệu:  $\Delta / Y - 220V / 380V$ , hệ số công suất 0.7, công suất  $P = 2,8 \text{ KW}$ 
  - + Ampe kìm chỉ giá trị 30A → đạt yêu cầu
  - + Ampe kìm chỉ 45A → không đạt yêu cầu



Hình 3.90

**Bước 6: Kiểm tra trị số dòng định mức của động cơ hình 3.91**



Hình 3.91

- Dùng Ampe kìm đo dòng định mức của động cơ khi mang tải.

- Tùy theo công suất của động cơ ta có dòng định mức tương ứng. Ví dụ: động cơ 3 pha ký hiệu:  $\Delta / Y - 220V / 380V$ , hệ số công suất 0,7, công suất  $P = 2,8 \text{ KW}$

+ Ampe kìm chỉ giá trị 6A → đạt yêu cầu

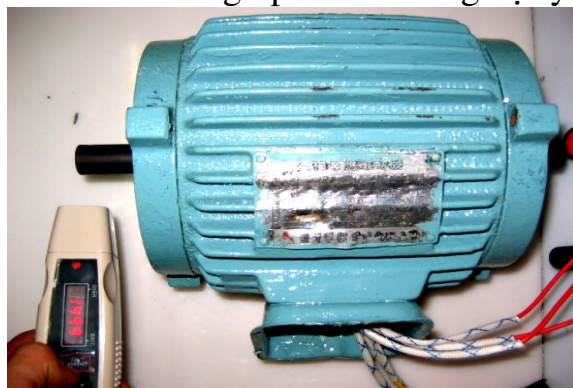
+ Ampe kìm chỉ 8A → không đạt yêu cầu

**Bước 7: Kiểm tra tốc độ động cơ hình 3.92**

- Kiểm tra tốc độ động cơ ở chế độ không tải. Loại động cơ có  $2p = 4$

+ Tốc độ kế chỉ 1450 vòng / phút → đạt yêu cầu kỹ thuật

+ Tốc độ kế chỉ 1200 vòng / phút → không đạt yêu cầu kỹ thuật



Hình 3.92

**Bước 8: Kiểm tra phát nhiệt của động cơ ở chế độ tải định mức**

- Nhiệt kế chỉ  $\leq 60^{\circ} \text{C}$  → đạt yêu cầu kỹ thuật

- Nhiệt kế chỉ  $> 60^{\circ} \text{C}$  → không đạt yêu cầu kỹ thuật

**BẢNG QUY TRÌNH SỬA CHỮA ĐỘNG CƠ 1 PHA VÀ 3 PHA**

TT	Tên công việc	Nội dung công việc	Yêu cầu kỹ thuật	Dụng cụ và thiết bị
1	Lấy số liệu	Ghi các số liệu (P, U, I, cos ) định mức	Ghi chính xác, rõ ràng.	Sổ ghi chép
2	Lấy dấu	Lấy dấu giữa nắp và thân	Đánh dấu rõ ràng	Búa, đục sắt
3	Lấy mẫu	Tháo băng cách điện, Lấy mẫu cuộn dây, vẽ sơ đồ trải	Bối dây nguyên hình đếm số vòng dây và đo đường kính dây	Dao, kéo, thước, kìm, búa, Panme
4	Vệ sinh lõi	Cạo sạch rãnh, sửa lõi thép	Rãnh sạch không bị cong vênh	Dẻ lau, xăng, búa gỗ
5	Lấy các kích	Hình dạng rãnh, đường kính trong,	Đúng kích thước	Thước, sổ ghi chép

	thước mạch từ	ngoài Stato, gông từ, chiều dài...		
6	Làm khuôn dây quấn	Đo khuôn theo kích thước bối dây	Làm đúng kích thước khuôn	Gỗ, cửa, dũa, thước
7	Cắt bìa cách điện	Cắt bìa cách điện rãnh và pha	Đúng kích thước và kỹ thuật	Kéo, thước, bìa cách điện
8	Quấn dây	Quấn dây lên khuôn quấn Quấn trước một nhóm bối dây để thử	Quấn sóng, phẳng, không chổng chéo. Không hư cách điện, không xoắn dây	Dây quấn, khuôn quấn, bàn quấn
9	Lồng dây	Lồng dây vào rãnh Stato theo sơ đồ trải	Quấn sóng, phẳng, không chổng chéo. Không hư cách điện, không xoắn dây	Dao tre, búa gỗ, nôm tre
10	Kiểm tra	Kiểm tra chạm mát, chạm pha, thông mạch	Đo được chính xác	Đồng hồ V.O.M, MΩ
11	Đấu dây	Đấu dây theo sơ đồ	Đấu đúng, các mối nối chắc, tiếp xúc tốt	Sơ đồ trải, ống ghen, dây dẫn
12	Đai dây và nôm rãnh	Đai dây quấn mặt trước và sau	Đai chắc chắn, nôm chắc không nhô lên trên miệng rãnh	Dây đai, dao, tre, búa
13	Chạy thử	Lắp ráp chạy thử	Động cơ chạy đảm bảo các thông số kỹ thuật	Nguồn điện, búa, clê, mỏ lết
14	Tẩm sấy	Sấy và tẩm dây quấn	Verni khô, không dính ở mặt trong Stato	Verni, lò sấy
15	Lắp ráp chạy thử	Như bước 11, 13		

## **NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ BÀI 3:**

### 1. Nội dung:

#### + Về kiến thức:

- Khái niệm về máy điện không đồng bộ 3 pha
- Cấu tạo của máy điện không đồng bộ 3 pha.
- Từ trường quay của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Mô hình toán của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Sơ đồ thay thế của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Năng lượng của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Mô men của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Các phương pháp mở máy của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Phương pháp điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Cấu tạo và nguyên lý của máy điện không đồng bộ một pha
- Phương pháp sử dụng máy điện không đồng bộ 3 pha hoạt động ở lưới điện một pha
- Sơ đồ dây quấn của máy điện không đồng bộ 1 pha
- Sơ đồ dây quấn của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Tháo, lắp máy điện không đồng bộ 3 pha
- Các hư hỏng thường gặp của máy điện không đồng bộ 3 pha
- Sửa chữa máy điện không đồng bộ 3 pha, một pha

#### + Về kỹ năng:

- Giải bài tập cơ bản về tính toán máy điện không đồng bộ 1 pha, 3 pha
- Tháo, lắp, kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa máy điện không đồng bộ 1 pha, 3 pha

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

### 2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập

## BÀI TẬP

**Bài 1.** Một động cơ không đồng bộ ba pha dây quấn stato nối tam giác, điện áp lưới 220V, 50Hz, số liệu động cơ:  $p=2$ ,  $I_1=21\text{A}$ ,  $\cos\varphi_1=0,82$ ,  $\eta=0,837$ ,  $s=0,053$

Tính tốc độ động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ  $P_1$ , tổng các tổn hao, công suất cơ hữu ích  $P_2$ , mômen quay động cơ.

### **Hướng dẫn giải**

Ta có:

$$\omega = \omega_1(1-s) = 2\pi f/p = 2\pi \cdot 50(1-0,053)/2 = 148,68 \text{ rad/s}$$

Tốc độ động cơ:

$$n = 60f(1-s)/p = 50 \cdot 60(1-0,053)/2 = 1420 \text{ v/p}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ.

$$P_1 = \sqrt{3}U_1 I_1 \cos\varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 21 \cdot 0,82 = 6561 \text{ W}$$

Công suất hữu ích.

$$P_2 = \eta_1 \cdot P_1 = 0,837 \cdot 6561 = 5491 \text{ W}$$

Tổng tổn hao công suất.

$$P = P_1 - P_2 = 6561 - 5491 = 1070 \text{ W}$$

Mômen quay động cơ.

$$M_2 = P_2 / \omega = 5491 / 148,68 = 36,9 \text{ Nm}$$

**Bài số 2:** Một động cơ không đồng bộ ba pha 40hp, tần số 60Hz, 4 cực từ, 460V có stator đấu Y đang vận hành ở tốc độ 1447 vòng/phút. Công suất tổn hao phụ ở tải này là 450W, còn tổn hao cơ là 220 W. Các thông số mạch của động cơ qui đổi về stator như sau:

$$R_1 = 0,1418 \quad ; \quad R'_2 = 1,100 \quad ; \quad R_{fe} = 212,73 \quad ;$$

$$X_1 = 0,7273 \quad ; \quad X'_2 = 0,7284 \quad ; \quad X_M = 21,7$$

Hãy dùng mạch điện thay thế chính xác để xác định (a) tổng trở vào/pha; (b) dòng điện dây stator và rotor; (c) công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến và hệ số công suất được cấp từ lưới điện; (d) các tổn hao; (e) công suất điện từ, công suất cơ; công suất ra, hiệu suất; (f) moment điện từ, moment trên đầu trục.

**Hướng dẫn: Sử dụng một số công thức sau:**

Dựa trên sơ đồ thay thế chính xác của máy điện KDB Hình 3.11a, Giải mạch điện



$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$Z_t = R_2 \frac{1-s}{s}$$

$$Z_M = \frac{R_{Fe} \quad jX_M}{R_{Fe} + jX_M}$$

$$Z_v = Z_1 + \frac{Z_M (Z_2 + Z_t)}{Z_M + (Z_2 + Z_t)}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{U_1}{Z_v}$$

$$\vec{U}_m = \vec{U}_2 = \vec{U}_1 - \vec{Z}_1 \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_v}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_2}$$

**ĐS:**

$$S_1 = 37680 \text{ VA}, P_1 = 33466 \text{ W}, Q_1 = 17315 \text{ VAr}$$

$$p_{Cu1} = 951.4184 \text{ W}, p_{Cu2} = 6210 \text{ W}, p_{Fe} = 849 \text{ W}$$

$$P_{dt} = 31667 \text{ W}, P_{co} = 25457 \text{ W}, P_2 = 24787 \text{ W}$$

$$\eta = 0.7407, M = 168 \text{ Nm}, M_2 = 163.58 \text{ Nm}$$

**Bài số 3.** Một động cơ không đồng bộ ba pha số liệu định mức là 30hp, tần số 60Hz, 847 vòng/phút, 8 cực từ, 460V có stator đấu Y đang vận hành ở tốc độ 880 vòng/phút. Công suất tổn hao phụ ở tải này và tổn hao cơ là 350 W. Các thông số mạch của động cơ qui đổi về stator như sau :

$$R_1 = 0.1891 \quad ; \quad R'_2 = 0.191 \quad ; \quad R_{fe} = 189.1 \quad ;$$

$$X_1 = 1.338 \quad ; \quad X'_2 = 0.5735 \quad X_M = 14.18$$

Hãy dùng mạch điện thay thế chính xác để xác định (a) tổng trở vào/pha; (b) dòng điện dây stator và rotor; (c) công suất tác dụng, phản kháng, biểu kiến và hệ số công suất được cấp từ lưới điện; (d) hiệu suất; (e) moment trên đầu trục, moment cực đại.

**Hướng dẫn: Sử dụng một số công thức sau:**

Dựa trên sơ đồ thay thế chính xác của máy điện KDB Hình 3.11a, Giải mạch điện

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$Z_t = R_2 \frac{1-s}{s}$$

$$Z_M = \frac{R_{Fe} \quad jX_M}{R_{Fe} + jX_M}$$

$$Z_v = Z_1 + \frac{Z_M (Z_2 + Z_t)}{Z_M + (Z_2 + Z_t)}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{U_1}{Z_v}$$

$$\vec{U}_m = \vec{U}_2 = \vec{U}_1 - \vec{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_v}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_2}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$M = \frac{P_{dt}}{\omega_1}, \quad M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{60P_2}{2\pi(1-s)n_1}$$

ĐS. a. 7,88 ; b. 33,67A; 27,1A; c. 26832VA; 0,76; d. 0,88; e 101,1Nm; 512,16Nm

**Bài số 4.** Một động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn có 500hp, tần số 25Hz, 12 cực từ, điện áp 2200V có stator đấu Y. Các thông số mạch một pha của động cơ qui đổi về stator như sau :

$$R_1 = 0.225 \quad ; \quad R'_2 = 0.235 \quad ; \quad R_{fe} = 780 \quad ; \quad X_n = 1.43 \quad ; \quad X_M = 31.75$$

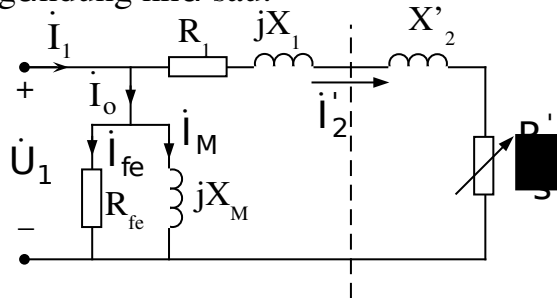
(dùng mạch điện thay thế gần đúng để tính các câu hỏi sau)

- Tính dòng điện không tải và công suất vào động cơ khi điện áp bằng định mức. Giả sử tổn hao ma sát bằng tổn hao thép của động cơ và hệ số trượt lúc không tải  $s_0 = 0.005$ .
- Giữ không cho rotor quay. Hãy tính điện áp cung cấp cho stator động cơ sao cho dòng điện dây bằng 228A. Tính công suất tiêu thụ bởi động cơ lúc này?
- Tìm moment cực đại và hệ số trượt, dòng điện dây và hệ số công suất tương ứng?

- d. Tìm trị số điện trở phụ phải đưa vào mạch rotor để moment khởi động bằng moment cực đại và tính moment này.

### Hướng dẫn giải.

Ta dùng sơ đồ thay thế gần đúng như sau:



Hình 3.95

Điện áp trên một pha:

$$U_1 = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{2200}{\sqrt{3}} = 1270.2V$$

Tốc độ đồng bộ của động cơ:  $n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 25}{6} = 250 \text{ vg/ph}$

Tổng trở của động cơ khi không tải:

$$Z_o = \frac{R_{Fe} + jX_m}{R_{Fe} + jX_m} = \frac{780 + j31.75}{780 + j31.75} = 1.2902 + j31.6975 = 31.7237 \angle 87.7^\circ \Omega$$

$$Z_{v_o} = \frac{Z_o (R_1 + jX_n + R_2/s_o)}{Z_o + (R_1 + jX_n + R_2/s_o)}$$

$$= \frac{(1.2902 + j31.6975) (0.225 + j1.43 + 0.235/0.005)}{(1.2902 + j31.6975) + (0.225 + j1.43 + 0.235/0.005)} = (14.6059 + j20.9193) \Omega$$

Dòng điện không tải:

$$\dot{I}_o = \frac{\dot{U}_1}{Z_{v_o}} = \frac{2200}{\sqrt{3}(14.6059 + j20.9193)} = 28.4999 - j40.8191 = 49.7839 \angle -55.0772^\circ \text{ A}$$

Công suất đưa vào động cơ:

$$P_o = \sqrt{3} U I_o \cos \varphi_o = \sqrt{3} \cdot 2200 \cdot 49.7014 \cdot \cos 55.0772^\circ = 8600 \text{ W}$$

Tổng trở động cơ khi ngắn mạch:

$$Z_{v_n} = \frac{Z_o \cdot Z_n}{Z_o + Z_n}$$

$$= \frac{(1.2902 + j31.6975) (0.46 + j1.43)}{(1.2902 + j31.6975) + (0.46 + j1.43)} = (0.4233 + j1.3727) = 1.4365 \angle 72.8^\circ \Omega$$

Điện áp đưa vào để dòng điện bằng 228A:

$$U = \sqrt{3} I z_{v_n} = \sqrt{3} \cdot 228 \cdot 1.4365 = 567.2881 \text{ V}$$

Công suất đưa vào động cơ:

$$P_n = \sqrt{3}UI\cos\varphi_n = \sqrt{3} \cdot 567.2881 \cdot 228 \cdot \cos 72.8^\circ = 66017 \text{ W}$$

Mô men cực đại:

$$M_{\max} = \frac{m_1}{\Omega_1} \frac{0.5U_1^2}{X_n} = \frac{3}{2\pi} \frac{60}{250} \frac{0.5 \cdot 1270.2^2}{1.43} = 43094 \text{ Nm}$$

Hệ số trượt ứng với mô men cực đại:

$$s_m = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + X_n^2}} = \frac{0.235}{\sqrt{0.225^2 + 1.43^2}} = 0.1623$$

Tổng trở động cơ tương ứng với mô men max:

$$Z_{2\max} = R_1 + \frac{R_2}{s_m} + jX_n = 0.225 + \frac{0.235}{0.1623} + j1.43 = (1.6726 + j1.43)\Omega$$

$$Z_{V\max} = \frac{Z_o \cdot Z_{2\max}}{Z_o + Z_{2\max}}$$

$$= \frac{(1.2902 + j31.6975) \cdot (1.6726 + j1.43)}{(1.2902 + j31.6975) + (1.6726 + j1.43)} = (1.5273 + j1.4397) = 2.0989 \angle 43.3^\circ \Omega$$

Dòng điện tương ứng của động cơ:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_{V\max}} = \frac{1270.2}{2.0989 \angle 43.3^\circ} = 605.1499 \angle -43.3^\circ \text{ A}$$

$$\cos \varphi = \cos 43.3^\circ = 0.7277$$

Muốn mô men khởi động bằng mô men thì  $s_m = 1$  nên:

$$s_m = \frac{R_K}{\sqrt{R_1^2 + X_n^2}} = 1 \quad \text{suy ra} \quad R_K = \sqrt{R_1^2 + X_n^2} = \sqrt{0.225^2 + 1.43^2} = 1.4476 \Omega$$

$$R_K = R_K - R_2 = 1.4476 - 0.235 = 1.2126 \Omega$$

**Bài số 5.** Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc, có các số liệu sau:  $P_{dm} = 7.5 \text{ kW}$ ;  $Y/ - 380/220 \text{ V}$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$ ; số đôi cực từ  $p = 2$ , hệ số công suất  $\cos \varphi_{dm} = 0.885$ ; hiệu suất định mức  $\eta_{dm} = 0.883$ ; tốc độ định mức  $n_{dm} = 1460 \text{ vg/ph}$ ;  $\frac{M_K}{M_{dm}} = 1.44$ ;  $\frac{I_K}{I_{dm}} = 5.2$ ;  $\frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 2.1$ . Động cơ được làm việc ở mạng điện 380V và 220V. Xác định cách đấu dây khi làm việc ở các mạng điện trên và tính:

a. Hệ số trượt định mức  $s_{dm}$  và công suất phản kháng động cơ nhận từ lưới.

b. Dòng điện định mức, dòng điện khởi động

c. Mômen định mức, mômen khởi động, mômen cực đại

Tốc độ đồng bộ của động cơ:

**Hướng dẫn giải:**

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ v.g / ph}$$

Hệ số trượt định mức:

$$s_{dm} = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0.0267$$

Công suất động cơ tiêu thụ từ lưới điện:

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{0.883} = 8493.77 \text{ W}$$

Công suất phản kháng nhận từ lưới:

$$Q_1 = P_1 \tan \varphi = 8493.77 \cdot 0.5506 = 4668.5 \text{ VAR}$$

Khi động cơ nối Y ta có:

$$I_{dmY} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U \eta \cos \varphi} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.883 \cdot 0.885} = 14.5819 \text{ A}$$

$$I_{KY} = 5.2 I_{dmY} = 5.2 \cdot 14.5819 = 75.8257 \text{ A}$$

Khi động cơ nối  $\Delta$  ta có:

$$I_{dm\Delta} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} U \eta \cos \varphi} = \frac{7.5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.883 \cdot 0.885} = 25.1869 \text{ A}$$

$$I_{KY} = 5.2 I_{dmY} = 5.2 \cdot 25.1869 = 130.9717 \text{ A}$$

Mô men định mức của động cơ:

$$M_{dm} = \frac{P_{dm}}{\Omega_{dm}} = \frac{P_{dm} \cdot 60}{2\pi n_{dm}} = 49.0546 \text{ Nm}$$

Mô men khởi động của động cơ:

$$M_K = 1.44 M_{dm} = 1.44 \cdot 49.0546 = 70.6386 \text{ Nm}$$

Mô men cực đại của động cơ:

$$M_K = 2.1 M_{dm} = 2.1 \cdot 49.0546 = 103.0147 \text{ Nm}$$

**Bài 6.** Một động cơ điện ba pha có số đôi cực từ  $p = 2$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$  tiêu thụ công suất điện từ lưới  $P_1 = 3.2 \text{ kW}$ ; tổn hao đồng ở dây quấn stato và rôto  $p_{Cu1} + p_{Cu2} = 300 \text{ W}$ , tổn hao sắt từ  $p_{Fe} = 200 \text{ W}$ . Điện trở và dòng điện rôto đã qui đổi về stato  $R'_2 = 1.5$ ;  $I'_2 = 5 \text{ A}$ . Tính tốc độ động cơ điện và mômen điện từ.

**Hướng dẫn: Sử dụng một số công thức sau:**

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$P_{dt} = 3I_2'^2(R_2'/s) \quad (3.37)$$

$$P_2 = P_{c\sigma} - P_{sf}$$

$$\eta = P_2/P_1$$

$$P_{d1} = 3R_1I_1^2 \quad (3.31)$$

$$P_{d2} = 3R_2'I_2'^2$$

$$M = M_{dt} = P_{dt} / \omega_1$$

**ĐS :**  $n = 1440$  vg/ph ;  $M_{dt} = 17,9$  Nm

**Bài 7:** Một động cơ điện không đồng bộ ba pha đấu Y, 380 V, 50Hz,  $n_{đm} = 1440$  vòng/phút. Tham số như sau:  $r_1 = 0,2$  ;  $r_2' = 0,25$  ;  $x_1 = 1$  ;  $x_2' = 0,95$  ;  $x_m = 40$  ; bỏ qua  $r_m$ . Tính số đôi cực, tốc độ đồng bộ, hệ số trượt định mức, tần số dòng điện rotor lúc tải định mức. Vẽ mạch điện thay thế hình T và căn cứ vào đó tính ra trị số thực và tương đối của các dòng điện  $I_1$ ,  $I_0$  và  $I_2'$ .

**Hướng dẫn: Sử dụng một số công thức sau:**

Dựa trên sơ đồ thay thế chính xác của máy điện KDB Hình 3.11a, Giải mạch điện

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} ; s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

$$Z_t = R_2 \frac{1-s}{s}$$

$$Z_M = \frac{R_{Fe} \quad jX_M}{R_{Fe} + jX_M}$$

$$Z_v = Z_1 + \frac{Z_M (Z_2 + Z_t)}{Z_M + (Z_2 + Z_t)}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{U_1}{Z_v}$$

$$\vec{U}_m = \vec{U}_2 = \vec{U}_1 - \vec{Z}_1 \cdot \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_v}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_2}$$

**ĐS:**  $p = 2$ ;  $n_{đb} = 1500$  vòng/phút;  $s_{đm} = 0,04$ ;  $f_2 = 2$  Hz;  $I_1 = 33$  A;  $I_0 = 5$  A;  $I_2' = 31,92$  A

## BÀI 4

### MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Mã bài: MĐ09-04

#### **Giới thiệu:**

Trong thực tế có một số loại máy điện đòi hỏi quá trình làm việc được ổn định hơn, công suất và momen lớn hơn máy điện không đồng bộ ta đã học, như động cơ máy khoan, động cơ quay tời..., bài này sẽ nghiên cứu, tính toán, sửa chữa máy điện đồng bộ ba pha, chủ yếu tập trung vào máy phát điện đồng bộ và động cơ điện đồng bộ.

#### **Mục tiêu:**

- Phát biểu được nguyên lý cấu tạo, các phản ứng phần ứng xảy ra trong máy điện đồng bộ theo tiêu chuẩn về điện.
- Giải thích được các phương pháp hòa đồng bộ
- Phân tích được đặc tính của máy điện đồng bộ
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo trong quá trình học tập

#### **Nội dung chính:**

##### **4.1. Định nghĩa và công dụng**

#### **Mục tiêu:**

- Phân biệt được máy điện không đồng bộ 3 pha và đồng bộ ba pha
- Biết được công dụng của máy điện đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Máy điện đồng bộ là loại máy điện xoay chiều có tốc độ quay của rô to bằng tốc độ từ trường quay. Hầu hết các máy điện đồng bộ làm việc như máy phát có tần số 50 Hz hoặc 60Hz. Máy điện đồng bộ cũng có thể làm việc như động cơ đồng bộ công suất lớn. Máy điện đồng bộ còn được dùng làm máy bù đồng bộ nhằm cải thiện hệ số công suất của lưới điện một xí nghiệp hay một nhà máy.

Sự khác nhau căn bản giữa máy điện đồng bộ và không đồng bộ là ở phương pháp kích thích tạo từ trường chính cho máy. Ở máy điện đồng bộ từ trường chính được sinh ra do dòng một chiều chạy qua cuộn dây kích từ, do đó máy đồng bộ không cần lấy công suất phản kháng từ lưới điện xoay chiều; còn máy điện không đồng bộ phải lấy công suất kháng từ lưới điện xoay chiều hoặc từ tụ điện để tạo từ trường chính (từ trường quay).

Máy phát điện đồng bộ là nguồn điện chính của lưới điện quốc gia. Động cơ đồng bộ được sử dụng khi truyền động công suất lớn.

## 4.2. Cấu tạo của máy điện đồng bộ

### Mục tiêu:

- Mô tả được cấu tạo của máy điện đồng bộ ba pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Căn cứ vào chức năng máy điện đồng bộ có thể chia thành phần cảm và phần ứng:

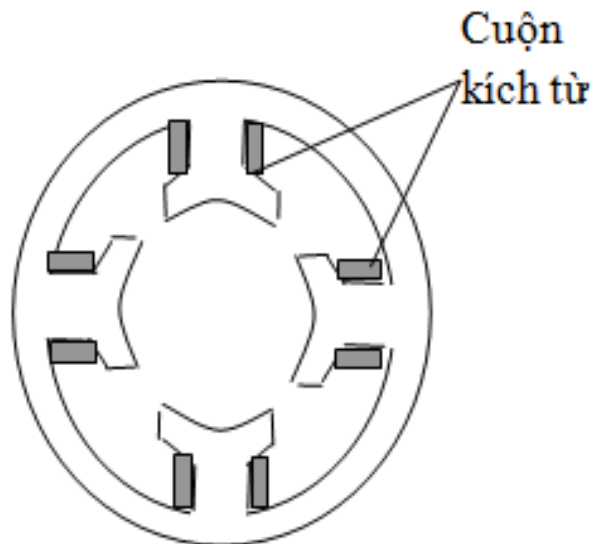
- Phần cảm tạo ra từ trường chính (phần kích từ),
- Phần ứng là phần thực hiện biến đổi năng lượng.

Căn cứ vào cấu tạo máy điện đồng bộ có thể chia thành phần tĩnh: *stato* và phần quay: *rôto*. Về nguyên tắc *stato* có thể là phần cảm, cũng có thể là phần ứng và rô to cũng có thể là phần ứng hoặc phần cảm.

Tuy nhiên nếu phần ứng ở rô to thì phải lấy dòng điện xoay chiều ra qua vành trượt nên gặp khó khăn trong việc giải quyết tia lửa điện. Vì vậy phần ứng đặt ở rôto chỉ có ở những máy công suất nhỏ hoặc một pha. Các máy còn lại rôto làm nhiệm vụ phần cảm..

### Cấu tạo phần tĩnh(*stato*)

Nếu phần cảm nằm ở *stato* thì lá thép có dạng như hình vẽ, cuộn dây kích từ được quấn quanh cực từ.



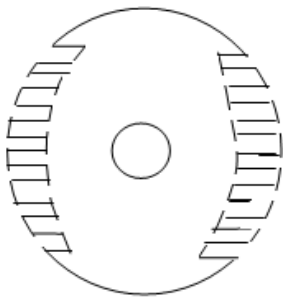
Hình 4.1: Lõi thép phần cảm ở stator

Nếu *stato* là phần ứng thì cấu tạo lá thép giống như lá thép *stato* của máy điện dị bộ. Ngoài mạch từ là vỏ bằng gang. Cấu tạo của máy dị bộ lúc này giống như máy điện dị bộ, tuy nhiên vỏ không có các gân tản nhiệt.

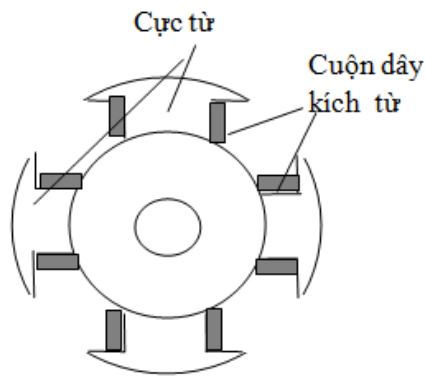


Nếu rôto là phần cảm thì chia làm hai loại:

**Rôto cực ẩn:** Lõi thép là một khối thép rèn hình trụ, mặt ngoài phay thành các rãnh để đặt cuộn dây kích từ. Cực từ rôto của máy cực ẩn không lộ ra rõ rệt. Cuộn dây kích từ đặt đều trên  $2/3$  chu vi rô to. Với cấu tạo như trên rô to cực ẩn có độ bền cơ học rất cao, dây quấn kích từ rất vững chắc do đó các loại máy đồng bộ có tốc độ từ 1500v/ph trở lên đều được chế tạo với rôto cực ẩn, mặc dù chế tạo phức tạp và khó khăn hơn rôto cực lồi (hiện).



Hình 4.2. Rôto cực ẩn

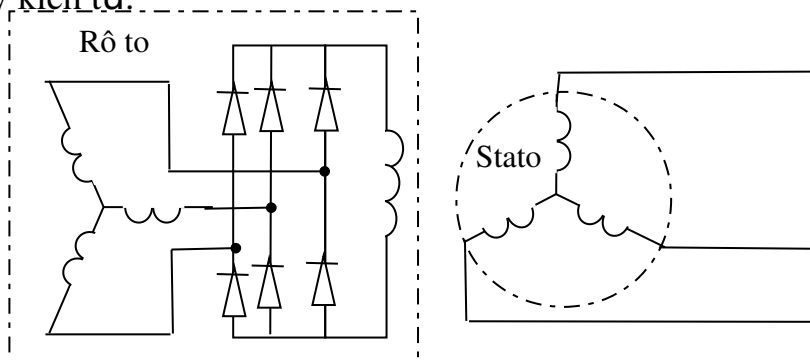


Hình 4.3. Rôto cực hiện

**Rôto cực hiện:** Lõi thép gồm những lá thép điện kỹ thuật ghép lại với nhau, các cực từ hiện ra rõ rệt. Phía ngoài cực từ là mỏm cực, có tác dụng làm cho cường độ từ cảm phân bố dọc theo stato rất gần với hình sin.

Dây quấn kích từ quấn trên các cực từ hình thành cuộn dây kích từ, hai đầu cuộn dây kích từ nối với hai vành trượt qua hai chổi than tới nguồn điện một chiều bên ngoài. Những máy đồng bộ có tốc độ nhỏ hơn 1000 v/ph rôto thường là loại cực lồi(cực hiện).Hiện nay, người ta thường dùng máy phát đồng bộ không chổi than.

Hệ thống gồm: Cuộn dây stator chính ba pha, cuộn dây kích từ chính, cầu chỉnh lưu ba pha, cuộn dây stator của máy kích từ, cuộn dây kích từ cho máy kích từ.



Hình 4.4. Sơ đồ máy phát đồng bộ không chổi than

- Vỏ các máy đồng bộ có gắn bảng định mức chứa các thông số sau:
- Điện áp định mức [V, KV]
  - Dòng định mức [A, KA]
  - Tần số định mức [Hz]
  - Hệ số công suất định mức  $\cos \phi_{dm}$ .
  - Dòng kích từ định mức.
  - Điện áp kích từ định mức.
  - Công suất định mức [VA, KVA]
  - Vòng quay định mức [V/p]

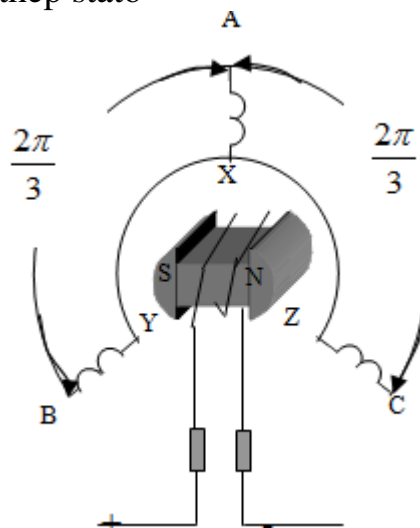
### 4.3. Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ

#### Mục tiêu:

- Mô tả được nguyên lý làm việc của máy điện đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Như hình vẽ biểu diễn sơ đồ máy phát điện đồng bộ 3 pha 2 cực. Cuộn dây phần ứng đặt ở stato còn cuộn dây kích từ đặt ở rôto. Cuộn dây kích từ được nối với nguồn kích từ (dòng 1 chiều) qua hệ thống chổi than.

Để nhận được điện áp 3 pha trên chu vi stato ta đặt ba cuộn dây cách nhau  $120^\circ$  và được nối sao (có thể nối tam giác). Dòng điện 1 chiều tạo ra từ trường không đổi. Bây giờ ta gắn vào trục rôto một động cơ lai và quay với tốc độ  $n$ . Ta được một từ trường quay tròn có từ thông chính khép kín qua rôto, cực từ và lõi thép stato



Hình 4.5: nguyên lý hoạt động của máy điện đồng bộ

Khi phần cảm được kích từ sẽ tạo nên từ trường cực từ. Động cơ sơ cấp kéo phần cảm quay với tốc độ  $n$ . Khi đó từ trường cực từ quét qua các thanh dẫn phần ứng ở stato làm cảm ứng trong đó sức điện động có dạng:

$$E_0 = 4,44 \cdot W \cdot K_{dq} \cdot f \cdot m \quad (4.1).$$

$$\text{Trong đó: } f = \frac{np}{60} \quad n = \frac{60f}{p} \quad (4.2).$$

Khi máy phát được nối với tải sẽ sinh ra dòng điện trong dây quấn phần ứng tạo nên từ trường quay có tốc độ :  $n_0 = \frac{60f}{p}$  (4.3)

$$\text{Từ (4.2) và (4.3) } n = n_0 \cdot \frac{60f}{p}$$

Như vậy khi máy phát điện làm việc luôn tồn tại 2 từ trường khác nhau; Đó là từ trường cực từ do nguồn kích từ tạo nên và từ trường quay do dòng điện xoay chiều 3 pha tạo nên, Tác dụng tương hỗ giữa 2 từ trường này sẽ tạo quyết

#### 4.4. Phản ứng phần ứng trong máy phát điện đồng bộ

##### Mục tiêu:

- Phân tích được phản ứng phần ứng trong máy điện đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

Nguyên lý hoạt động của máy phát điện đồng bộ trình bày trên đây là nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ. Khi máy điện đồng bộ có tải, trong máy phát có hai từ trường (từ trường kích từ và từ trường phần ứng) nằm ở trạng thái nghỉ với nhau nên chúng sẽ tác động tương hỗ với nhau.

Sự tác động từ trường phần ứng lên từ trường kích từ (từ trường chính) gọi là phản ứng phần ứng.

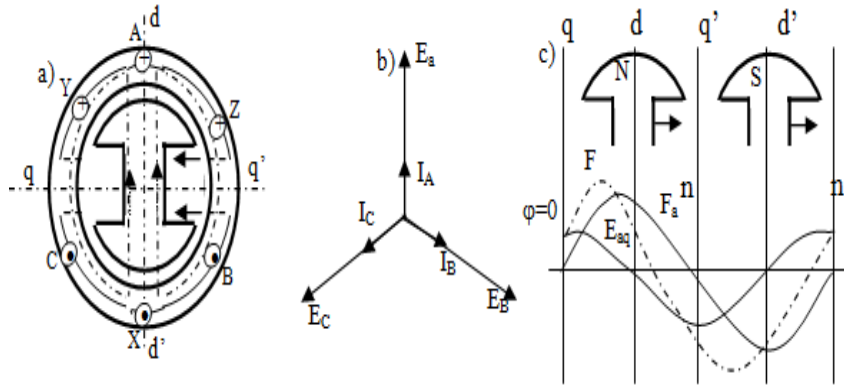
Phản ứng phần ứng có thể làm yếu, làm tăng hoặc làm biến dạng từ trường chính. Ta hãy xét cho từng loại tải.

##### 4.4.1 Phản ứng phần ứng máy đồng bộ với tải khác nhau.

###### a. Khi tải thuần trở:

Khi vị trí rôto như ở hình a, trong các dây dẫn của pha A dòng điện đạt giá trị cực đại  $i = I_m$ , sđđ cũng đạt giá trị cực đại  $e = E_m$ , vì tải thuần trở dòng điện và điện áp trùng pha nhau (hình b). Hướng sđđ và hướng dòng điện trong các pha A,B,C có thể xác định theo qui tắc bàn tay phải còn chiều từ thông do các dòng điện sinh ra xác định bằng qui tắc vắn nút chai. Từ hình c ta thấy rằng chiều từ thông dòng tải có hướng ngang với từ thông chính và mang tên là phản ứng ngang.

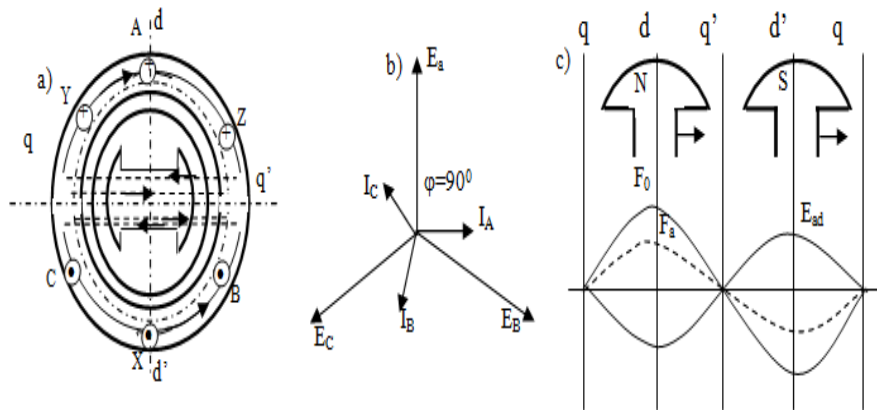
Giá trị cực đại của từ trường chính nằm ở dưới các cực trên trục  $d - d'$ , còn số phản ứng phần ứng  $F_{aq}$  có giá trị cực đại trên trục  $q - q'$ . Điều này làm cho sự phân bố cảm ứng từ trong khe khí dưới các cực từ không đối xứng: một bên cực 2 từ thông cùng chiều nên cộng nhau còn bên kia 2 từ thông ngược chiều nên trừ đi nhau. Kết quả từ trường chính bị biến dạng: phía nửa cực được tăng cường ngược với chiều quay (hình c)



Hình 4.6. Phản ứng ngang máy điện đồng bộ

b. Tải thuần cảm kháng ( $\frac{\pi}{2}$ )

Số cảm ứng trong các cuộn dây nhanh pha so với dòng điện một góc  $\frac{\pi}{2}$ . Dòng điện trong pha A đạt được giá trị cực đại khi giá trị số cảm ứng có giá trị zero, còn rôto chiếm vị trí như hình a.



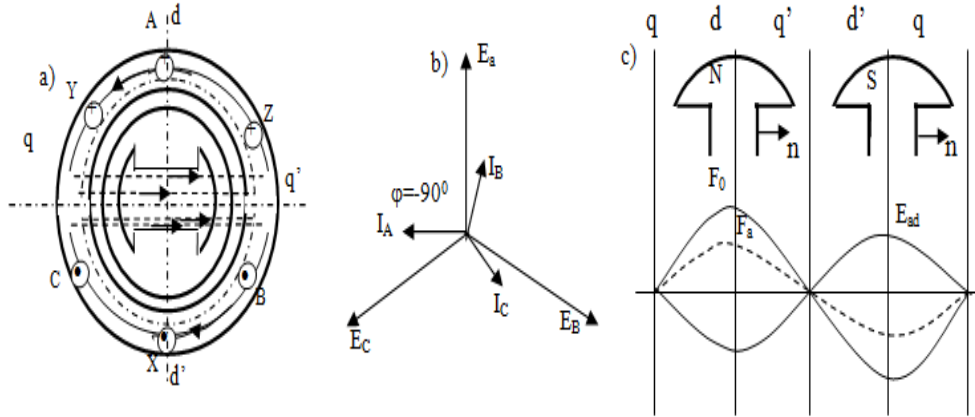
Hình 4.7. Phản ứng dọc khử từ máy điện đồng bộ

Hướng của dòng trong các pha A, B, C cùng hướng từ thông do nó sinh ra xác định giống như phần trước. Từ hình vẽ, chúng ta thấy rằng chiều của từ trường phản ứng hướng dọc theo trục cực. Sự phân bố từ thông như vậy gọi là phản ứng dọc trục. Khi tải thuần cảm thì chiều từ thông phản ứng ngược chiều từ trường chính nên từ trường chính bị yếu đi, máy bị khử từ.

c. Tải thuần dung ( $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ ).

Dòng điện tải vượt pha so với sđđ một góc  $\frac{\pi}{2}$  hình vẽ.

Theo nguyên tắc xác định chiều từ trường phần ứng ta thấy trục của từ trường phần ứng trùng với trục cực nhưng 2 từ trường này cùng chiều nên từ trường chính được trợ từ.



Hình 4.8. Phản ứng dọc trợ từ máy điện đồng bộ

d. Tải hỗn hợp ( $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$ )

Như chúng ta thấy từ các trường hợp trước, nếu dòng tải I trùng pha với sđđ  $E_o$  ( $\varphi = 0$ ) thì ta có phản ứng ngang, còn nếu  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  ta có phản ứng dọc trục. Khi tải là tổng trở  $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$  thì phản ứng của ta vừa mang tính chất phản ứng ngang, vừa mang tính chất phản ứng dọc khử từ. Kết quả của phản ứng loại này vừa bị biến dạng từ trường vừa bị khử từ. Tương tự cho trường hợp khi  $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$  thì phản ứng phản ứng vừa mang tính chất phản ứng ngang, vừa mang tính chất phản ứng dọc trục trợ từ, do đó phản ứng vừa gây biến dạng từ trường vừa trợ từ..

Từ trường phản ứng phần ứng tổng  $F_a$  có thể được phân tích thành 2 thành phần: Phản ứng dọc  $F_{ad}$  và phản ứng ngang  $F_{aq}$  như sau:

$$F_{ad} = F_a \sin \varphi \quad \text{và} \quad F_{aq} = F_a \cos \varphi \quad (4.4)$$

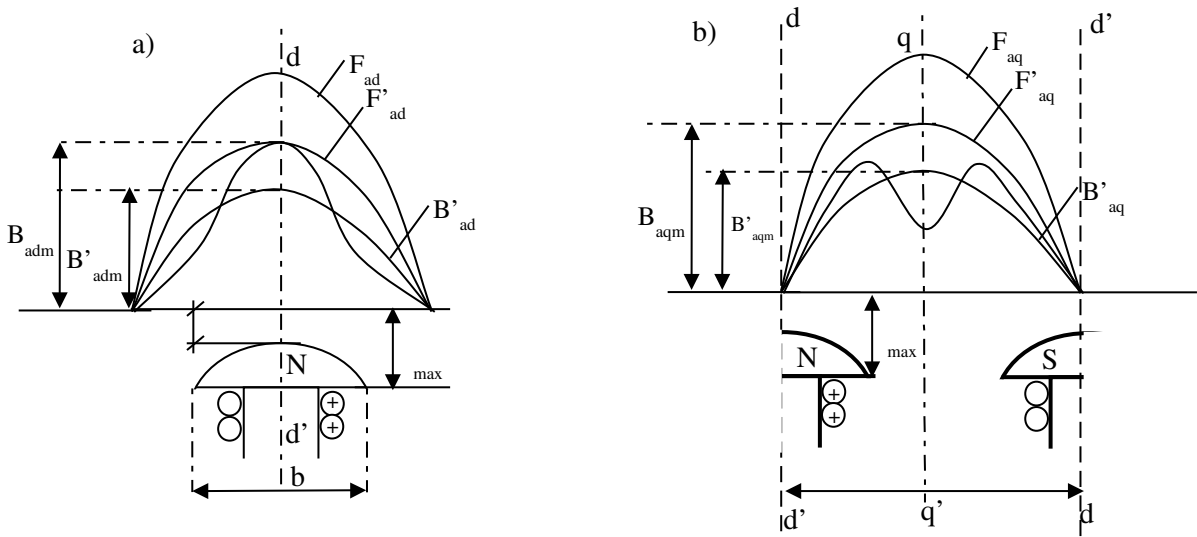
Biên độ sóng cơ bản của sđđ tổng cho máy 3 pha có dòng pha I có giá trị như sau:

$$F_{dm} = \frac{3\sqrt{2}}{P} \cdot \frac{IWk_{cd}}{P} \quad (4.5)$$

4.4.2. Phản ứng phần ứng của máy cực hiện (cực lồi)

Để tìm sđđ của máy phát cần phải tìm sđđ tổng của máy. Song ở máy phát cực hiện do khe khí không đều nên việc tìm sđđ tổng gặp rất nhiều khó khăn. Vì khe khí không đều nên dạng của từ thông chính không phải là hình sin và phụ thuộc vào dòng tải. Do vậy khi phân tích máy cực hiện người ta dùng phương pháp 2 phản ứng: là phản ứng ngang  $F_{aq}$  và phản ứng dọc  $F_{ad}$ . Như thế trong máy có 3 từ trường:  $F_o$ - từ trường kích từ,  $F_{ad}$  và  $F_{aq}$ - từ trường phản ứng phần ứng.

Giả thiết rằng từ trường tạo ra  $F_{ad}$  và  $F_{aq}$  hoàn toàn độc lập với  $F_o$ .



Hình 4.9. Đường cong sđđ và từ trường phản ứng phần ứng của máy cực hiện: (a) trục dọc, (b) trục ngang

Nếu ta giả thiết rằng khe khí đều nhau theo chu vi stato thì  $F_{ad}$  và  $F_{aq}$  có giá trị cực đại trùng với trục của mình và tạo ra sóng không gian hình sin (đường  $B'_{ad}$  và  $B'_{aq}$  trên hình vẽ).

Song ở máy cực hiện khe khí không đều nhau nên dạng sđđ hình sin  $F_{ad}$  và  $F_{aq}$  lại tạo ra các đường cong cảm ứng từ không hình sin. Phân tích đường cong không hình sin ra chuỗi Fourie, và giả thiết rằng sđđ trong cuộn dây có dạng thực tế là hình sin, các sóng của từ trường bậc cao không có ảnh hưởng lắm, do đó đường không sin của độ cảm ứng có thể được thay thế bằng sóng bậc 1 (hình sin), (đường  $B'_{aq}$  và  $B'_{ad}$ ). Do khe khí không đều nên biên độ đường cong  $B'_{adm}$  và  $B'_{aqm}$  nhỏ hơn  $B_{adm}$  và  $B_{aqm}$ . Ta có:

$\frac{B'_{adm}}{B_{adm}} < 1$  và  $\frac{B'_{aqm}}{B_{aqm}} < 1$  được gọi là hệ số hình dạng của phản ứng phần

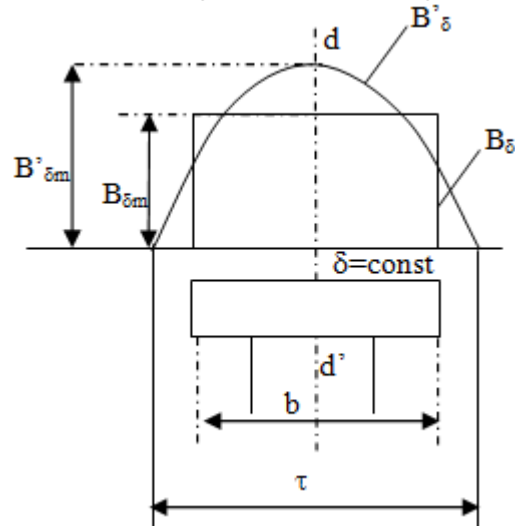
ứng ngang và dọc.

Đường cong phân bố cảm ứng từ chính cũng không phải hình sin. Nếu chúng ta giả thiết rằng khe khí đều và nhỏ thì đường cong cảm ứng từ

$B_B$  có dạng sóng chữ nhật. Phân tích sang chuỗi và và chỉ chú ý tới sóng bậc 1 ( $B'_{1m}$ ), đem tính tỷ số giữa biên độ sóng bậc 1 với giá trị biên độ thực tế của từ trường :

$$k_f = \frac{B'_{1m}}{B_m} \quad (4.6)$$

Hệ số  $k_f$  gọi là hệ số hình dạng của từ trường kích từ.



Hình 4.10. Xác định hệ số hình dạng từ trường kích từ  
Trường hợp tổng quát giá trị cực đại của cảm ứng từ phản ứng phần ứng

đọc bằng:  $B_{adm} = \frac{0}{K} F_{ad} \quad (4.7)$

Và biên độ cực đại của từ trường kích từ theo trục này bằng:

$$B_{Bm} = \frac{0}{K} F_{Bd}$$

Trong đó:  $\delta$  là độ thấm từ không khí.

$K$  và  $\delta$  là hệ số chú ý tới độ dẫn từ của không khí và chiều rộng của khe khí.

Để tìm giá trị std của cuộn kích từ  $F_{Bd}$  tương ứng với phản ứng phần ứng dọc trục  $F_{ad}$  ta mang so sánh giá trị cảm ứng cực đại của từ trường phản ứng và từ trường kích từ có chú ý tới hệ số hình dạng của từ trường ta được:

$$\frac{0}{K} F_{ad} k_d = \frac{0}{K} F_{Bd} k_f \quad (4.8)$$

Từ đây ta có:  $F_{Bd} = \frac{k_d}{k_f} F_{ad} = k_{ad} F_{ad} \quad (4.9)$

Trong đó:

$k_{aq} = \frac{k_d}{k_f}$  Hệ số chuyển đổi stđ phản ứng theo trục dọc và mang tên hệ số phản ứng phần ứng trục dọc.

$$\text{Tương tự ta có: } F_{Bq} = \frac{k_q}{k_f} F_{aq} = k_{aq} \cdot F_{aq} \quad (4.10)$$

Trong đó:

$$k_{aq} = \frac{k_q}{k_f} \text{ là hệ số phản ứng phần ngang.}$$

Các hệ số này phụ thuộc vào  $\frac{b}{m}$ ,  $\frac{m}{m}$ ,  $\frac{m}{m}$  các đại lượng  $b$ ,  $m$  biểu diễn ở hình vẽ.

Để xác định các hệ số  $k_{ad}$  và  $k_{aq}$  cho máy cực hiện dùng bảng hoặc đường cong riêng. Khi cần tính môi độ giả tham khảo

Để xác định các hệ số  $k_{ad}$  và  $k_{aq}$  chúng ta còn có thể xác định stđ tương đương của kích từ theo trục dọc  $F_{Bd}$  và trục ngang  $F_{Bq}$  như sau :

$$F_{Bd} = F_{ad} \cdot k_{ad} = \frac{3\sqrt{2}}{p} \frac{W \cdot k_{cd}}{p} \cdot k_{ad} \cdot I_d \quad (4.11)$$

$$F_{Bq} = F_{aq} \cdot k_{aq} = \frac{3\sqrt{2}}{p} \frac{W \cdot k_{cd}}{p} \cdot k_{aq} \cdot I_q \quad (4.12)$$

Sử dụng mối quan hệ:  $F_B = W_{kt} \cdot I_{kt}$  ta có thể tìm được dòng kích từ tương đương trục dọc và trục ngang:

$$I_{ktd} = F_{ad} \cdot \frac{k_{ad}}{W_{kt}} ; I_{ktq} = F_{aq} \cdot \frac{k_{aq}}{W_{kt}} \quad (4.13)$$

Stđ cảm ứng trong cuộn phần ứng sẽ bằng:

$$E_{ad} = X_{ad} \cdot I_d \quad (4.14)$$

$$E_{aq} = X_{aq} \cdot I_q \quad (4.15)$$

Trong đó  $X_{ad}$  và  $X_{aq}$  trở kháng phản ứng dọc và ngang trục.

#### 4.4.3. Phản ứng phần ứng của máy cực ẩ

Ở máy cực ẩ khe khí đều nhau. Nếu máy không bão hoà thì với stđ hình sin sẽ tạo ra sự phân bố từ trường hình sin. Đường cong hình sin này

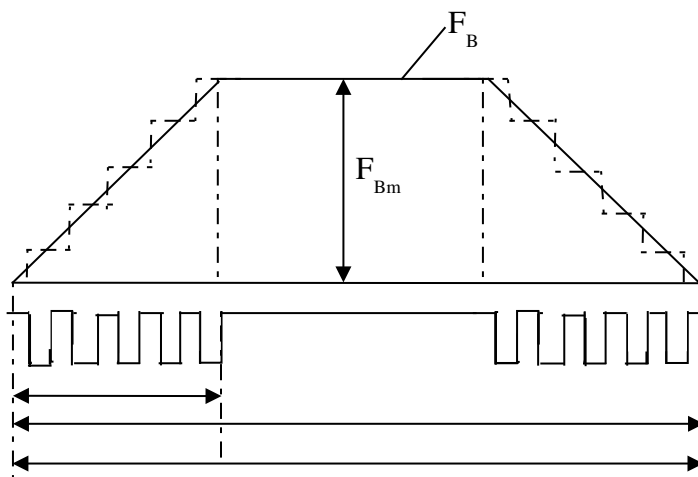


không phụ thuộc vào vị trí tương hỗ giữa các cực stato và roto, hay nói một cách khác mạch từ đối xứng theo các trục nên  $k_{ad} = k_{aq}$ , máy không có biểu hiện phản ứng ngang và phản ứng dọc.

Cuộn kích từ chỉ đặt trong khoảng  $\frac{2}{3} - \frac{4}{5}$  chu vi, phần còn lại không có cuộn dây gọi là vùng răng lớn. Với cách phân bố cuộn dây như vậy ta có thể giả thiết rằng stđ cuộn kích từ  $F_a$  phân bố theo chu vi rôto có dạng hình thang. Phân tích sang chuỗi rồi xác định biên độ sóng bậc 1 stđ kích từ  $F_{1Bm}$ .

Để tìm stđ cuộn kích từ tương đương với phản ứng phần ứng, ta so sánh giá trị biên độ của sóng cơ bản từ trường kích từ với biên độ sóng cơ bản từ trường phản ứng có chú ý tới hệ số từ trường kích từ  $k_f$ , ta có:

$$F_{tdkt} = \frac{1}{k_f} F_a = k_a F_a = \frac{3\sqrt{2}}{p} \cdot \frac{Wk_{cd}}{p} \cdot k_a I \quad (4.16)$$



Hình 4.11. Đường cong stđ cuộn kích từ của máy đồng bộ cực ẩn

Trong đó:  $F_a$  biên độ sóng bậc 1 từ trường phản ứng,  $I$  dòng pha của phần ứng khi tải đối xứng.

$$k_a - \text{Hệ số tính chuyển đổi và tính như sau: } k_a = \frac{1}{k_f} \frac{1}{8 \sin \frac{\pi}{2}} \quad (4.17)$$

#### 4.5. Các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ

##### Mục tiêu:

- Biết được các đặc tính của máy điện đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

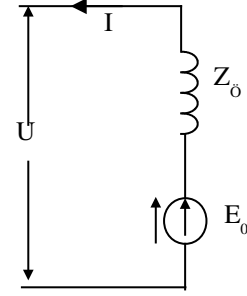
Khi máy phát làm việc sơ đồ tương đương được biểu diễn như hình 4.12, trong đó:

$Z_U$ : Là tổng trở dây quấn phần ứng;

$E_0$ : Là sức điện động phát ra;

$U$ : Là điện áp cấp cho tải;

$I$ : Là dòng điện qua tải.



Hình 4.12. Sơ đồ tương đương của Máy phát đồng bộ

### Phương trình cân bằng điện áp

$$E_0 = U + IZ_U \quad (4.18)$$

**Với:**  $Z_U = \sqrt{X_u^2 + R_u^2}$  ;

Thông thường:  $R_U$   $X_U$  nên (4.18) có thể viết thành:  $E_0 = U + IX_U$

### Công suất điện từ

Máy phát điện thực hiện việc biến đổi công suất cơ học của động cơ sơ cấp thành công suất điện cấp cho phụ tải. Qua trình biến đổi sẽ có các tổn hao như: tổn hao sắt, tổn hao đồng, tổn hao do ma sát, tiếp xúc...

Công suất điện từ đặc trưng cho lượng công suất điện mà máy phát có thể cung cấp cho tải.

$$P_{dt} = P_{3p} = 3U_p I_p \cdot \cos \quad (4.19)$$

Người ta đã chứng minh được:

$$P_{dt} = \quad (4.20)$$

Trong đó:  $\alpha$  là góc lệch giữa  $U$ ,  $E_0$

### Momen điện từ:

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega} = \frac{P_{dm}}{\omega} \quad (4.21)$$

Với:  $\omega = \frac{2 \cdot n}{60}$  : Là tốc độ góc; Thay vào (4.21), ta được:

$$M = \frac{P}{\frac{2 \cdot n}{60}} = \frac{60 \cdot p}{2 \cdot n} ; \text{ thu gọn lại (4.21) trở thành:}$$

$$M = \quad (4.22)$$

Ở máy điện đồng bộ các đại lượng sau đây được coi là đại lượng cơ bản (so sánh)

1. Công suất định mức  $P_{dm} = m \cdot U_{dm} \cdot I_{dm}$  (4.23)
2. Điện áp pha định mức khi máy không tải  $U_{dm} = E_o$ .
3. Dòng định mức pha  $I_{dm}$ .
4. Mô men định mức  $M_{dm}$ .
5. Tốc độ quay định mức của rô to  $n_{dm}$ .
6. Tổng trở định mức  $Z_{dm} = \frac{E_o}{I_{dm}}$  (4.24)

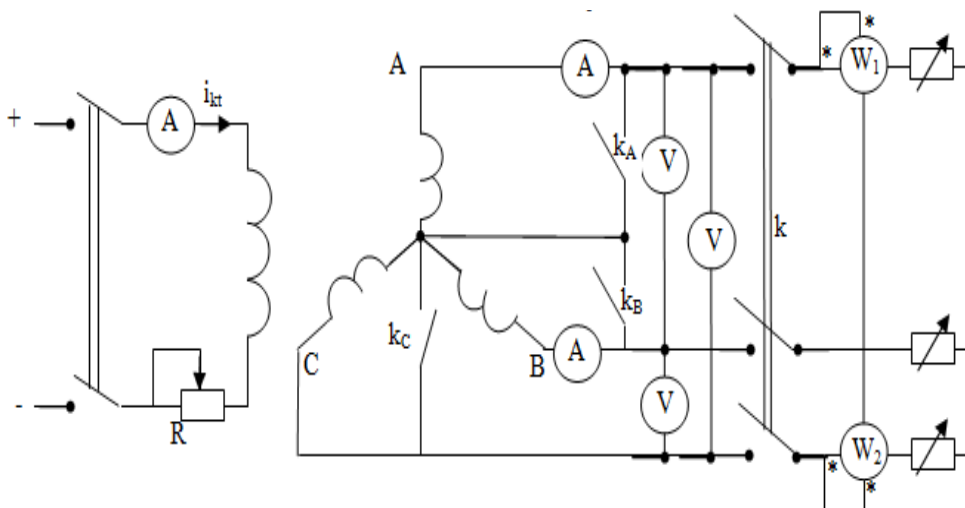
Trên cơ sở các đại lượng cơ bản này ta biểu diễn các đại lượng khác của máy đồng bộ ở đại lượng tương đối (thêm dấu sao) như sau :

$$P = \frac{P}{P_{dm}}; U = \frac{U}{U_{dm}}; I = \frac{I}{I_{dm}}; M = \frac{M}{M_{dm}} \quad (4.25)$$

### Đặc tính không tải.

Đặc tính không tải là mối quan hệ hàm giữa sđđ với dòng kích từ  $E_o = f(I_{kt})$  khi dòng tải  $I=0$  và  $n=n_{dm}$ .

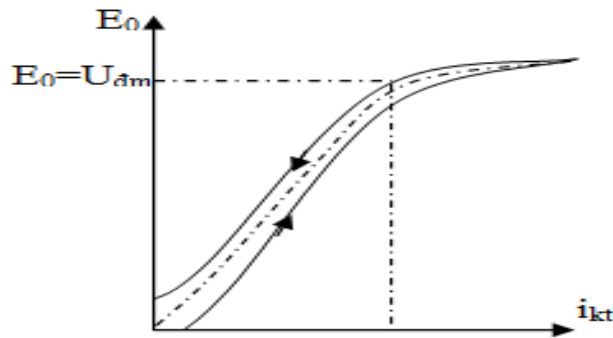
Ở chế độ không tải điện áp  $U$  bằng sđđ pha  $U = E_o$ .



Hình 4.13. Sơ đồ nối mạch để lấy các đặc tính máy phát đồng bộ

Để có đặc tính không tải ta mở các khoá  $k, k_A, k_B, k_C$  rô to quay với tốc độ không đổi, bằng điện trở  $R$  ta có thể thay đổi dòng kích từ từ giá trị lớn nhất tới giá trị nhỏ nhất. Số chỉ các đồng hồ sẽ cho ta các giá trị cần thiết. Từ số chỉ của các đồng hồ ta dựng mối quan hệ  $E_o = f(I_{kt})$ .

Do có hiện tượng từ trễ đặc tính  $E_0 = f(I_{kt})$  khi  $i_{kt}$  tăng và khi  $i_{kt}$  giảm không trùng nhau. Điểm cắt của đặc tính với trục tung (khi  $i_{kt} = 0$ ) là đại lượng sđđ dư của máy phát.



**Hình 4.14. Đặc tính không tải máy phát đồng bộ.**

Ta có thể giả thiết rằng đặc tính không tải là đặc tính kích từ của máy phát. Với mỗi máy đường đặc tính kích từ thường không biết vì thế để nhận đặc tính khác hoặc dựng đồ thị véc tơ ta dùng đặc tính không tải thay cho đặc tính kích từ. Đặc tính không tải cho các máy khác nhau ở đại lượng tương đối không khác nhau mấy. Đối với mạch phần cảm, dòng kích từ được nhận là dòng so sánh, thường là dòng kích từ cho giá trị điện áp khi không tải, chứ không phải dòng kích từ định mức. Sở dĩ như vậy vì với dòng  $I_{k0}$  là giá trị so sánh, thì đặc tính không tải cho các máy phát khác nhau cắt nhau tại một điểm. Nếu đường nào nằm trên điểm đó sẽ có độ bão hoà lớn hơn. Để tiện cho tính toán ta thường dùng đặc tính không tải trung bình là đường đi qua điểm gốc tọa độ và không có vùng từ trễ (đường không liên tục).

### **Đặc tính ngắn mạch.**

Đặc tính ngắn mạch là mối quan hệ giữa dòng điện ngắn mạch với dòng kích từ khi điện áp  $U = 0$  và  $n = n_{dm}$ .

Ngắn mạch có thể 3 pha khi cả 3 khoá  $k_A, k_B, k_C$  đóng, hai pha khi  $k_A$  và  $k_B$  đóng, và 1 pha khi  $k_A$  đóng (hoặc  $k_B$  hay  $k_C$ ).

Khi làm thí nghiệm ngắn mạch thường cho dòng kích từ nhỏ nên mạch từ không bão hoà, do đó mối quan hệ  $I_{ngm} = f(i_{kt})$  thường tuyến tính. Sự phi tuyến chỉ xuất hiện khi dòng ngắn mạch vượt giá trị định mức nhiều.

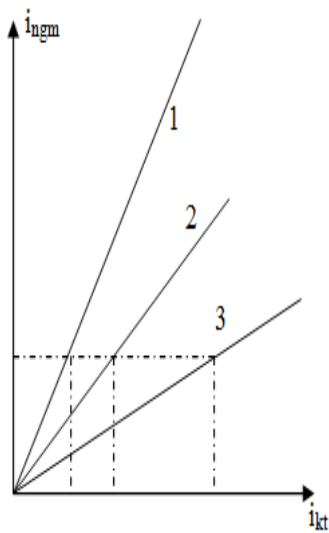
Biểu diễn đặc tính ngắn mạch cho 3 trường hợp: Ngắn mạch 3 pha (đường 3), 2 pha (đường 2) và 1 pha (đường 1).

Từ hình vẽ chúng ta thấy rằng vì ngắn mạch 3 pha có phần ứng phần lớn nên nằm dưới cùng, sau đó là ngắn mạch 2 pha và nằm trên cùng là ngắn mạch một pha.

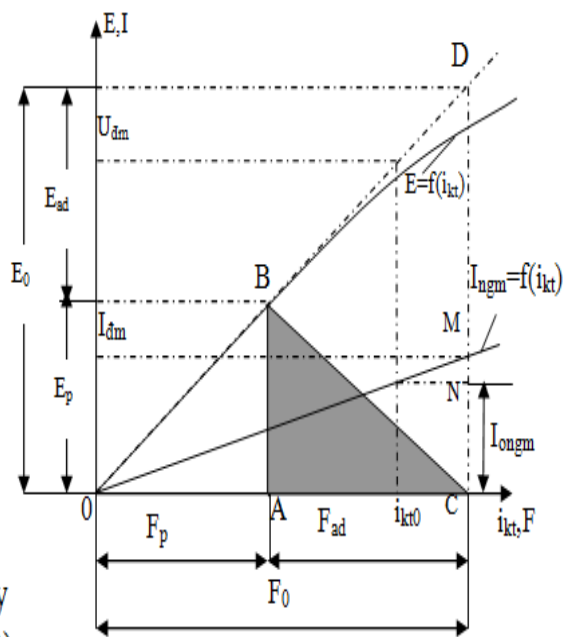
Nếu máy có từ dư thì đường đặc tính sẽ cắt trục tung tại điểm tương ứng với từ dư.

Đặc tính không tải cùng với đặc tính ngắn mạch cho phép ta xác định được tam giác đặc trưng, và ta có thể sử dụng tam giác đặc trưng này để dựng đồ thị véc tơ.

Khi ngắn mạch đối xứng (3 pha) ta đặt dòng kích từ  $I_{kngm}$  sao cho dòng ngắn mạch của máy bằng dòng định mức thì stđ của các cực từ  $F_0$  sẽ tạo ra cho sđđ  $E_0$ . Nếu bỏ qua hiện tượng bão hoà từ thì đó là điểm D (đường thẳng kéo dài của đường không tải).



Hình 4.15. Đặc tính ngắn mạch máy phát đồng bộ: 1) Ngắn mạch 1 pha, 2) hai pha, 3) ba pha



Hình 4.16. Xác định tỷ số ngắn

Như phần trước đã nói dòng ngắn mạch ổn định này chỉ là thành phần dòng dọc trục  $I_{ngm} = I_{ad}$  và stđ của phản ứng phần ứng  $F_{ad}$  sẽ có tác dụng khử từ do vậy stđ tổng:

$$E_p = E_s = I_{dm} X_{sad} \text{ sẽ nhỏ hơn } E_0 \text{ một đại lượng } E_{ad} \text{ xác định bằng:}$$

$$E_{ad} = I_{dm} X_{ad} \text{ tức là:}$$

$$E_p = E_0 - E_{ad}$$

Đặt  $E_p$  lên đặc tính không tải ta có điểm B. Trong tam giác ABC có :  $AC = F_{ad}$ ,  $AB = E_p$ .

**Tỷ số ngắn mạch** : Là tỷ số dòng ngắn mạch đối xứng đối với dòng định mức.

Theo định nghĩa ta có:  $K_{ngm} = \frac{I_{ongm}}{I_{dm}}$  vì rằng:

$$I_{ongm} = \frac{U_{dm}}{X_d} \text{ thì } K_{ngm} = \frac{U_{dm}}{I_{dm} X_d} = \frac{1}{X_d^*}$$

Trong đó:  $X_d^*$  là đại lượng tương đối.

$$\text{Từ tam giác đặc trưng ta có : } K_{ngm} = \frac{CN}{CM} = \frac{I_{ongm}}{I_{dm}} = \frac{I_{okt}}{I_{kngm}} \quad (4.26)$$

Như vậy hệ số ngắn mạch có thể tính được bằng tỷ số dòng kích từ.

Hệ số ngắn mạch là một thông số rất quan trọng của máy điện vì cùng với  $X_d$  ta có thể xác định được giới hạn của tải ở chế độ công tác ổn định. Nếu hệ số ngắn mạch càng lớn thì giới hạn tải càng lớn. Với máy điện cực ẩn hệ số ngắn mạch có giá trị 0,8 – 1,8; còn cực hiện 0,4 – 0,7 và ở các máy phát điện tàu thủy hệ số ngắn mạch có giá trị 0,6 – 1,0.

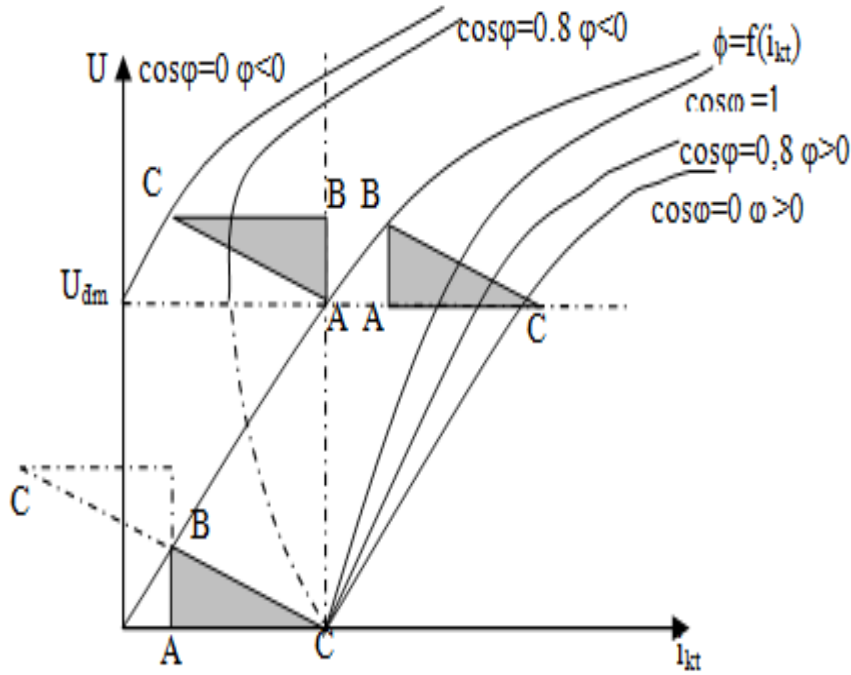
### **Đặc tính tải.**

Đặc tính tải là mối quan hệ giữa điện áp và dòng kích từ khi  $I = \text{const}$ ,  $\cos \varphi = \text{const}$  và  $n = n_{dm}$ .

Đặc tính này không liên quan trực tiếp tới một chế độ nào của máy phát và được dùng như đặc tính phụ để biểu diễn một số đặc điểm của máy và xác định một số thông số của máy, ví dụ: trở kháng của máy. Đặc tính tải quan trọng nhất là đặc tính tải thuần kháng. ( $\cos \varphi = 0$ ,  $\frac{1}{2}$ ) vì thế để thực hiện thí nghiệm người ta dùng tải là biến áp tự ngẫu hay cuộn kháng có độ cảm kháng thay đổi.

Mở công tắc  $k_A$ ,  $k_B$ ,  $k_C$  và đóng công tắc  $k$ , thay đổi tải, thay đổi điện trở kích từ  $R$ , giữ  $I = \text{const}$ . Để giữ  $\cos \varphi = \text{const}$  ta có thể điều chỉnh mô men của động cơ lai.

Ta biểu diễn đặc tính tải cho các loại tải khác nhau (có sự phản ứng phần ứng khác nhau).



Hình 4.17. Đặc tính ngoài của máy điện đồng bộ

Khi tải thuần cảm thì chỉ có phản ứng phần đứng dọc trục nên để có đặc tính tải thuần cảm ta có thể dùng đặc tính không tải và tam giác đặc trưng. Cách dựng thực hiện như sau: Cho đỉnh B của tam giác đặc trưng dịch chuyển tịnh tiến trên đặc tính không tải thì đỉnh C vẽ cho ta đặc tính tải thuần cảm ( $\cos \varphi = 0, \varphi < 0$ ) còn đặc tính tải có  $\cos \varphi = 0,8$  nằm trên đặc tính  $\cos \varphi = 0$ . Cần lưu ý rằng các đặc tính này không song song với đặc tính không tải. Đặc tính  $\cos \varphi = 0, \varphi < 0$  có phản ứng phần ứng trợ từ nên đặc tính tải nằm trên đặc tính không tải

**Đặc tính ngoài.**

Đó là mối quan hệ hàm giữa điện áp trên cực máy phát với dòng tải khi  $I_{kt} = \text{const}, n = \text{const}$  và  $\cos \varphi = \text{const}$ . Để nghiên cứu đặc tính tải ta dựa vào

phương trình cân bằng sđđ và phân biệt cho các loại tải khác nhau.

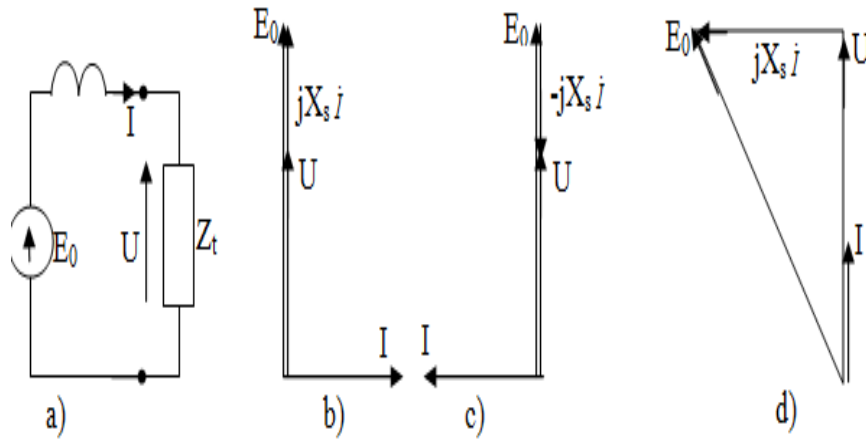
Phương trình cân bằng sđđ cho máy phát điện đồng bộ bỏ qua điện trở thuần cuộn dây có dạng:

$$\dot{U} = \dot{E}_o - jX_s I \quad (4.27)$$

Dấu “+” cho trường hợp tải thuần dung, dấu “-” cho tải thuần cảm.

a. Trường hợp tải thuần cảm ( $Z_t = X_t$ ).

Ồ thị vector của máy phát khi tải thuần cảm



Hình 4.18. Sơ đồ tương đương máy điện đồng bộ b) Đồ thị véc tơ khi tải thuần cảm, c) thuần dung, d) thuần điện trở

Ta thấy vector  $E_0$  và  $\dot{E}_0 - jX_s I$  trùng phương, nên ta có thể bỏ cách viết dạng vector và được:  $E_0 - U - X_s I$  (4.28)

Vì  $i_{kt} = \text{const}$ ,  $n = \text{const}$  nên  $E_0 = \text{const}$ , do vậy mối quan hệ  $U = f(I)$  là một đường thẳng đi qua hai điểm  $E_0$  (khi không tải  $I = 0$ ) và  $I_{ngm} \frac{E_0}{X_s}$  (khi  $U = 0$ , tức là ngắn mạch)

0, tức là ngắn mạch)

b. Khi tải thuần dung.

Phương trình cân bằng sđđ có dạng:

$$\dot{U} = E_0 - jX_s I \quad (4.29)$$

Đồ thị vector. Giống như khi tải thuần cảm phương của  $E_0$  và  $\dot{U} - jX_s I$  trùng nhau nên ta có thể viết:

$$U = E_0 - X_s I \quad (4.30)$$

Đây cũng là đường thẳng bắt đầu từ  $E_0$  (khi  $I = 0$ ), sau đó điện áp  $U$  tăng khi dòng tải tăng. Nếu ta tiếp tục giảm giá trị của tụ điện để tăng dòng điện tải thì tới một lúc nào đó 2 cực của tụ điện chập lại bị ngắn mạch ,

lúc này dòng  $I = I_{ngm} \frac{E_0}{X_s}$  giống như khi tải thuần kháng. Đoạn vẽ không

liên tục là đoạn chúng ta không nhận được bằng phép đo bình thường (dùng các đồng hồ).

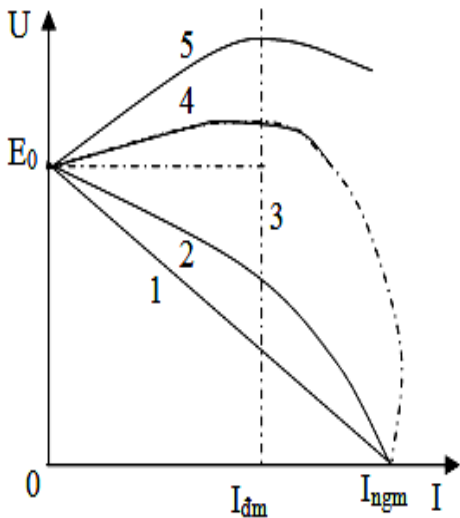
c. Khi tải thuần trở ( $Z_t = R_t$ ).

Do  $I$  trùng với  $U$ , Ta có một tam giác vuông. Vì là một tam giác vuông nên ta có thể viết:  $E_0^2 = U^2 + (X_s I)^2$  (4.31)

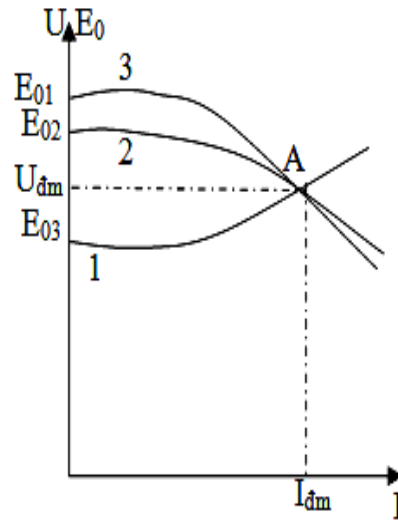
Chia cả hai vế cho  $E_0^2$  ta được:  $1 = \frac{U^2}{E_0^2} + \frac{X_s^2 I^2}{E_0^2}$  Hay  $1 = \frac{U^2}{E_0^2} + \frac{I^2}{I_{ngm}^2}$



Đây là một phương trình đường elip có hai nửa trục  $E_0$  và Trên đây ta đã nghiên cứu cho 3 trường hợp điển hình. Từ 3 trường hợp này ta có thể suy ra cho các trường hợp  $\cos < 1, > 0$  (đường 1) và  $\cos < 1, < 0$  (đường 3). Nếu đặc tính ngoài chỉ vẽ cho khoảng dòng  $I=0 \dots I_{dm}$



Hình 4.19. Đặc tính ngoài của máy phát điện đồng bộ: 1-đặc tính khi tải thuần cảm, 2-đặc tính khi tải cảm kháng, 3-Tải thuần trở, 4- Tải mang tính dung kháng, 5-Tải có tính dung kháng lớn



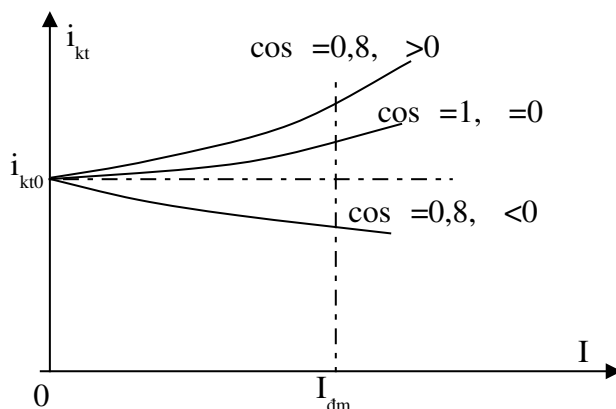
Hình 4.20. Đặc tính ngoài của máy phát điện đồng bộ vùng dòng tải định mức 1-đặc tính khi tải có tính dung kháng, 2 và 3-đặc tính khi tải cảm kháng

Dòng kích từ định mức là dòng kích từ tạo ra điện áp định mức  $U_{dm}$  khi tải định mức  $I_{dm}$  và  $\cos = \text{const}$ .

**Đặc tính điều chỉnh.**

Đặc tính điều chỉnh là mối quan hệ hàm giữa dòng kích từ với dòng tải  $i_{kt} = f(I)$  khi  $U = \text{const}$ ,  $n = \text{const}$  và  $\cos = \text{const}$ .

Để lấy đặc tính điều chỉnh thực hiện như sau: đặt một điện áp nhất định trên cực máy khi không tải, sau đó tải máy phát đồng thời thay đổi dòng kích từ sao cho điện áp  $U = \text{const}$ . Từ đặc tính điều chỉnh ta thấy rằng khi tăng tải cảm kháng phải tăng dòng kích từ ngược lại, khi tăng tải dung kháng dòng kích từ giảm. Trên hình vẽ biểu diễn đặc tính điều chỉnh của máy phát khi giữ cho  $U = \text{const}$ .



Hình 4.21. Đặc tính điều chỉnh của máy phát động bộ

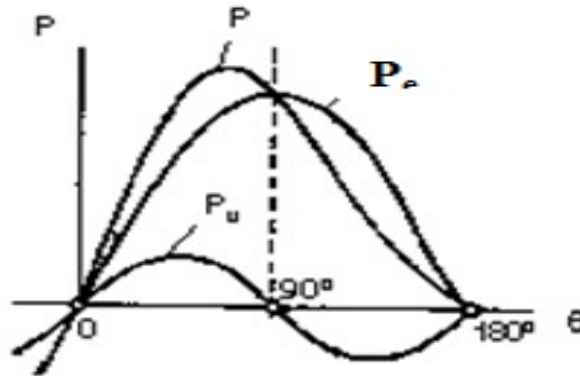
### Đặc tính điều chỉnh công suất tác dụng P của máy phát điện đồng bộ.

a) Trường hợp máy phát điện làm việc trong hệ thống điện công suất vô cùng lớn

Ở trường hợp này U và f là không đổi nên nếu giữ dòng điện kích thích  $i_t$  không đổi thì E là hằng số theo biểu thức:

$$P = mU \frac{E_0}{x_d} \sin \theta = \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta \quad (4.32)$$

P là hằng số của góc và đường biểu diễn của nó có dạng như đã biết.



Hình 4.22. Đặc tính góc công suất tác dụng máy phát không đồng bộ cực lồi

Ở chế độ làm việc xác lập công suất tác dụng P của máy ứng với góc nhất định phải cân bằng với công suất cơ trên trục làm quay máy phát điện. Đường biểu diễn công suất cơ của động cơ sơ cấp được biểu thị bằng đường thẳng song song với trục ngang và cắt đặc tính góc ở điểm A. Như vậy muốn điều chỉnh công suất tác dụng P của máy phát thì phải thay đổi góc  $\theta$ , nghĩa là dịch chuyển giao điểm A bằng các thay đổi công suất cơ trên trục máy. Công suất tác dụng cực đại  $P_m$  mà máy phát điện có thể cung cấp cho hệ thống điện ứng với khi  $dP/d\theta = 0$ . Áp dụng điều kiện đó đối với biểu thức:

$$P_* = \frac{E_* U_*}{x_{d*}} \sin \theta = \frac{U_*^2}{2} \left( \frac{1}{x_{q*}} - \frac{1}{x_{d*}} \right) \sin 2\theta \quad (4.33)$$

của máy phát đồng bộ cực lồi suy ra:  $\theta_m = 90^\circ$  và:  $P_m = \frac{mEU}{X_d}$

Đối với máy cực lõm:

$$\text{Từ } I_d = \frac{E_0 U \cos \alpha}{x_d}; I_q = \frac{U \sin \alpha}{x_q} \quad (4.34)$$

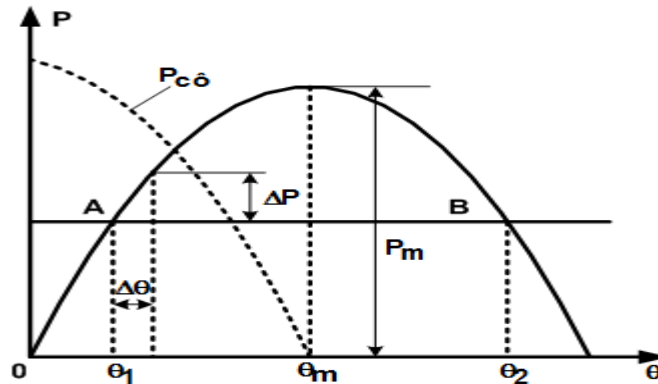
có thể suy ra được góc  $\alpha_m$  xác định bởi:

$$\cos \alpha_m = \frac{\sqrt{A^2 - 8B^2} - A}{4B}$$

$$\text{Trong đó: } A = mU \frac{E_0}{x_d}, B = \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right),$$

$$\text{và } P_m = mU \frac{E_0}{x_d} \sin \alpha_m = \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\alpha_m$$

Khi điều chỉnh công suất tác dụng cần chú rằng máy phát điện đồng bộ chỉ làm việc ổn định tĩnh khi  $0 < \alpha < \alpha_m$ . Để thấy rõ điều đó, giả sử rằng máy đang làm việc ở giao điểm A ứng với  $\alpha_1 < \alpha_m$ . Nếu do một nguyên nhân nào đó công suất cơ  $P_{cơ}$  của động cơ sơ cấp tăng lên trong một thời gian ngắn, sau đó lại trở về trị số ban đầu thì rotor của các máy phát điện sẽ quay nhanh hơn. Như vậy góc  $\alpha$  sẽ tăng thêm  $\Delta\theta$  và tương ứng công suất  $P$  sẽ tăng thêm  $\Delta P$ .



Hình 4.23. Công suất tác dụng và công suất chỉnh bộ của máy phát điện đồng bộ cực lồi

Vì lúc đó công suất cơ  $P_{cơ}$  đã trở về trị số ban đầu nên  $P + P > P_{cơ}$ , kết quả là rotor sẽ bị ghìm và máy phát điện trở lại làm việc ở góc  $\alpha$  ban đầu sau vài chu kỳ dao động.

Trái lại nếu máy phát điện làm việc xác lập ở  $\alpha_2 > \alpha_m$ , ví dụ ở điểm B thì khi công suất cơ thay đổi như trên, góc tăng thêm  $\Delta\theta$  sẽ làm cho  $P$  của máy phát điện giảm, như vậy  $P < P_{cơ}$ , kết quả là rotor quay nhanh thêm, góc  $\alpha$  càng tăng và máy phát điện sẽ mất đồng bộ với lưới điện.

Từ những điều nói trên ta thấy rằng, khi điều chỉnh công suất tác dụng mà muốn giữ cho máy phát điện làm việc ổn định thì phải có điều kiện sau:  $\frac{dP}{d} > 0$  Trong đó:  $\frac{dP}{d}$  được gọi là công suất chỉnh bộ đặc trưng cho khả năng giữ cho máy làm việc đồng bộ trong lưới điện và được ký hiệu bằng  $P_{cb}$ .

Từ các biểu thức trên suy ra được hệ số công suất chỉnh bộ đối với máy cực lỗi:

$$P_{cb} = \frac{mEU}{X_d} \cos \alpha = mU^2 \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos 2\alpha \quad (4.35)$$

Và đối với máy cực ẩ:  $P_{cb} = \frac{mEU}{X_d} \cos \alpha \quad (4.36)$

Đường biểu diễn của công suất chỉnh bộ như hình vẽ. Ta thấy khi không tải ( $\alpha = 0$ ), khả năng chỉnh bộ tức khả năng của  $P_{cb}$  giữa công suất cơ đưa vào máy và công suất tác dụng đưa ra lưới điện ứng với sự thay đổi làm cho máy phát vẫn duy trì làm việc đồng bộ với lưới điện là lớn nhất, còn khi  $\alpha = 90^\circ$  thì khả năng chỉnh bộ bằng 0.

Trên thực tế vận hành để đề phòng trường hợp U hoặc E giảm hoặc những nguyên nhân khác làm cho công suất P đưa ra lưới điện giảm theo nhưng vẫn duy trì đồng bộ, máy phát điện thường làm việc với công suất định mức  $P_{đm}$  ứng với  $\alpha = 30^\circ$ . Như vậy khả năng quá tải của máy phát điện đồng bộ được xác định tỉ số:

$$k_m = \frac{P_m}{P_{đm}} \text{ gọi là hệ số năng lực quá tải. Đối với máy cực ẩ } K_m = \frac{1}{\sin \alpha_m}$$

Theo qui định thì cần đảm bảo  $k_m > 1,7$  và muốn như vậy thì máy phải có tỉ số ngắn mạch K lớn, nghĩa là  $x_d$  phải nhỏ (hoặc khe hở lớn).

Cần chú ý rằng khi điều chỉnh công suất tác dụng P, do  $\alpha$  thay đổi nên công suất phản kháng cũng thay đổi theo.

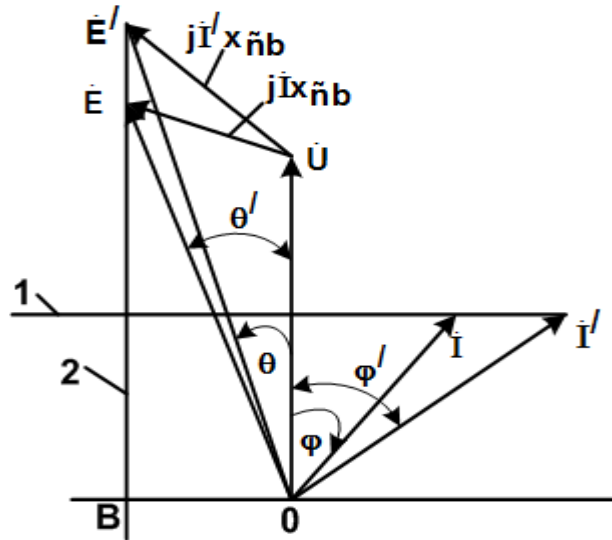
### **Điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.**

Ta hãy xét việc điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ làm việc trong lưới điện vô cùng lớn (U, f = const) khi công suất tác dụng của máy được giữ không đổi.

Giả sử máy có cực ẩ và để đơn giản, bỏ qua tổn hao trên dây quấn phần ứng ( $r_U = 0$ ). Trong trường hợp đó, đồ thị vectơ sức điện động có dạng như hình vẽ.

Công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.

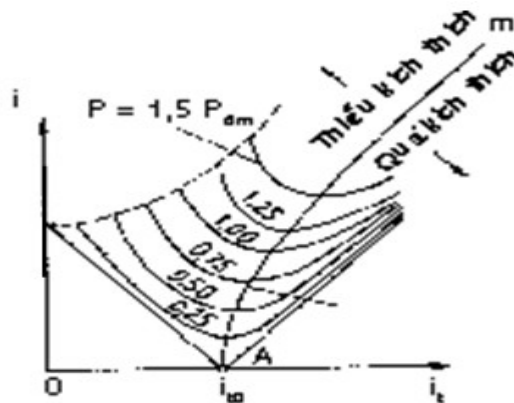
Vì  $P = mUI \cos \theta$  OA là không đổi, và với điều kiện  $U = \text{const}$  nên khi thay đổi Q, mút của vectơ I luôn nằm trên đường thẳng 1, thẳng góc với U. Với mỗi trị số của I sẽ có một trị số của  $\cos \theta$  và vẽ đồ thị vectơ sức điện động tương ứng sẽ xác định được độ lớn của véc tơ E, từ đó suy ra được dòng điện kích thích  $i_t$  cần thiết để sinh ra E cũng cần chú ý rằng



Hình 4.24. Điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.

$$P = mEU \sin \frac{\theta}{X_d} = P_1 \text{ const} \quad (4.37)$$

Trong đó U,  $x_d$  không đổi nên và mút của vectơ E luôn nằm trên đường thẳng 2 thẳng góc với OB.



Hình 4.25. Đặc tính hình V của MDDB

Kết quả phân tích cho thấy rằng, muốn điều chỉnh công suất phản kháng Q thì phải thay đổi dòng điện kích thích  $i_t$  của máy phát điện.

Với mỗi trị số của  $P = \text{const}$ , thay đổi Q và vẽ đồ thị vectơ sức điện động như trên ta xác định được quan hệ gọi là đặc tính hình V của máy phát điện đồng bộ. Thay đổi các trị số của P với phương pháp trên sẽ thành lập được một họ các đặc tính hình V. Trên hình, đường Am đi qua các điểm

cực tiểu của họ đặc tính hình V tương ứng với khi  $\cos \varphi = 1$ . Khu vực bên phải của đường Am ứng với tải có tính cảm  $\varphi > 0$  và chế độ làm việc quá kích thích của máy phát điện khu vực ở bên trái của đường đó ứng với tải có tính dung ( $\varphi < 0$ ) và chế độ làm việc thiếu kích thích của máy. Đường Bn ứng với giới hạn làm việc ổn định với lưới khi máy phát điện làm việc ở chế độ thiếu kích thích.

Ở trên ta xét đối với máy phát điện cực ẩn, nhưng tất cả những phân tích đo đều áp dụng được cho máy phát điện cực lồi.

Trong trường hợp công suất của lưới điện nhỏ (thí dụ chỉ có hai máy phát điện công suất bằng nhau làm việc song song), nếu tăng dòng điện kích thích  $i_f$  của một máy mà vẫn giữ dòng điện kích thích của máy thứ hai không đổi, thì do công suất phản kháng của máy một tăng, tổng công suất phản kháng sẽ tăng làm thay đổi điện áp U của lưới điện, ảnh hưởng đến trạng thái làm việc bình thường của hệ dùng điện. Như vật để duy trì trạng thái làm việc bình thường của lưới điện với  $U = \text{const}$ , khi tăng dòng điện kích thích của một máy thì phải giảm tương ứng dòng điện kích thích của máy thứ hai. Bằng phương đó sẽ thực hiện được sự phân phối lại công suất phản kháng Q giữa hai máy phát điện.

#### **Ví Dụ 4.1:**

Hai máy phát điện giống nhau làm việc song song có điện trở phần ứng  $r_U = 2,18 \Omega$ , điện kháng đồng bộ  $x_{đb} = 62 \Omega$  cùng cung cấp điện cho một tải là 1830 kW với  $\cos \varphi = 0,83$  (chậm sau). Điện áp đầu cực của tải là 13800 V. Điều chỉnh kích từ của hai máy sau cho một máy có dòng điện phản kháng là 40 A. Tính:

- Dòng điện của mỗi máy phát điện.
- Sức điện động E của mỗi máy và góc pha giữa các sức điện động đó.

#### **Giải.**

Dòng điện tải:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{1380 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13800 \times 0,83} = 92,3 \text{ A}$$

$$I_A = 38,4 - j40 \text{ và } I_B = I - I_A = 38,4 - j11,4 \text{ A}$$

Ta có:

$$E_A = U + I_A(r_U + jx_{đb}) = E_A + I_A \frac{13800}{\sqrt{3}} (38,4 - j40)(2,18 + j62) = 10720 \angle 12,22^\circ \text{ V}$$

$$\text{Cũng như vậy: } E_B = U + I_B(r_U + jx_{đb}) = E_B + I_B \frac{13800}{\sqrt{3}} (38,4 - j11,4)(2,18 + j62) = 9030 \angle 15,1^\circ \text{ V}$$

$$\text{Góc lệch pha giữa hai s.đ.đ đó: } \varphi_A - \varphi_B = 15,1^\circ - 12,22^\circ = 2,88^\circ$$

### **4.6. Sự làm việc song song của máy phát điện đồng bộ**

**Mục tiêu:**

- *Biết được chế độ, điều kiện làm việc song song của máy điện đồng bộ 3 pha*

- *Có ý thức tự giác trong học tập*

Để tăng công suất cấp cho các tải và đảm bảo cấp điện liên tục cho tải người ta cho các máy phát điện đồng bộ làm việc song song với nhau.

Khi hai máy phát vào làm việc song song phải đảm bảo sự phân tải đều giữa các máy, có nghĩa là nếu hai máy có công suất như nhau thì khi làm việc song song phải chịu tải như nhau, còn nếu công suất của hai máy khác nhau thì máy có công suất lớn phải chịu tải nhiều, máy có công suất nhỏ chịu tải ít. Việc đưa một máy phát vào làm việc song song với lưới hoặc một máy phát khác phải không được có dòng cân bằng chạy quẩn trong các máy và không được phá vỡ chế độ làm việc của máy phát đang làm việc. Để làm được điều đó các máy phát làm việc song song phải thoả mãn một trong số các điều kiện sau đây.

#### ***Các điều kiện của các máy phát làm việc song song***

Để đưa một máy điện đồng bộ vào làm việc song song với lưới hoặc một máy điện khác cần thoả mãn những điều kiện sau:

- Giá trị hiệu dụng của điện áp máy phát và lưới phải bằng nhau
- Phải nối đúng thứ tự pha giữa máy phát và lưới
- Tần số lưới và tần số máy phát bằng nhau
- Phải đảm bảo thứ tự pha của các điện áp ấy.

#### ***Hoà song song các máy phát đồng bộ.***

Quá trình đưa một máy phát đồng bộ vào làm việc song song với lưới điện hay một máy phát khác gọi là quá trình hoà song song (hoặc hoà đồng bộ) máy phát điện. Trong thực tế có những phương pháp hoà đồng bộ sau đây:

*Hoà đồng bộ chính xác.* Đây là phương pháp thực hiện hoà song song máy phát đồng bộ thoả mãn cả 4 điều kiện trên đây. Phương pháp này thường được dùng nhất vì đảm bảo an toàn cho máy, cho lưới điện và chất lượng hoà. Song thời gian thực hiện lâu

*Hoà đồng bộ thô* là phương pháp đưa một máy phát vào làm việc song song với một máy phát khác khi không thoả mãn tất cả các điều kiện nêu trên.

Phương pháp hoà này được áp dụng khi cần hoà nhanh, chất lượng hoà không cao, có dòng cân bằng khi hoà. Thường được áp dụng trên tàu thuỷ và một số lưới điện địa phương trên bờ.

*Tự hoà đồng bộ.* Phương pháp tự hoà đồng bộ được thực hiện như sau: Dùng máy lai quay rôto máy phát điện định hoà tới tốc độ gần đồng bộ rồi mới kích từ máy. Sau khi kích từ, do có từ thông sẽ xuất hiện dòng điện và mô-men kéo máy vào làm việc đồng bộ. Đưa dòng kích từ vào máy ở độ trượt càng nhỏ thì độ xung dòng càng bé. Độ trượt có giá trị 0,5%.

Tự hoà đồng bộ chỉ được sử dụng với những trường hợp khi ở trạng thái quá độ dòng quá độ nhỏ hơn một giá trị nhất định. Phần lớn các máy điện đồng bộ không được sản xuất cho chế độ này, cho nên khi sử dụng phải thực hiện đo kiểm tra máy trước rồi mới được áp dụng. Áp dụng phương pháp hoà đồng bộ này rút ngắn được rất nhiều quá trình hoà máy phát, vì vậy phương pháp được sử dụng cho các máy phát sự cố hoặc khởi động hệ thống thủy điện dự trữ.

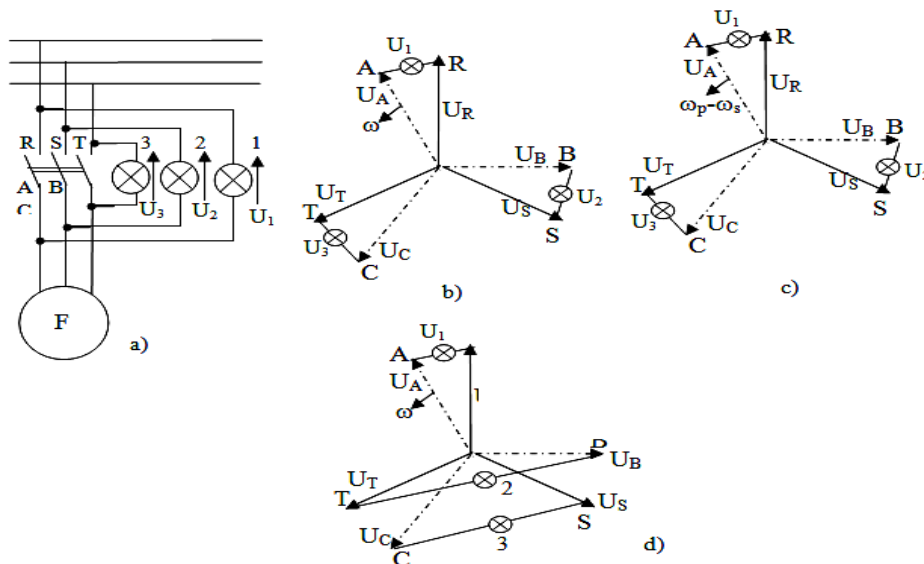
Để thực hiện các phương pháp hoà đồng bộ trên đây ta có thể thực hiện bằng tay, nửa tự động hoặc tự động.

#### **Phương pháp hoà đồng bộ chính xác**

Để kiểm tra các điều kiện hoà đồng bộ người ta dùng các phương pháp sau đây.

- Phương pháp đèn tối (đèn tắt).
- Phương pháp đèn quay.
- Phương pháp dùng đồng bộ kế.

Biểu diễn sơ đồ hòa song song các máy phát dùng phương pháp đèn tắt



Hình 4.26. Sơ đồ nối đèn và sao điện áp các trường hợp b) Thỏa mãn tất cả các điều kiện, c) Tần số khác nhau, d) Nối nhầm pha



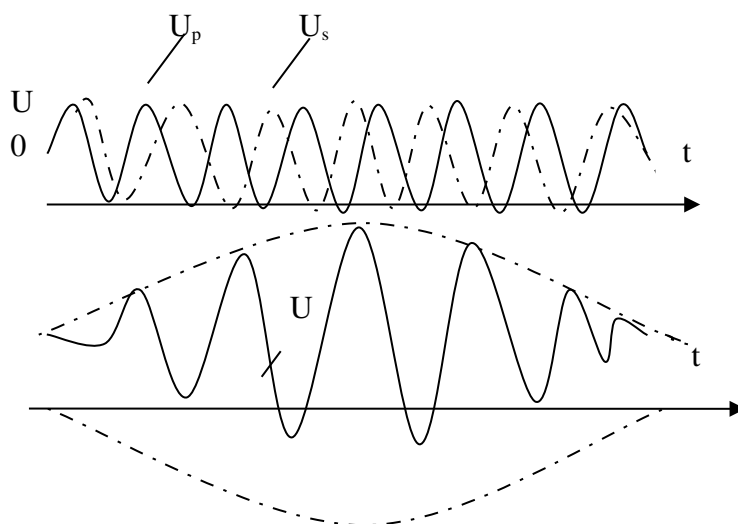
Nếu cả 4 điều kiện nêu trên thỏa mãn thì cả 3 đèn đều tối. Bây giờ ta hãy phân tích các điều kiện trên không thỏa mãn thì các đèn sẽ ra sao.

- Khi  $U_A = U_R$  hoặc góc pha đầu góc khác không, ta thấy đặt trên các đèn một hiệu điện áp:  $U = U_A - U_R$  hoặc  $U = U_A - E_A$

Cả 3 bóng đèn đều sáng như nhau.

- Khi tần số  $f_1 = f_2$ .

Giả thiết rằng tần số lưới  $f_1 > f_2$ , lúc này trên bóng đèn sẽ có một hiệu điện áp



Hình 4.27. Giá trị tức thời hiệu điện áp các pha của máy phát đang hòa song song

Ta nhận thấy rằng điện áp trên bóng đèn tăng từ giá trị zero tới giá trị cực đại  $U_{bd} = (U_{ml} + U_{mp})$  và lại giảm tới 0 sau đó lại lặp lại. Tần số biến đổi của điện áp bóng đèn:

$f_{bd} = \frac{f_1 - f_2}{2}$ . Còn tần số biến thiên của sự thay đổi điện áp biên độ trên

bóng đèn  $f_1 - f_2$  (tần số đường bao). Nếu nhìn vào biên độ véctơ ta thấy vì 2 sao điện áp quay với 2 tốc độ góc  $\omega_1$  và  $\omega_2$  ( $\omega_1 > \omega_2$ ) nên có thể coi sao điện áp lưới đứng im, còn sao điện áp quay với tốc độ  $\omega_1 - \omega_2$ . Điện áp trên bóng đèn tăng dần, đèn sáng dần và khi điện áp trên bóng đèn đạt giá trị  $U_{ml} + U_{mp}$  thì bóng đèn sáng nhất, sau đó áp giảm dần, bóng đèn tối dần cho tới khi tắt hẳn và lại được lặp lại. Như vậy nhìn sự thay đổi cường độ sáng của bóng đèn ta biết tần số của chúng không bằng nhau.

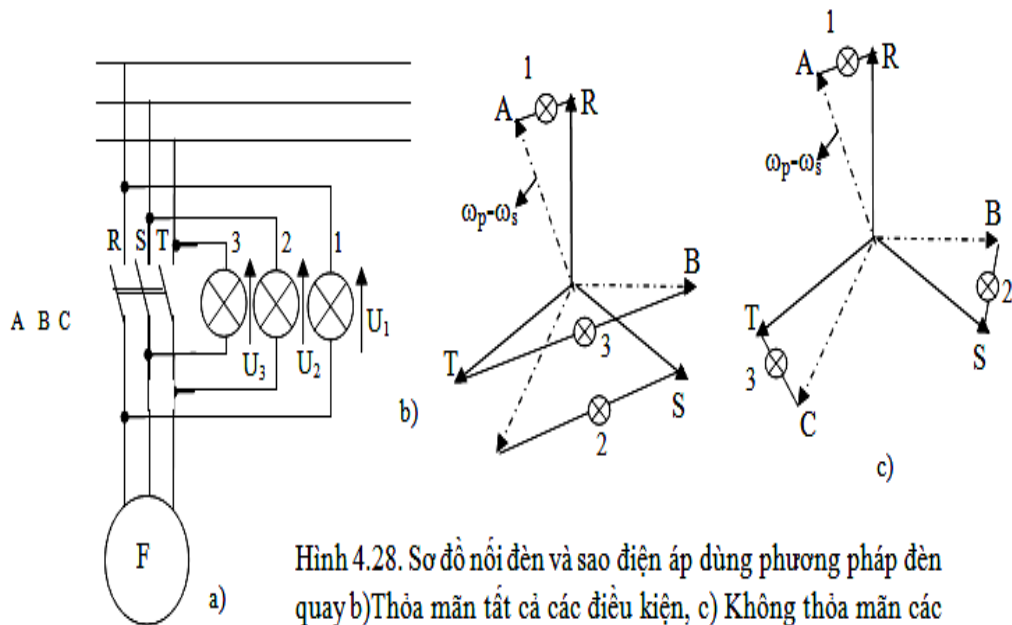
Nếu bây giờ thứ tự pha bị đảo nhầm (ví dụ A của lưới với B của máy phát thì ta thấy một bóng đèn tắt còn 2 bóng đèn rất sáng (điện áp trên bóng là áp dây).

Bằng phương pháp quan sát trạng thái các đèn ta tìm được thời điểm đóng máy phát song song thích hợp nhất (khi các bóng đèn tối hết).

Phương pháp đèn tắt dễ thực hiện, rẻ tiền nhưng độ chính xác kém, và hơn thế nữa việc tìm một bóng đèn có dải điện áp làm việc rộng (từ khoảng 20 von tới điện áp dây) là rất khó, và nếu bóng đèn bị đứt dây tóc thì chẳng phát hiện được gì. Do đó người ta không dùng phương pháp đèn tắt đơn độc mà thường kèm thêm các đồng hồ von mét để đo điện áp, trong đó hay dùng von mét chỉ không. Nếu các điều kiện không thoả mãn ta phải điều chỉnh hoặc dòng kích từ hoặc tốc độ quay của máy định hoà.

### Phương pháp đèn quay

Biểu diễn sơ đồ nối bóng đèn dùng phương pháp đèn quay.



Hình 4.28. Sơ đồ nối đèn và sao điện áp dùng phương pháp đèn quay b) Thoả mãn tất cả các điều kiện, c) Không thoả mãn các điều kiện

Nếu các điều kiện đồng bộ thoả mãn thì đèn 1 tối còn đèn 2 và đèn 3 sáng. Ở sơ đồ này không cần dùng von mét chỉ không vì ngay cả khi chỉ có sự chênh lệch nhỏ đèn 1 không sáng nhưng các đèn còn lại ánh sáng thay đổi rõ rệt vì nó rất nhạy với sự thay đổi điện áp ở giá trị gần định mức.

Khi tần số lưới và máy phát khác nhau (điện áp của chúng bằng nhau) sẽ có hiện tượng ánh sáng quay. Khi gần đồng bộ tốc độ quay ánh sáng chậm dần. Máy làm việc song song được đóng vào khi tốc độ quay ánh sáng rất chậm. Tốt nhất là khi bóng đèn 1 tối, 2 bóng còn lại sáng, von mét chỉ zero.

Nếu thấy các bóng đèn cùng sáng, cùng tắt thì có nghĩa là thứ tự pha khác nhau và tần số cũng khác nhau.

Ở hệ thống đèn tối nếu xuất hiện hiện tượng này thì pha và tần số khác nhau. Qua phân tích 2 hệ thống đèn tắt và đèn quay thấy cùng một hiện tượng nhưng bản chất vấn đề khác nhau nên khi lắp hệ thống mới

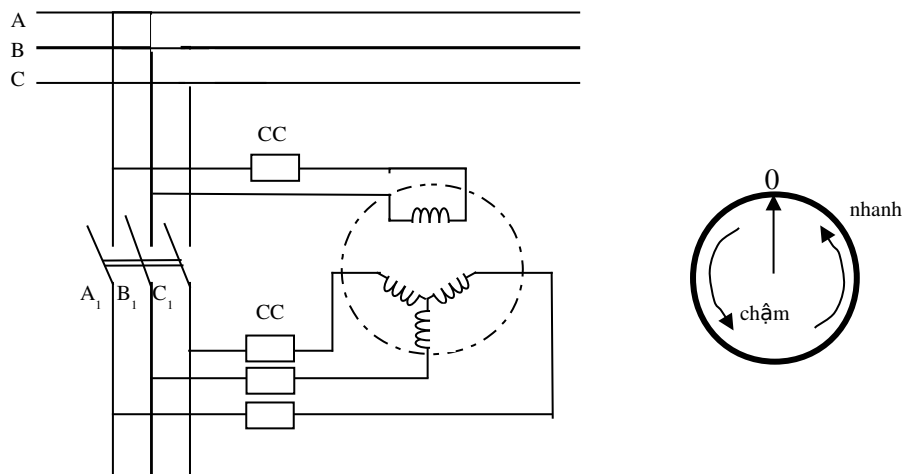
hoặc sau khi sửa chữa phải xác định phương pháp áp dụng và kiểm tra cách nối cho đúng.

Hai phương pháp dùng đèn trên đây có ưu điểm là đơn giản nhưng có nhiều nhược điểm: trước hết các bóng đèn chỉ sáng khi điện áp trên bóng có giá trị  $1/3 U_{dm}$  do vậy ở những hệ thống yêu cầu cao, phương pháp đèn không thoả mãn, nên thường được dùng thêm các vôn mét hoặc kết hợp với các bộ đồng kế.

### **Hoà đồng bộ bằng dùng đồng bộ kế.**

Đồng bộ kế có cấu tạo khác nhau. Cơ cấu đo của nó là 1 sen-sin trực của nó có một kim, cuộn dây stato và rôto được nối với một điện trở phụ  $R_p$ .

Cuộn stato của sen-sin tạo ra từ trường quay và tác động tương hỗ với từ trường rôto. Rôto chuyển động với tốc độ tỷ lệ với hiệu tần số  $f_1 - f_2$ . Căn cứ vào giá trị tần số của máy phát định hoà đồng bộ mà kim sẽ quay về phía nhanh hay chậm ghi trên mặt đồng hồ đồng bộ kế. Căn cứ vào chiều của kim ta sẽ tăng hoặc giảm lượng dầu của máy lai. Khi  $f_1 = f_2$  và trùng pha, kim của đồng bộ kế sẽ chỉ zero, lúc này có thể đóng máy phát định hoà vào lưới.



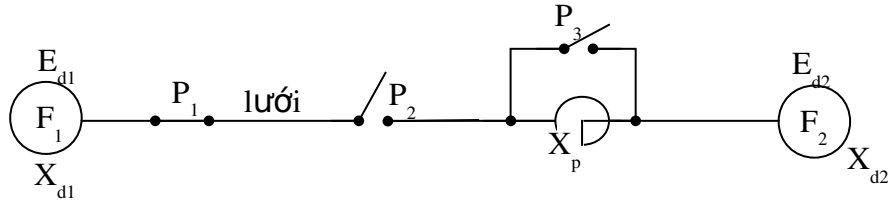
Hình 4.29. Sơ đồ nối đồng bộ kế

### **Hoà đồng bộ thô**

Khi đưa máy phát làm việc song song với lưới điện, nếu không thoả mãn một trong các điều kiện trên ta gọi là hoà thô. Hoà thô được thực hiện ngay cả khi áp lưới và số máy phát chỉ trùng nhau vào thời điểm đóng máy phát vào lưới, còn hiệu tần số có thể đạt 3%. Như chúng ta đã nói ở trên khi đưa máy phát vào làm việc song song không thoả mãn các điều kiện sẽ có dòng cân bằng lớn.

Để hạn chế xung cân bằng này và kéo máy vào đồng bộ người ta dùng cuộn kháng 3 pha. Cách thực hiện như sau: Trước hết đóng cầu dao  $P_2$

sau thời gian ngắn đóng cầu dao P<sub>3</sub> loại cuộn kháng ra khỏi máy. Ở đây ta không dùng 3 điện trở thuần thay 3 cuộn cảm được vì dùng điện trở thuần vừa gây tổn hao vừa không tạo được mômen kéo rô to vào đồng bộ.



Hình 4.30. Thực hiện hòa thô máy phát đồng

Để tính chọn gần đúng giá trị  $X_p$  ta làm như sau: Theo sơ đồ ta giả thiết: bỏ qua ảnh hưởng của siêu quá độ, bỏ qua điện trở thuần của lưới, điện áp lưới điện và điện áp máy phát trùng nhau, trong trường hợp đó ta có:

$$I' = \frac{E'_{d2} E'_{d1}}{X'_{d1} X'_{d2} X_p} \quad (4.38)$$

Trong đó  $E'_{d1}$ ,  $E'_{d2}$  là sđđ quá độ trực dọc và trực ngang,  $X'_{d1}$ ,  $X'_{d2}$ -điện trở kháng quá độ theo trực dọc và trực ngang,  $X_p$ -trở kháng của cuộn cảm. Khi hòa thô dòng  $I'$  không được vượt quá 3,5Idm.

Điện áp trên cực máy phát tính như sau:  $U_2 = E'_{d2} - I' X_{d2}$

Điện áp trên cực máy phát F2 ở thời điểm đầu mới đóng máy phát vào lưới:

$$U_{20} = \frac{E'_{d1} X'_{d1} E'_{d2} X'_p E'_{d1} X'_{d2}}{X'_{d1} X'_{d2} X_p} \quad (4.39)$$

Độ sụt điện áp ở thời điểm  $t=0$ :  $U_0 = E'_{d2} - U_{20}$  (4.40)

**Nếu hòa song song 2 máy phát có cùng công suất thì:**

$$E'_{d2} = E'_{d1}, X'_{d1} = X'_{d2}$$

Giả thiết rằng  $E'_{d2} = 1$  ta có:  $U_0 = \frac{X'_{d2}}{X'_{d2} \frac{X_p}{2}}$  (4.41)

Cho trước độ sụt áp  $U$  giá trị  $X_p$  nhận được:

$$X_p = 2 \frac{1 - U_0}{U} X'_{d2} \quad (4.42)$$

Tính chất của máy phát điện khi làm việc song song

Các điều kiện xuất hiện khi 2 máy phát làm việc song song phụ thuộc vào tỷ lệ công suất của 2 máy phát:

Nếu ký hiệu  $P_{nx}$  – là công suất của máy điện đang nghiên cứu còn  $P_{nz}$  là tổng công suất định mức của các máy còn lại cung cấp cho tải, thì

khi nghiên cứu làm việc song song của máy x ta phân biệt thành 3 trường hợp:

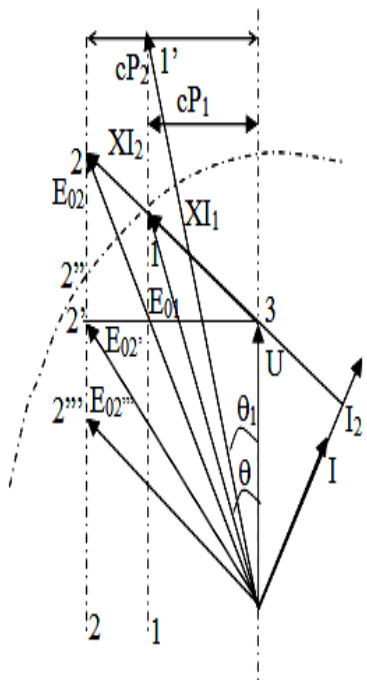
- $P_{nx} \ll P_{nz}$  – Máy phát x làm việc trong lưới cứng
- $P_{nx} \gg P_{nz}$  – Máy phát x thực tế làm việc độc lập
- $P_{nx} \approx P_{nz}$  – Máy phát x làm việc ở lưới mềm

a. Máy phát làm việc trong lưới cứng

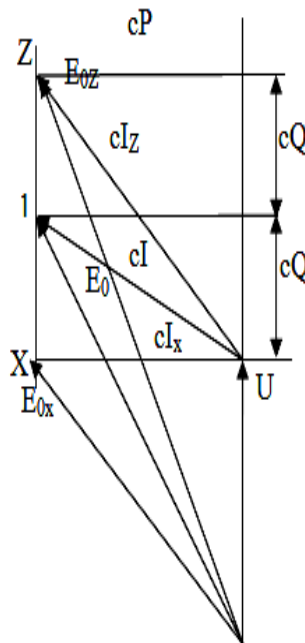
Lưới cứng là lưới có điện áp và tần số không đổi. Công suất của lưới so với tải rất lớn.

Nếu máy phát có công suất  $P_{nx}$  rất nhỏ so với máy phát tương đương các máy phát khác  $P_{nz}$  thì tính chất năng lượng (điện áp và tần số) quyết định bởi máy phát tương đương có công suất lớn. Tần số và điện áp quyết định bởi máy phát có công suất lớn, mọi sự thay đổi của máy phát x (kích từ thay đổi hoặc công suất máy lai thay đổi) không làm thay đổi điện áp và tần số của nó khi máy còn làm việc đồng bộ. Lúc này máy x làm việc ở lưới cứng.

Khi một máy phát làm việc với lưới cứng mà thay đổi dòng kích từ nhưng không thay đổi công suất của máy lai, ta chỉ thay đổi được thành phần phản kháng của dòng điện nghĩa là thay đổi công suất phản kháng và kết quả là thay đổi hệ số  $\cos \phi$ .



Hình 4.31. Sự thay đổi công suất tác dụng của máy phát khi làm việc với lưới cứng



Hình 4.32. Máy đồng bộ làm việc ở lưới mềm Quá trình chuyển công suất kháng

Thật vậy khi thay đổi dòng kích từ ta thay đổi được giá trị của  $E_0$  chạy trên đường 1 (ví dụ bây giờ điểm làm việc đang tuiừ 1 bây giờ sang 1' ta có góc  $\alpha_1$ ), góc  $\alpha$  thay đổi, làm cho hệ số công suất máy phát thay đổi nhưng khoảng cách giữa đường 1 và U đại diện cho công suất tác dụng cấp cho tải không đổi ( $cP_1$ )

Nếu chỉ thay đổi công suất máy lai ta thay đổi được công suất tác dụng phát cho tải ví dụ điểm đang làm việc tại điểm 1 bây giờ tăng mcông suất máy lai sang điểm 2'. Tại điểm 2' giá trị sđđ thay đổi và công suất tác dụng ( $cP_2 > cP_1$ ). Để cho giá trị sđđ không thay đổi ta phải thay đổi cả dòng kích từ (chuyển sang điểm 2'')

*Tóm lại khi máy phát làm việc với lưới cứng nếu chỉ thay đổi kích từ ta chỉ thay đổi được công suất kháng, nếu chỉ thay đổi công suất máy lai ta chỉ thay đổi được công suất tác dụng phát ra và điện áp thay đổi, để điện áp không thay đổi cùng với thay đổi công suất máy lai ta phải thay đổi cả kích từ.*

Bằng cách thay đổi dòng kích từ và công suất máy lai ta có thể thay đổi hệ số công suất của máy đồng bộ. Nếu điểm làm việc nằm ở phía trên đường 3-2' (ví dụ điểm 1) ta có kích từ thừa, máy vừa cấp công suất tác dụng và công suất kháng, nếu điểm làm việc nằm trên đường 2'-3 (ví dụ điểm 2') thì máy phát chỉ phát ra công suất tác dụng, ta có hệ số công suất bằng 1, còn nếu điểm làm việc nằm phía dưới đường 2'-3 (ví dụ điểm 2'') thì máy phát vừa phát công suất tác dụng vừa nhận công suất kháng. Lúc này hệ số công suất máy phát âm.

#### *b. Máy làm việc ở lưới mềm*

Khi hai máy có công suất tương đương thì cả 2 máy có cùng ảnh hưởng lên các thông số của lưới, máy phát làm việc ở lưới mềm. Ta xét trường hợp 2 máy phát có công suất bằng nhau làm việc song song, lúc đầu tải như nhau: ( $I_x = I_z, \cos \alpha_x = \cos \alpha_z$ ). Bây giờ ta muốn cắt công suất tác dụng của máy x nhưng vẫn giữ công suất phản kháng và giữ cho điện áp không đổi (tải không đổi). Cách làm việc như sau. Xuất phát từ điểm 1 kết thúc quá trình một máy là điểm X còn một máy là điểm Z. Từ đây ta kết luận về quá trình thực hiện như sau:

Giảm công suất động cơ lai máy X và tăng công suất của động cơ lai máy phát Z cùng lúc đó phải: giảm dòng kích từ của máy phát X và tăng dòng kích từ của máy phát Z.

Nếu như bây giờ ta lại muốn cắt toàn bộ công suất phản kháng của máy X nhưng giữ lại công suất tác dụng của nó, ta làm như sau: giảm dòng kích từ máy X tăng kích từ máy Z

Nếu muốn cắt một máy phát song song ra khỏi lưới ta cắt từ từ công suất kháng và công suất tác dụng, cách tiến hành giống như trên. Để lưới không bị nhiễu việc cắt máy ra được thực hiện tại thời điểm  $P = 0$  và  $Q = 0$ .

## 4.7. Động cơ và máy bù đồng bộ

### Mục tiêu:

- Biết được nguyên lý làm việc của động cơ đồng bộ 3 pha
- Biết được một số loại tổn hao của động cơ đồng bộ 3 pha
- Tính toán được tổn hao và hiệu suất của máy điện đồng bộ 3 pha
- Có ý thức tự giác trong học tập

### 4.7.1. Động cơ đồng bộ

#### Ưu điểm

Có độ ổn định cao về tốc độ do momen quay tỉ lệ bậc nhất với điện áp.

Do được kích thích bằng nguồn DC nên có thể điều chỉnh để đạt  $\cos \phi = 1$ .

#### Nhược điểm

Cấu tạo phức tạp nên khó khăn trong vận hành bảo quản và giá thành khá cao

Mở máy phức tạp

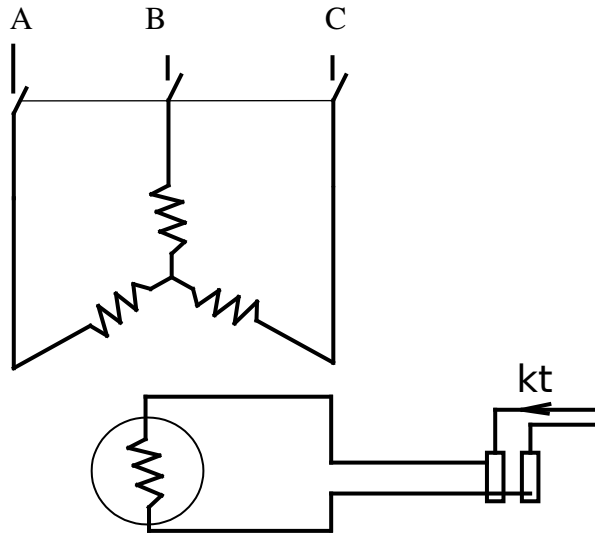
Khó điều chỉnh tốc độ chỉ thực hiện được duy nhất 1 phương pháp là thay đổi tần số nguồn cung cấp

Khi cho dòng điện ba pha  $i_A, i_B, i_C$ , vào ba dây quấn stato, tương tự như động cơ điện không đồng bộ, dòng điện ba pha ở stato sẽ sinh ra từ trường quay với tốc độ

$$n_1 = \frac{60f}{P} \text{ (vòng / phút) .}$$

Ta tưởng tượng từ trường quay của stato như một nam châm quay, khi cho dòng điện một chiều đi vào dây quấn rôto, rôto biến thành một nam châm điện.

Tác dụng tương hỗ giữa từ trường stato và từ trường rôto sẽ có tác dụng lực lên rôto, khi từ trường stato quay với tốc độ  $n_1$ , lực tác dụng ấy sẽ kéo rôto quay với tốc độ  $n_1 = n$ .



Hình 4.33. Sơ đồ nguyên lý động cơ đồng bộ

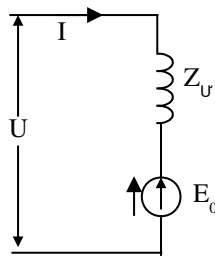
**Sơ đồ thay thế động cơ điện đồng bộ**

$E_0$  sđđ không tải

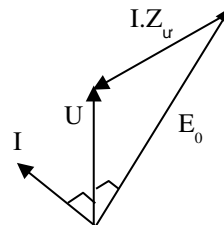
U. Điện áp đầu cực động cơ

I. Dòng điện tải  $r_u$ . điện trở của dây quấn phần ứng (stator)

$x_{db}$ . Điện kháng đồng bộ của máy phát



a. Mạch điện tương đương



b. Đồ thị véc tơ

Hình 4.34. Sơ đồ thay thế động cơ đồng bộ

**Phương trình cn bằng điện p**

$$U = E_0 + I.Z_u \quad (4.43)$$

**Trong đó:**

$E_0$ : Sức phản điện.

I: Dòng điện qua động cơ;

$Z_u$ : Tổng trở mạch phần ứng.

Ta thấy:

$I_{KT}$  thay đổi thì  $E_0$  sẽ thay đổi;



## Công suất của động cơ đồng bộ

Tổn hao trong máy đồng bộ được chia thành tổn hao (chính) cơ bản và tổn hao phụ.

Tổn hao chính gồm:

$P_1$  công suất Điện đầu vào

$$P_1 = 3UI \cos \varphi \quad (4.44)$$

$P_{cu} = 3r_u \cdot I^2$  (4.45) tổn hao đồng stator

$P_{co}$ ,  $P_{phụ}$ ,  $P_{kt}$  tổn hao cơ, phụ, kích từ.

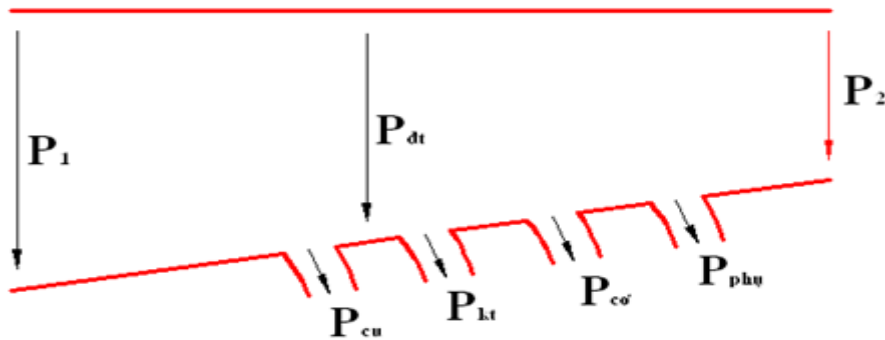
$P_{đt}$  công suất điện từ

$$P_{đt} = P_1 - P_{cu} \quad (4.46)$$

$P_2$  công suất có ích trên trục động cơ

Tổn hao biến đổi là tổn hao phụ thuộc vào tải, gồm tổn hao đồng phần ứng và kích từ ( $P_{cu}$ ,  $P_{kt}$ ).

$$P_2 = P_1 - (P_{cu} + P_{kt} + P_{co} + P_{phụ}) \quad (4.47)$$



Hình 4.35. Biểu đồ công suất động cơ đồng bộ

### \* Hiệu suất

$$\frac{P_2}{P_1} \quad (4.48)$$

### \* Mômen ở đầu trục động cơ

$$M = \frac{P_2}{\frac{2\pi n}{60}} \quad (4.49)$$

## 4.7.2. Máy bù đồng bộ

Trong các xí nghiệp hoặc khu dân cư do nhiều nguyên nhân khác nhau hệ số công suất giảm (nhận từ lưới nhiều Q). Để nâng cao hệ số công suất người ta dùng thiết bị bù bằng tụ điện hay bằng máy đồng bộ. Như ta đã biết ở phần trước phụ thuộc vào giá trị dòng kích từ máy đồng bộ có thể phát ra công suất cảm kháng ( $Q > 0$ ) hay công suất dung kháng ( $Q < 0$ ).

Máy bù đồng bộ thực chất là động cơ đồng bộ chạy không tải và có kích từ thích hợp. Động cơ lấy từ lưới một công suất tác dụng nhỏ để bù

vào các tổn hao và lấy từ lưới công suất dung kháng (đưa vào lưới công suất cảm kháng). Muốn vậy máy đồng bộ phải làm việc với kích từ thừa. Đặc tính cơ bản của máy bù là đặc tính  $I = f(I_{kt})$ , khi  $U = \text{const}$ ,  $f = \text{const}$ ,  $P = 0$ .

Máy điện đồng bộ chạy không tải còn có thể làm việc như bộ điều chỉnh điện áp bằng thay đổi dòng kích từ ta thay đổi dòng lấy từ lưới và thay đổi được độ giảm điện áp gây nên bởi dòng này ở lưới.

Nếu máy đồng bộ chỉ dùng làm máy bù hoặc điều chỉnh điện áp thì trục của máy có thể làm nhỏ.

## **NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ BÀI 4:**

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- Công dụng của máy điện đồng bộ 3 pha
- Cấu tạo của máy điện đồng bộ ba pha
- Nguyên lý làm việc của máy điện đồng bộ ba pha
- Phản ứng phần ứng trong máy điện đồng bộ 3 pha
- Các đặc tính của máy điện đồng bộ 3 pha
- Chế độ, điều kiện làm việc song song của máy điện đồng bộ 3 pha
- Nguyên lý làm việc của động cơ đồng bộ 3 pha
- Một số loại tổn hao của động cơ đồng bộ 3 pha

+ Về kỹ năng:

- Giải bài tập cơ bản về tính toán máy điện đồng bộ 3 pha

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập

### **Câu hỏi ôn tập**

1. Máy điện đồng bộ: khi niệm, cấu tạo chung, nguyên lý hoạt động?
2. Thiết lập mạch điện tương đương máy điện đồng bộ cực ẩn. Dựng giản đồ vectơ?
3. Thiết lập mạch điện tương đương máy điện đồng bộ cực hiện. Dựng giản đồ vectơ?
4. Các tổn hao trong máy điện đồng bộ? Dựng giản đồ năng lượng? Công thức tính hiệu suất của máy?

5. Trình bày phản ứng phần ứng trong máy điện đồng bộ ứng với các tải khác nhau?
6. Đặc tính điều chỉnh của máy điện đồng bộ?

### BÀI TẬP

**Bài 1:** Một máy phát điện 3 pha đồng bộ đấu Y có các thông số:

$S_{dm}=10000\text{kVA}$ ,  $U_{dm}=6,3\text{kV}$ ,  $f=50\text{Hz}$ ,  $\cos\varphi_{dm}=0,8$ , số đôi cực  $p=2$ , điện trở day quấn stato  $R=0,04$ , điện kháng đồng bộ  $X_{db}=1$ , tổn hao kích từ,  $P_{kt}=20\%P_{dm}$ , tổn hao cơ, sắt từ và phụ là  $P_{cstf}=2,4\%P_{dm}$ .

- a. Tính tốc độ roto, dòng định mức.
- b. Tính công suất tác dụng và công suất phản kháng mà máy phát ra, công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát và hiệu suất máy phát khi máy làm việc ở chế độ định mức.

#### Hướng dẫn giải.

a. Tốc độ roto.  $n=n_1=60f/p=50.60/2=1500\text{v/p}$

Dòng điện định mức.  $I_{dm}=\frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{dm}}=\frac{10000}{\sqrt{3}.6,3} \quad 916,5\text{A}$

b. Công suất tác dụng mà máy phát ra.  $P_{dm}=S_{dm}\cos\varphi_{dm}=10000.0,8=8000\text{kW}$

Công suất phản kháng máy phát ra.  $Q_{dm}=S_{dm}\sin\varphi_{dm}=10000.0,6=6000\text{kVar}$

Tổn hao kích từ:  $P_{kt}=0,02.P_{dm}=0,02.8000=160\text{kW}$

Tổng tổn hao cơ, sắt từ và phụ:

$P_{cstf}=0,024P_{dm}=0,024.8000=192\text{kW}$

Tổn hao trên điện trở day quấn phần ứng:

$P_d=3.916,5^2.0,04=100,8\text{kW}$

Công suất động cơ sơ cấp:

$P_1=P_{dm}+P_{kt}+P_{cstf}+P_d=8000+160+192+100,8=8452,8\text{kW}$

$\eta=P_{dm}/P_1=8000/8452,8=0,946$

**Bài 2:** Hai máy phát điện giống nhau làm việc song song có điện trở phần ứng  $r_U = 2,5$  , điện kháng đồng bộ  $x_{db} = 60$  cùng cung cấp điện cho một tải là 2000 kW với  $\cos = 0,83$  (chậm sau). Điện áp đầu cực của tải là 1.3kV. Điều chỉnh kích từ của hai máy sau cho một máy có dòng điện phản kháng là 35 A. Tính:

- a) Dòng điện của mỗi máy phát điện.
- b) Sức điện động E của mỗi máy và góc pha giữa các sức điện động đó.

#### Hướng dẫn: Sử dụng một số công thức sau

Dòng điện tải:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi}$$

$$I_B = I - I_A$$

$$E_A = U + I_A(r_a + jx_{\sigma a}) \quad E_A \quad A$$

Cũng như vậy:  $E_B = U + I_B(r_b + jx_{\sigma b}) \quad E_B \quad B$  Góc lệch pha giữa hai s.d.đ đó:  $\phi_A \quad \phi_B$

**Bài 3:** Máy điện đồng bộ ba pha cực ẩn 5kVA, 208V, 4 cực từ, 60Hz, nối Y có điện trở dây quấn stator không đáng kể và điện kháng đồng bộ  $8\Omega/\text{pha}$ . Máy làm việc ở chế độ máy phát nối vào lưới có 208V, 60Hz.

- Xác định sdd kích thích và góc công suất khi máy làm việc đầy tải có hệ số công suất 0,8 (R-L).
- Với dòng điện kích thích của câu (a), công suất động cơ sơ cấp giảm chậm. Tìm giá trị tương ứng của dòng điện stator, hệ số công suất và công suất phản kháng trong điều kiện máy phát công suất cực đại ?

### Hướng dẫn

Sử dụng một số công thức sau

$$U = E_0 + I \cdot Z_{\sigma}$$

$$P = \frac{mEU}{X} \sin \theta$$

$$E_A = U + I_A(r_a + jx_{\sigma a}) \quad E_A \quad A$$

ĐS: a:  $E_0 = 206,9 \text{ V}$ ,  $\theta = 25,5^\circ$ . b:  $I = 29,9 \text{ A}$ .  $163, \cos 30,1^\circ = 0,865$  (dung)

**Bài 4:** Một động cơ KDB 3 pha 100hp, HSCS = 0,8 trể làm việc song song với một động cơ đồng bộ ba pha tiêu thụ 200kva với HSCS = 0,8 sớm. Điện áp nguồn là 2400v. Tính dòng dây và HSCS của tải tổng hợp, biết hiệu suất của ĐC KDB là 90%.

### Hướng dẫn giải:

$$P_1 = \frac{100.0,746}{0,9} \cos \phi$$

$$P_2 = 200.0,8$$

$$Q_1 = P_1 \tan \phi_1$$

$$Q_2 = P_2 \tan \phi_2$$

$$P = P_1 + P_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

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

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 98A$$

$$\Rightarrow \arctg(p/Q) \Rightarrow \cos \phi = 0,989 \text{ s\acute{o}m}$$

**Bài 5:** Một động cơ đồng bộ 3 pha đấu Y, điện trở phần ứng không đáng kể, điện kháng đồng bộ 12  $\Omega$ /pha. Công suất vào động cơ là 12000kw điện áp dây 13,2kv dòng kích từ được điều chỉnh sao cho S đ đ bằng 9kv/pha

1. Tính góc công suất
2. HSCS động cơ
3. Dòng phần ứng

**Hướng dẫn:**

$$E_m = U - j.X_d.I_u$$

$$P_1 = \frac{3EU}{X_d} \sin \delta$$

$$\Rightarrow \sin \delta = 0,7 \text{ vậy } \delta = 44.4^\circ$$

Chọn U làm gốc

$$E = E_m$$

$$U = E_m + j.X_d.I_u$$

$$\Rightarrow I_u = 533A, \text{ HSCS} = 0,982 \text{ tr\grave{e}}$$

**Bài 6.** Trên nhãn của 1 máy phát thủy điện có ghi 108MVA,  $\cos \phi = 1$ , 13,8kv, Y, 60Hz, 1200v/ph. Tính

1. Số cực Roto
2. Công suất định mức
3. Dòng định mức
4. công suất động cơ Tuabin thủy điện kéo máy phát nếu hiệu suất phần ứng là 0,97
5. Mô men cơ do tuabin kéo máy phát

**Hướng dẫn:**

$$n = \frac{60f}{P} \quad P = 30$$

$$P_{dm} = S_{dm} \cos \phi = 108MW$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = 4518A$$

$$P_c = \frac{P_d}{\eta} = 111,3MW$$

$$\text{Vận tốc roto} = \frac{2 \cdot n}{60} = 12,57 \text{ rad/s}$$

$$M_c = \frac{P_c}{\omega} = 8,86MN.m$$



## BÀI 5

### MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Mã bài: MĐ09-05

#### **Giới thiệu:**

Máy điện xoay chiều thường được sử dụng phổ biến trong thực tế, tuy nhiên trong nhiều lĩnh vực thực tế cần dùng máy điện một chiều, vì lý do nó tạo ra công suất và mômen, lớn và Ổn định, thực tế sử dụng máy điện này như máy khoan, máy khởi động..., Bài này chúng ta sẽ nghiên cứu, tính toán, sửa chữa, bảo dưỡng máy phát điện một chiều và động cơ điện một chiều.

#### **Mục tiêu:**

- Giải thích được nguyên lý cấu tạo, các quan hệ điện từ, các phản ứng phần ứng xảy ra trong máy điện một chiều đúng nguyên tắc về điện.

- Trình bày được quá trình đổi chiều dòng điện trong dây quấn phần ứng, các nguyên nhân gây ra tia lửa và biện pháp cải thiện đổi chiều.

- Trình bày được các phương pháp mở máy, đảo chiều quay, điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.

- Bảo dưỡng và sửa chữa được những hư hỏng thông thường của máy điện một chiều.

- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp

#### **Nội dung chính:**

### **5.1. Đại cương về máy điện một chiều**

#### **Mục tiêu:**

- *Biết được khái niệm cơ bản về máy điện một chiều*
- *Phân biệt được máy điện một chiều với máy điện xoay chiều*
- *Biết được ứng dụng của máy điện một chiều trong thực tế*
- *Có ý thức tự giác trong học tập*

Trong nền sản xuất hiện đại máy điện một chiều vẫn luôn luôn chiếm một vị trí quan trọng, bởi nó có các ưu điểm sau:

Đối với động cơ điện một chiều: Phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng, bằng phẳng vì vậy chúng được dùng nhiều trong công nghiệp dệt, giấy, cán thép.

Máy phát điện một chiều dùng làm nguồn điện một chiều cho động cơ điện một chiều, làm nguồn kích từ cho máy phát điện đồng bộ, dùng trong công nghiệp mạ điện.

**Nhược điểm:** Giá thành đắt do sử dụng nhiều kim loại màu, chế tạo và bảo quản cố góp phức tạp.

## 5.2. Cấu tạo của máy điện một chiều

### Mục tiêu:

- Mô tả được cấu tạo của máy điện một chiều
- Có ý thức tự giác trong học tập

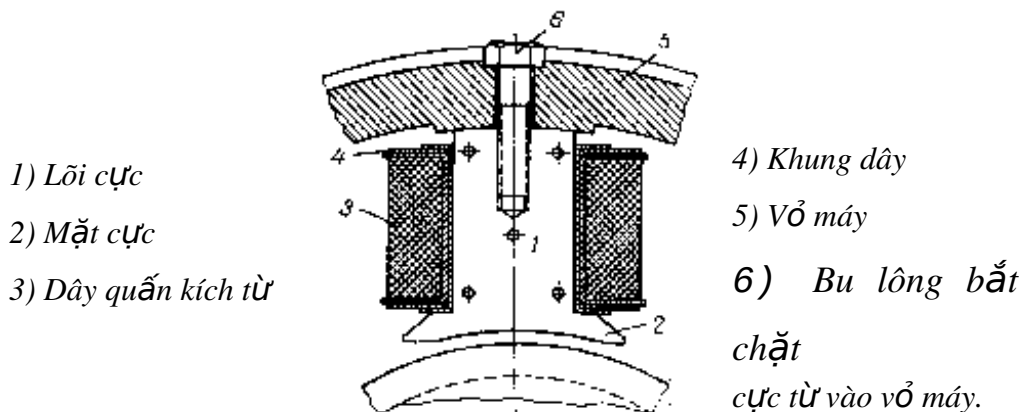
Kết cấu của máy điện một chiều có thể phân làm hai thành phần chính là phần tĩnh và phần quay.

### 5.2.1 Phần tĩnh hay stator:

Đây là phần đứng yên của máy nó gồm các bộ phận chính sau:

#### a. Cực từ chính:

Là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ. Lõi sắt cực từ làm bằng thép lá kỹ thuật điện hay thép các bon dày 0,5 đến 1mm ghép lại bằng đinh tán. Lõi mặt cực từ 2 được kéo dài ra (lõm vào) để tăng thêm đường đi của từ trường. Vành cung của cực từ thường bằng  $2/3$  ( : Bước cực, là khoảng cách giữa hai cực từ liên tiếp nhau). Trên lõi cực có cuộn dây kích từ 3, trong đó có dòng một chiều chạy qua, các dây quấn kích từ được quấn bằng dây đồng mỗi cuộn đều được cách điện kỹ thành một khối, được đặt trên các cực từ và mắc nối nối tiếp với nhau. Cuộn dây được quấn vào khung dây 4, thường làm bằng nhựa hoá học hay giấy bakêlit cách điện. Các cực từ được gắn chặt vào thân máy 5 nhờ những bu lông 6.



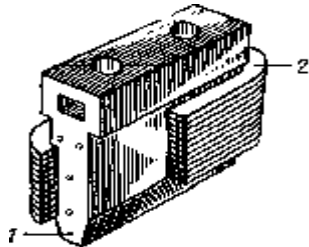
Hình 5.1. Cực từ chính

#### b. Cực từ phụ:

Được đặt giữa cực từ chính dùng để cải thiện đổi chiều, triệt tia lửa trên chổi than. Lõi thép của cực từ phụ cũng có thể làm bằng thép khối, trên



thân cực từ phụ có đặt dây quấn, có cấu tạo giống như dây quấn của cực từ chính. Để mạch từ của cực từ phụ không bị bão hòa thì khe hở của nó với rotor lớn hơn khe hở của cực từ chính với rotor.



Hình 5.2. Cực từ phụ

1) Lõi; 2) Cuộn dây

### c. Vỏ máy (Gông từ):

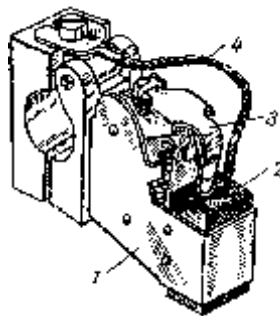
Làm nhiệm vụ kết cấu đồng thời dùng làm mạch từ nối liền các cực từ. Trong máy điện nhỏ và vừa thường dùng thép tấm để uốn và hàn lại. Máy có công suất lớn dùng thép đúc có từ (0,2 - 2)% chất than.

### d. Các bộ phận khác:

- Nắp máy: Để bảo vệ máy khỏi bị những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn. Trong máy điện nhỏ và vừa nắp máy có tác dụng làm giá đỡ ổ bi.
- Cơ cấu chổi than: Để đưa điện từ phần quay ra ngoài hoặc ngược lại.

Hình 5.3. Cơ cấu chổi than

- 1) Hộp chổi than
- 2) Chổi than
- 3) Lò so ép
- 4) Dây cáp dẫn điện



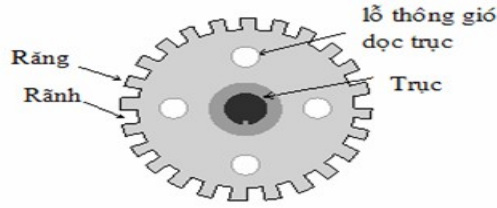
## 5.2.2. Phần quay hay rotor

### a. Lõi sắt phần ứng:

Để dẫn từ thường dùng thép lá kỹ thuật điện dày 0,5 mm có sơn cách điện cách điện hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên. Trên các lá thép có dập các rãnh để đặt dây quấn. Rãnh có thể hình thang, hình quả lê hoặc hình chữ nhật...

Trong các máy lớn lõi thép thường chia thành từng thếp và cách nhau một khoảng hở để làm nguội máy, các khe hở đó gọi là rãnh thông gió ngang trực.

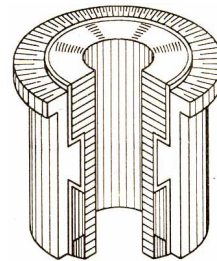
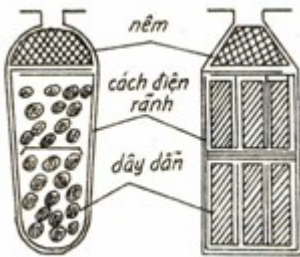
Ngoài ra người ta còn dập các rãnh thông gió dọc trực.



Hình 5.4. Lõi thép phần ứng

### b. Dây quấn phần ứng:

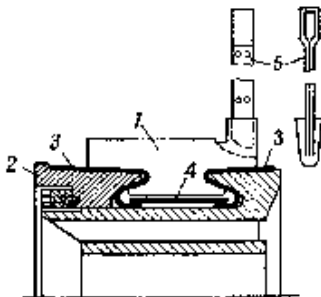
Là phần sinh ra sức điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phần ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ thường dùng dây có tiết diện tròn, trong máy điện vừa và lớn có thể dùng dây tiết diện hình chữ nhật. Dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh và lõi thép. Để tránh cho khi quay bị văng ra ngoài do sức ly tâm, ở miệng rãnh có dùng nêm để đê chặt và phải đai chặt các phần đầu nối dây quấn. Nêm có thể dùng tre gỗ.



Hình 5.5. Mặt cắt rãnh phần ứng      Hình 5.6. Mặt cắt một cổ góp

### c. Cổ góp:

Dây quấn phần ứng được nối ra cổ góp. Cổ góp thường được làm bởi nhiều phiến đồng mỏng được cách điện với nhau bằng những tấm mica có chiều dày 0,4 đến 1,2 mm và hợp thành một hình trụ tròn. Hai đầu trụ tròn dùng hai vành ép hình chữ V ép chặt lại, giữa vành ép và cổ góp có cách điện bằng mica hình V. Đuôi cổ góp cao hơn một ít để hàn các đầu dây của các phần tử dây quấn vào các phiến góp được dễ dàng



Hình 5.7. Hình cắt dọc của cổ góp

**d. Chổi than:** Máy có bao nhiêu cực có bấy nhiêu chổi than. Các chổi than dương được nối chung với nhau để có một cực dương duy nhất. Tương tự đối với các chổi than âm cũng vậy.

**e. Các bộ phận khác:**

- Cánh quạt dùng để quạt gió làm nguội máy.
  - Trục máy, trên đó có đặt lõi thép phần ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi.
- Trục máy thường được làm bằng thép các bon tốt.

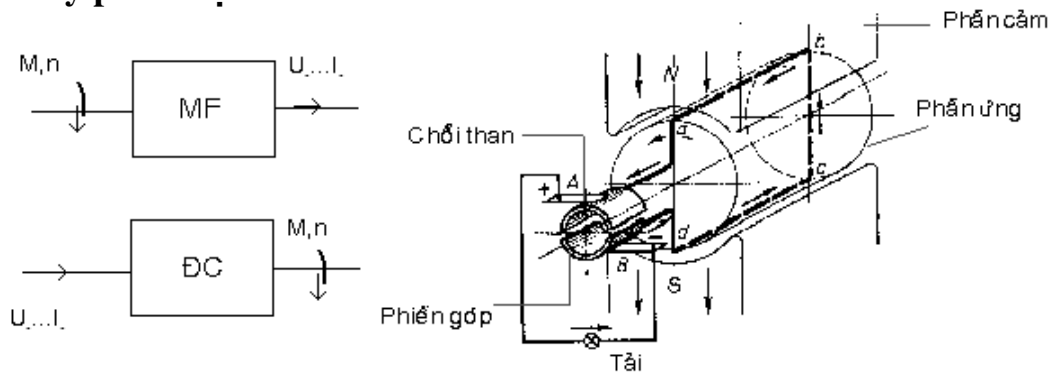
**5.3. Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều**

**Mục tiêu:**

- Phân tích được nguyên lý làm việc của máy điện một chiều
- Có ý thức tự giác trong học tập

Người ta có thể định nghĩa máy điện một chiều như sau: Là một thiết bị điện từ quay, làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ để biến đổi cơ năng thành điện năng một chiều (máy phát điện) hoặc ngược lại để biến đổi điện năng một chiều thành cơ năng trên trục (động cơ điện).

**5.3.1 Máy phát điện:**



Hình 5.8. Sơ đồ nguyên lý máy phát điện một chiều

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 một vận tốc không đổi trong từ trường của hai cực nam châm. Các chổi than A và B đặt cố định và luôn luôn tì sát vào phiến góp. Khi cho khung quay theo định luật cảm ứng điện từ trong thanh dẫn sẽ cảm ứng nên sức điện động theo định luật Faraday ta có:

$$e = B.l.v \quad (5.1)$$

B: Từ cảm nơi thanh dẫn quét qua. (T)

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

V: Tốc độ dài của thanh dẫn (m/s).

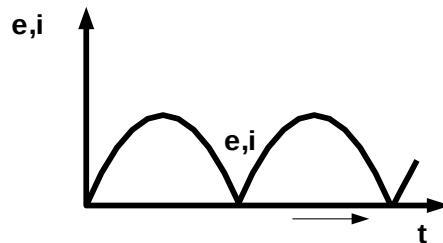
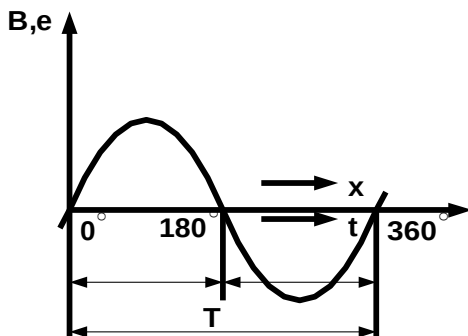
Chiều của sức điện động được xác định theo qui tắc bàn tay phải như vậy theo hình vẽ sức điện động của thanh dẫn cd nằm dưới cực S có chiều đi từ d đến c, còn thanh ab nằm dưới cực N có chiều đi từ b đến a. Nếu mạch

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. Nếu từ cảm B phân bố hình sin thì e biến đổi hình sin dạng sóng sức điện động cảm ứng trong khung dây. Nhưng do chổi than A luôn luôn tiếp xúc với thanh dẫn nằm dưới cực N, chổi than B luôn luôn tiếp xúc với thanh dẫn nằm dưới cực S nên dòng điện mạch ngoài chỉ chạy theo chiều từ A đến B. Nói cách khác sức điện động xoay chiều cảm ứng trong thanh dẫn và dòng điện tương ứng đã được chỉnh lưu thành sức điện động và dòng điện một chiều nhờ hệ thống vành góp và chổi than, dạng sóng sức điện động một chiều ở hai chổi than .

**5.3.2 Động cơ điện**

Nếu ta cho dòng điện một chiều đi vào chổi than A và ra ở B thì do dòng điện chỉ đi vào thanh dẫn dưới cực N và đi ra ở các thanh dẫn nằm dưới cực S, nên dưới tác dụng của từ trường sẽ sinh ra một mô men có chiều không đổi làm cho quay máy. Chiều của lực điện từ được xác định theo qui tắc bàn tay trái. Đó là nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều.

*Các dạng sóng s.đ.đ*



b. S.đ.đ và dòng điện đã được chỉnh lưu nhờ vành góp.

Trong đó:

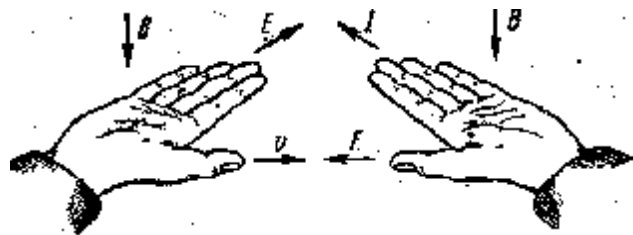
B: Từ cảm

E: Sức điện động cảm

Ứng

I: Dòng điện

F: Lực điện từ



*Qui tắc bàn tay phải và qui tắc bàn tay trái:*

Hình 5.9. Từ cảm hay s.đ.đ hình sin trong khung dây trước chỉnh lưu

**5.4. Từ trường và sức điện động của máy điện một chiều**

**Mục tiêu:**

- *Biết được từ trường trong máy điện một chiều*

- Có ý thức tự giác trong học tập

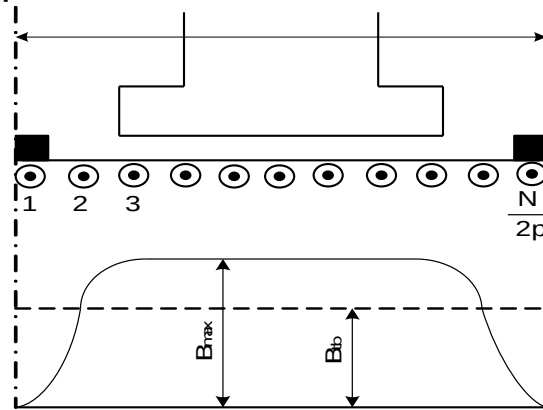
Cho một dòng điện kích thích vào dây quấn kích thích thì trong khe hở sinh ra 1 từ thông . Khi phần ứng quay với 1 tốc độ nhất định nào đó thì trong dây quấn sẽ cảm ứng 1 sức điện động. Sức điện động đó là sức điện động của một mạch nhánh song song và bằng tổng sức điện động cảm ứng của các thanh dẫn nối tiếp trong 1 mạch nhánh đó.

Sức điện động cảm ứng của 1 thanh dẫn:  $e_x = B_x \cdot l \cdot v$  (5.2)

Trong đó:  $B_x$  Từ cảm nơi thanh dẫn x quét qua.

$l$  : Chiều dài tác dụng của thanh dẫn.

$v$ : Tốc độ dài của thanh dẫn.



Hình 5.10. Xác định s.d.t phần ứng

Nếu số thanh dẫn của 1 mạch nhánh là  $\frac{N}{2a}$  thì

$$E_{\phi} = e_1 + \dots + e_{N/2a} = \sum_{x=1}^{N/2a} e_x = \sum_{x=1}^{N/2a} B_x \cdot l \cdot v = B_x \cdot l \cdot v \cdot \sum_{x=1}^{N/2a} 1 \quad (5.3)$$

Nếu số thanh dẫn đủ lớn thì  $B_x$  bằng trị số trung bình  $B_{tb}$  nhân với tổng số thanh dẫn trong 1 mạch nhánh:

$$B_x = \frac{N}{2a} \cdot B_{tb} \text{ nên } E_{\phi} = \frac{N}{2a} B_{tb} l \cdot v = \frac{N}{2a} E_{tb} \quad (5.4)$$

$$v = \frac{D_{\phi} \cdot n}{60} = 2p \cdot \frac{D_{\phi} \cdot n}{2p \cdot 60} = \frac{2p \cdot n}{60} \quad (5.5)$$

Với  $v$ : tốc độ dài của phần ứng.

từ thông dưới mỗi cực từ trong khe hở không khí:  $\Phi = B \cdot l \cdot \dots$  (5.6)

Từ đó:  $E_{\phi} = \frac{N}{2a} B_{tb} \cdot l \cdot \frac{2p \cdot n}{60} = \frac{pN}{60a} \cdot n$  (5.7)

Trong đó:  $p$ : Số đôi cực từ kích thích

$N$  Tổng số thanh dẫn của phần ứng

n: Tốc độ quay của phần ứng (vòng/phút)

a: Số đôi mạch nhánh song song

Đặt:  $C_E = \frac{pn}{60a}$ : Hệ số kết cấu của máy điện.

Ta có  $E_U = C_E \cdot n$  (5.8)

### 5.5. Công suất và mômen điện từ của máy điện một chiều

#### Mục tiêu:

- Biết được các loại công suất và mô men của máy điện một chiều
- Áp dụng tính toán với máy điện xoay chiều
- Có ý thức tự giác trong học tập

Khi máy điện làm việc, trong dây quấn phần ứng sẽ có dòng điện chạy qua. Tác dụng của từ trường lên dây dẫn có dòng điện sẽ sinh ra mômen điện từ trên trục máy. Theo định luật Faraday, lực điện từ tác dụng nên thanh dẫn mang dòng điện là:  $F = B \cdot i_U \cdot l$  (5.9)

Trong đó:

B: Từ cảm nơi thanh dẫn quyết qua

$i_U$ : Dòng điện trong thanh dẫn

l: Chiều dài tác dụng của thanh dẫn

Với  $i_u = \frac{I_u}{2a}$

$I_U$ : Dòng điện phần ứng; N: Tổng số thanh dẫn của phần ứng

$D_U$ : Đường kính ngoài của phần ứng

Thì mô men điện từ của máy điện một chiều là:  $M_{đt} = f \cdot N \cdot \frac{D_U}{2}$ ;

$$M_{dt} = B_u \frac{I_u}{2a} \cdot N \cdot \frac{D_u}{2}$$

$$B = \frac{f \cdot I}{l}; D_U = \frac{2p}{\dots}$$

Thay vào công thức tính mô men điện từ ta được:

$$M_{dt} = \frac{pN}{2a} \cdot I_u \cdot (Nm) \quad (5.10)$$

Trong đó: tính bằng weber (wb),  $I_U$  tính bằng Ampe (A)

Nếu chia hai vế của biểu thức trên cho 9,81 thì  $M_{đt}$  tính bằng Nm

Đặt:  $C_E = \frac{pn}{60a}$  hệ số kết cấu máy

Ta có:  $M_{đt} = C_M \cdot I_U$  (5.11)

Công suất điện từ của máy điện một chiều:  $P_{đt} = M_{đt} \cdot \omega$  với  $\omega = \frac{2 \cdot n}{60}$

Với n tính bằng vòng /phút.

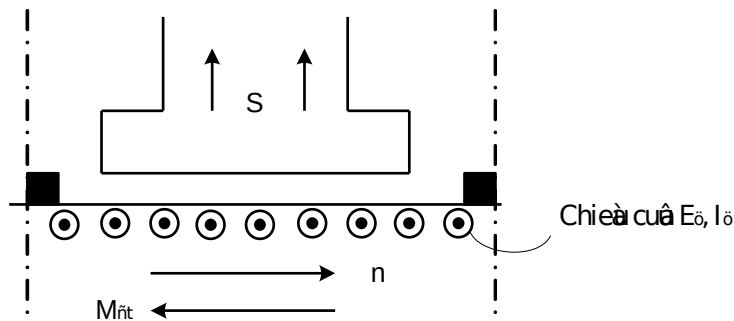
Thay vào biểu thức tính  $P_{đt}$  ta có  $P_{đt} = \frac{pN}{2a} \cdot I_u \cdot \frac{2 \cdot n}{60}$ ,  $P_{đt} = E_U I_U$  (5.12)

Trong đó:  $E_U$  tính bằng volt (V)

$I_U$  tính bằng Ampe (A)

Máy điện 1 chiều có thể làm việc ở hai chế độ:

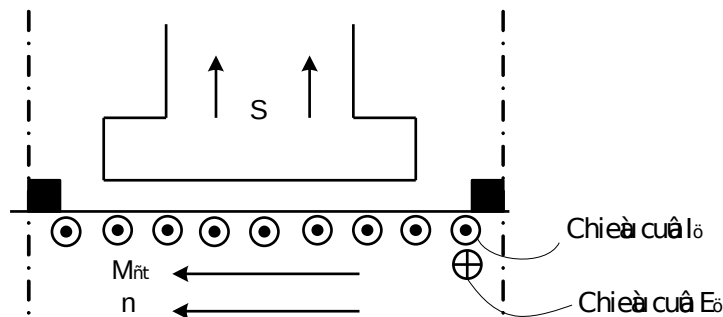
– Đối với máy phát điện:  $M_{đt}$  ngược với chiều quay của máy nên khi máy cung cấp cho tải càng lớn thì công suất cơ cung cấp cho máy phải càng tăng vì  $M_{đt}$  luôn có chiều ngược với chiều quay của phần ứng.



Hình 5.11. Xác định  $E_U$  và  $M_{đt}$  trong máy phát điện một chiều.

Chiều của  $E_U$ ,  $I_U$  phụ thuộc vào chiều của  $\omega$  và n, được xác định bằng qui tắc bàn tay phải. Chiều của  $M_{đt}$  xác định bằng qui tắc bàn tay trái.

- Đối với động cơ điện khi cho dòng điện vào phần ứng thì dưới tác dụng của từ trường, trong dây quấn sẽ sinh ra 1  $M_{đt}$  kéo máy quay, vì vậy chiều quay của máy cùng chiều  $M_{đt}$ .



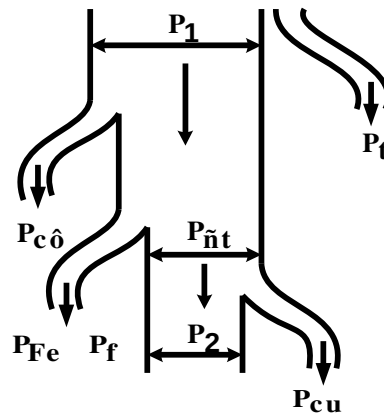
Hình 5.12. Xác định  $E_U$  và  $M_{đt}$  trong động cơ điện một chiều.

### Quá trình năng lượng trong máy điện DC và các phương trình cân bằng

### a. Máy phát điện:

Ta hãy xét quá trình biến đổi năng lượng. Ví dụ như của máy phát điện một chiều kích thích độc lập được quay với tốc độ  $n$ . Khi kích thích độc lập thì tổn hao trong mạch kích thích không tính vào công suất  $P_1$  đưa từ động cơ sơ cấp vào máy phát điện. Khi biến đổi năng lượng 1 phần  $P_1$  tiêu phí vào các tổn hao  $p_{c\sigma}$ ,  $p_{Fe}$ ,  $p_f$  và phần còn lại biến thành năng lượng điện từ, do đó:

$$P_{dt} = E_U \cdot I_U = P_1 - (p_{c\sigma} + p_{Fe} + p_f) \quad (5.13)$$



Hình 5.13. Giảm đồ năng lượng của máy phát điện 1 chiều

Công suất có ích  $P_2 = U \cdot I_U$  do máy phát điện đưa vào lưới nhỏ hơn  $P_{dt}$  một trị số bằng tổn hao đồng trong máy:

$$P_2 = P_{dt} - P_{cu} = E_U \cdot I_U - R_U \cdot I_U^2 = U \cdot I_U \quad (5.14)$$

Chia 2 vế trên cho  $I_U$  ta có:

$$U = E_U - I_U \cdot R_U \quad (5.15)$$

Đó là phương trình cân bằng sức điện động của máy phát điện.

Giảm đồ năng lượng của máy phát điện 1 chiều:

$$\text{Ta có thể viết công thức: } P_1 = P_{dt} + P_0 \quad (5.16)$$

$$\text{Hay } M_1 = M_{dt} + M_0.$$

Chia 2 vế cho

$$M_1 = M_{dt} + M_0 \quad (5.17)$$

Đó là phương trình cân bằng môment của máy phát điện 1 chiều với  $M_1$ : Môment cơ đưa vào trục MF điện;  $M_{dt}$ : môment điện từ phát ra của máy phát.

### b. Động cơ điện:

Xét 1 động cơ điện 1 chiều kích thích song song làm việc ở  $n$ . Công suất điện mà động cơ nhận từ lưới vào.  $P_1 = U(I_u + I_t)$ .



Một phần công suất đó bù vào tổn hao đồng trên mạch kín từ:  $P_t = U \cdot I_t$  và tổn hao trên mạch phần ứng  $P_{cu\phi}$  còn phần lớn chuyển thành  $P_{dt}$

$$P_1 - P_{dt} - P_{cu\phi} - P_{cut} = P_{dt} \quad P_1 - P_{cu\phi} - P_{cut} \quad (5.18)$$

$$P_2 - P_{dt} - P_{cu} - P_{Fe} = P_1 \quad (5.19)$$

Ta có:

$$U \cdot I_U = U \cdot (I_U + I_t) - U \cdot I_t - I_u^2 \cdot R_U = U \cdot I_U - I_u^2 \cdot R_U \quad (5.20)$$

Đó là phương trình cân bằng sđđ của động cơ điện 1 chiều.

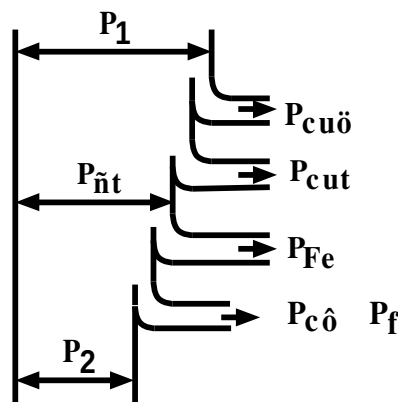
Phương trình cân bằng môment xuất phát từ:

$$P_2 - P_{dt} = P_0$$

$$M_2 - M_{dt} = M_0$$

$$M_2 - M_{ut} = M_0$$

(5.21)



Hình 5.14. Giảm đồ năng lượng của động cơ điện 1 chiều

Đó là phương

trình cân bằng môment của động cơ điện 1 chiều.

$M_2$ : Môment đưa ra đầu trục.

$M_0$ : Môment không tải.

$M_{dt}$ : Môment điện từ.

**Ví dụ 5.1** : Một máy phát điện một chiều lúc quay không tải ở tốc độ  $n_0 = 1000$  V/ph thì s.đ.đ phát ra  $E_0 = 222$  V. Hỏi lúc không tải muốn phát ra s.đ.đ định mức  $E_{0dm} = 220$  V thì tốc độ  $n_{0dm}$  phải bằng bao nhiêu khi giữ dòng điện kích từ không đổi ?

**Giải**

Giữ dòng điện kích từ không đổi nghĩa là từ thông không đổi.

Theo công thức tính s.đ.đ, ta có:

$$\frac{E_0}{E_{0dm}} = \frac{C_E \cdot n_0}{C_E \cdot n_{0dm}} = \frac{n_0}{n_{0dm}}$$

Do đó khi  $E_{0dm} = 220$  V, tốc độ tương ứng sẽ là:

$$n_{0dm} = n_0 \frac{E_{0dm}}{E_0} = 1000 \frac{220}{222} = 990 \text{ v/p}$$

**Thí dụ 5.2.** Một động cơ điện một chiều kích thích song song công suất định mức  $P_{đm} = 5,5 \text{ kW}$ ,  $U_{đm} = 110 \text{ V}$ ,  $I_{đm} = 58 \text{ A}$  tổng dòng điện đưa vào bao gồm dòng điện phần ứng  $I_U$  và kích từ  $I_t$ ,  $n_{đm} = 1470 \text{ V/ph}$ . Điện trở phần ứng  $R_U = 0,15 \Omega$ , điện trở mạch kích từ  $r_t = 137 \Omega$ , điện áp rơi trên chổi than  $U_{tx} = 2 \text{ V}$ . Hỏi s.d.đ phần ứng, mômen điện từ của động cơ.

**Giải**

$$\text{Dòng điện kích từ: } I_t = \frac{U}{r_t} = \frac{110}{137} = 0,8 \text{ A}$$

$$\text{Dòng điện phần ứng: } I_U = I_{dm} - I_t = 58 - 0,8 = 57,2 \text{ A}$$

Sđđ phần ứng:

$$E_U = U - I_U \cdot R_U - 2 \cdot U_{tx} = 110 - (57,2 \cdot 0,15) - 2 = 99,4 \text{ V}$$

Môment điện từ:

$$M = \frac{E_U \cdot I_U}{2 \cdot n} = \frac{99,4 \times 57,2}{2 \times 1470} = 36,9 \text{ Nm}$$

Nếu tính ra kGm thì:

$$M = \frac{36,9}{9,81} = 3,76 \text{ kG.m}$$

## 5.6. Tia lửa điện trên cổ góp và biện pháp khắc phục

**Mục tiêu:**

- Phân tích được nguyên nhân, tác hại, cách khắc phục với tia lửa điện ở cổ góp của máy điện một chiều
- Áp dụng vào thực tế
- Có ý thức tự giác trong học tập

Khi máy làm việc suất hiện tia lửa điện giữa chổi than và cổ góp ảnh hưởng không tốt cho máy điện.

Nguyên nhân chính là do:

- Sự tiếp xúc giữa chổi than và cổ góp không tốt.
- Khi roto quay có sự chuyển mạch giữa các nhánh khi đó xuất hiện sức điện động tự cảm và hồi cảm, do có sự chuyển động tương đối giữa các phần tử đổi chiều và các phần tử khác gây ra. Sức điện động do từ trường phần ứng gây ra

Để khắc phục ta loại trừ nguyên nhân cơ khí, và giảm sức điện động trên và dùng cực từ phụ và day quấn bù để tạo lean phần tử đổi chiều sdd.

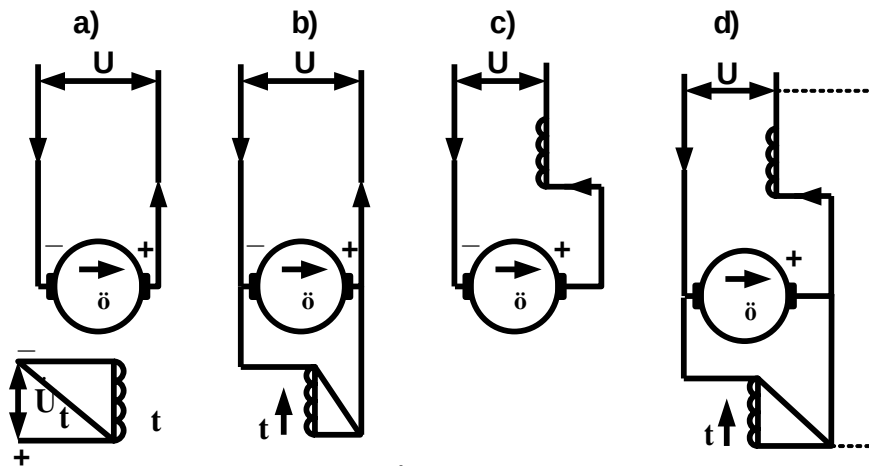
## 5.7. Máy phát điện một chiều

### Mục tiêu:

- Biết được khái niệm cơ bản về máy phát điện một chiều
- Phân biệt được máy phát với động cơ điện một chiều
- Có ý thức tự giác trong học tập

Trên thực tế các trạm phát điện hiện đại chỉ phát ra điện năng xoay chiều 3 pha, phần lớn năng lượng đó được dùng dưới dạng điện xoay chiều trong công nghiệp, để thắp sáng và dùng cho các nhu cầu trong đời sống. Trong những trường hợp hợp do điều kiện sản xuất bắt buộc phải dùng điện 1 chiều (xí nghiệp hóa học, công luyện kim, giao thông vận tải) thì người ta thường biến điện xoay chiều thành một chiều nhờ các bộ chỉnh lưu hoặc chỉnh lưu kiểu máy điện, cách thứ hai là dùng máy phát điện một chiều để là nguồn điện một chiều. Phân loại các máy phát điện một chiều theo phương pháp kích thích. Chúng được chia thành:

- a. Máy phát điện một chiều kích thích độc lập, b. Máy phát điện một chiều tự kích - Máy phát điện một chiều kích thích độc lập gồm:
- + Máy phát DC kích thích bằng điện từ: dùng nguồn DC, ắc quy.



Hình 5.15. Sơ đồ nguyên lý MFD DC

- + Máy phát điện một chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu.
- Theo cách nối dây quấn kích thích, các máy phát điện một chiều tự kích được chia thành:
  - + Máy phát điện một chiều kích thích song song
  - + Máy phát điện một chiều kích thích nối tiếp
  - + Máy phát điện một chiều kích thích hỗn hợp

## 5.8. Động cơ điện một chiều

### Mục tiêu:

- Biết được khái niệm cơ bản về động cơ điện một chiều

- Phân biệt được máy phát với động cơ điện một chiều
- Biết được tính chất thuận nghịch của máy điện
- Có ý thức tự giác trong học tập

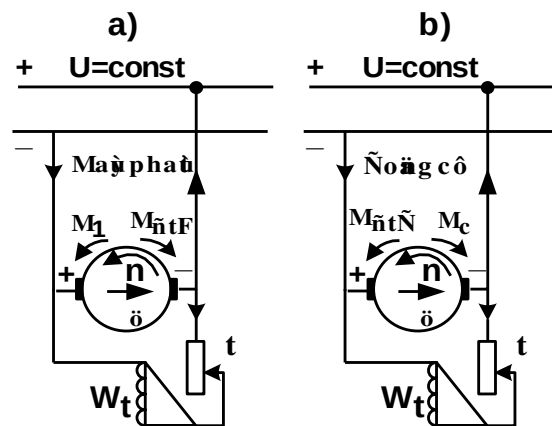
Động cơ điện một chiều được dùng rất phổ biến trong công nghiệp, giao thông vận tải và nói chung ở các thiết bị cần điều chỉnh tốc độ quay liên tục trong một phạm vi rộng rãi.

### Nguyên tắc nghịch đảo của các máy điện:

Giả sử máy đang làm việc ở chế độ máy phát trên lưới điện có  $U = \text{const}$  và sinh ra  $M_{đt}$  là mô men hãm đối với mô men quay  $M_1$  của động cơ sơ cấp kéo máy phát. Lúc đó, dòng điện phần ứng của máy phát:

$$I_{\phi} = \frac{E_u - U}{R_u} \quad (5.22)$$

Nếu giảm  $E_u$  hoặc  $n$  của máy phát thì s.đ.đ của nó sẽ giảm. Khi giảm một cách thích đáng với  $E_u < U$ . Lúc đó  $I_{\phi}$  sẽ đổi dấu và có chiều ngược với chiều ban đầu. Nhưng vì  $U = \text{const}$  nên chiều của  $I_t$  trong dây quấn kích thích hay là tên của các cực từ chính sẽ không đổi. Như vậy  $M_{đt}$  sẽ đổi dấu và máy chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ. Tách động cơ sơ cấp kéo máy phát điện ra ta có động cơ điện một chiều. Trong quá trình chuyển đổi như vậy, trên trục máy có 2 động cơ: Động cơ sơ cấp và động cơ điện một chiều có thể gây ra hư hỏng cho bộ máy. Cho nên trong sơ đồ của các máy phát điện khi làm việc song song đều có khí cụ điện tự động cắt máy phát điện ra khỏi lưới điện khi dòng điện của máy phát điện đổi chiều.

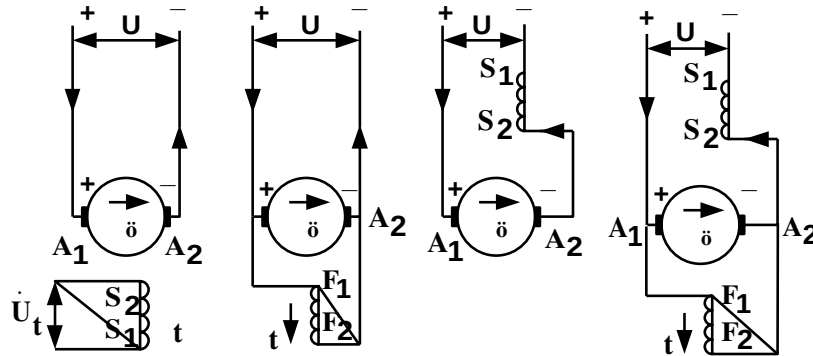


Hình 5.16. Chuyển đổi máy điện một chiều kích thích song song từ chế độ máy phát sang chế độ động cơ

### Phân loại các động cơ điện một chiều:

Cũng như máy phát điện, động cơ điện một chiều được phân loại theo cách kích thích thành các động cơ điện một chiều kích thích độc lập, kích thích song song, kích thích nối tiếp và kích thích hỗn hợp. Ở động cơ điện một

chiều kích thích độc lập  $I_U = I$ ; ở động cơ điện một chiều kích thích song song và hỗn hợp  $I = I_U + I_t$ ; ở động cơ điện kích thích nối tiếp  $I = I_U = I_t$ .



Hình 5.17. Sơ đồ nguyên lý các động cơ điện một chiều

### Mở máy động cơ điện một chiều

Quá trình mở máy là quá trình đưa tốc độ động cơ điện từ  $n=0$  đến tốc độ  $n=n_{đm}$ .

Yêu cầu khi mở máy:

- Dòng điện mở máy ( $I_{mm}$ ) phải được hạn chế đến mức thấp nhất.
- Moment mở máy ( $M_{mm}$ ) phải đủ lớn.
- Thời gian mở máy phải nhỏ.
- Biện pháp và thiết bị mở máy phải đơn giản vận hành chắc chắn.

Từ các yêu cầu trên chúng ta có các phương pháp mở máy sau đây:

- Mở máy trực tiếp ( $U = U_{đm}$ ).
- Mở máy bằng biến trở.
- Mở máy bằng điện áp thấp đặt vào phần ứng ( $U < U_{đm}$ ).

Trong tất cả mọi trường hợp khi mở máy bao giờ cũng phải bảo đảm từ thông  $\Phi = \Phi_{đm}$  nghĩa là biến trở mạch kích từ  $R_{đc}$  phải ở trị số nhỏ nhất để sau khi đóng điện, động cơ được kích thích tối đa và lớn nhất. Phải đảm bảo không để đứt mạch kích thích vì trong trường hợp đó  $\Phi = 0$ ,  $M = 0$  động cơ không quay được và do đó sức phản điện động  $E_U = 0$   $I_U = U/R_U$  rất lớn làm cháy dây quấn và vành góp.

Muốn đổi chiều quay của động cơ có thể dùng một trong hai phương pháp hoặc đổi chiều dòng điện phần ứng  $I_U$  hoặc đổi chiều dòng điện kích thích  $I_t$ . Thông thường trên thực tế chỉ đổi chiều  $I_U$  vì dây quấn kích từ có nhiều vòng dây nên hệ số tự cảm  $L_t$  rất lớn và sự thay đổi  $I_t$  dẫn đến sự thay đổi s.d.đ tự cảm rất lớn gây ra điện áp đánh thủng cách điện của dây quấn.

**Mở máy trực tiếp:**

Phương pháp này được thực hiện bằng cách đóng thẳng động cơ vào nguồn điện với điện áp định mức. Như vậy ngay lúc khởi động rotor chưa quay  $n=0$  nên  $E_U = 0$  và

$$I_u = I_{mm} \frac{U_{đm} E_u}{R_u} \frac{U_{um}}{R_{\sigma}} \quad (5.23)$$

Trong thực tế  $R_U = 0,02 \dots 0,1 = I_{đm} \cdot R_U / U_{đm}$  nên với điện áp định mức  $U = 1$  thì dòng  $I_U$  sẽ rất lớn:

$$I_U = I_{đm} = (50 \dots 10) I_{đm} \quad \text{hay} \quad I_{mm} / I_{đm} = I_{mm} = 50 \dots 10$$

Dòng điện mở máy quá lớn làm hư hỏng cổ góp, xung lực trên trục làm hư hỏng trục máy. Nên phương pháp này chỉ áp dụng đối với những động cơ công suất nhỏ khoảng vài trăm watt trở xuống vì cỡ công suất này máy có  $R_U$  lớn. Do đó khi mở máy  $I_U = I_{mm} \dots (4 \dots 6) I_{đm}$ .

**Mở máy nhờ biến trở:**

Để tránh nguy hiểm cho động cơ người ta phải giảm dòng điện mở máy  $I_{mm}$  bằng cách nối biến trở mở máy  $R_{mm}$  với phần ứng. Dòng điện phần

$$\text{ứng của động cơ được tính theo biểu thức: } I_u = \frac{U_{um} E_u}{R_u R_{mmi}} \quad (5.24)$$

Trong đó:  $i$  là chỉ thứ bậc của các bậc điện trở. Trước khi mở máy phải để  $R_{mmmax}, R_{đcmin}$ .

**Mở máy bằng điện áp thấp:  $U_{mm} < U_{đm}$** 

Trong các thiết bị công suất lớn, biến trở mở máy rất cồng kềnh và đưa lại năng lượng tổn hao lớn, nhất là khi phải mở máy luôn. Nên trong một số thiết bị người ta dùng mở máy không biến trở bằng cách hạ điện áp đặt vào động cơ lúc mở máy.

Dùng tổ máy phát - động cơ nguồn điện áp có thể điều chỉnh được của máy phát cung cấp cho phần ứng của động cơ, trong khi đó mạch kích thích của máy phát và động cơ phải được đặt dưới 1 điện áp độc lập khác. Phương pháp này chỉ áp dụng cho động cơ kích từ độc lập. Thường được kết hợp với điều chỉnh  $n$ .

**5.9. Dây quấn phần ứng máy điện một chiều****Mục tiêu:**

- phân tích được sơ đồ dây quấn trong máy điện một chiều
- Vẽ được sơ đồ
- Tính toán được dây quấn ở máy điện DC
- Có ý thức tự giác trong học tập

Đây là phần dây quấn đặt trong các rãnh của lõi thép phần ứng, nó có thể có 1 hoặc nhiều mạch vòng kín. Dây quấn phần ứng là bộ phận tham gia trực tiếp quá trình biến đổi năng lượng điện từ trong máy và chiếm tỷ giá đáng kể của giá thành máy.

Yêu cầu đối với dây quấn phần ứng:

- Sinh ra được S.đ.đ cần thiết, cho  $I_{dm}$  đi qua lâu dài mà không phát nóng quá mức cho phép. Sinh ra được mômen đủ lớn và đổi chiều tốt.
- Tiết kiệm được vật liệu, kết cấu đơn giản, làm việc tin cậy và an toàn.

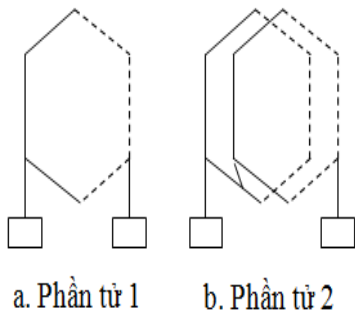
### 5.9.1. Các khái niệm và biểu thức cơ bản

#### a. Phần tử dây quấn

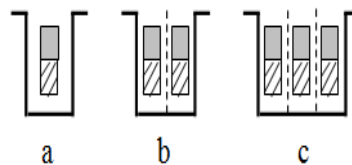
Gồm 1 hoặc nhiều bố dây có hai đầu được nối đến hai phiến góp.

Phần tử dây quấn được gọi là (S). Mỗi phần tử luôn có 2 cạnh tác dụng (một cạnh ở lớp trên và 1 cạnh ở lớp dưới; Hình 5.18).

Các phần tử được nối với nhau thông qua các phiến góp để tạo thành mạch kín. Do vậy mối quan hệ giữa số phần tử và số phiến góp là:  $S = G$ . (G: là số phiến góp).



Hình 5.18 phần tử dây



- a. Rãnh thật gồm 1 rãnh nguyên tố;  
b. Rãnh thật gồm 2 rãnh nguyên tố

Hình 5.19 Rãnh thật và rãnh nguyên tố

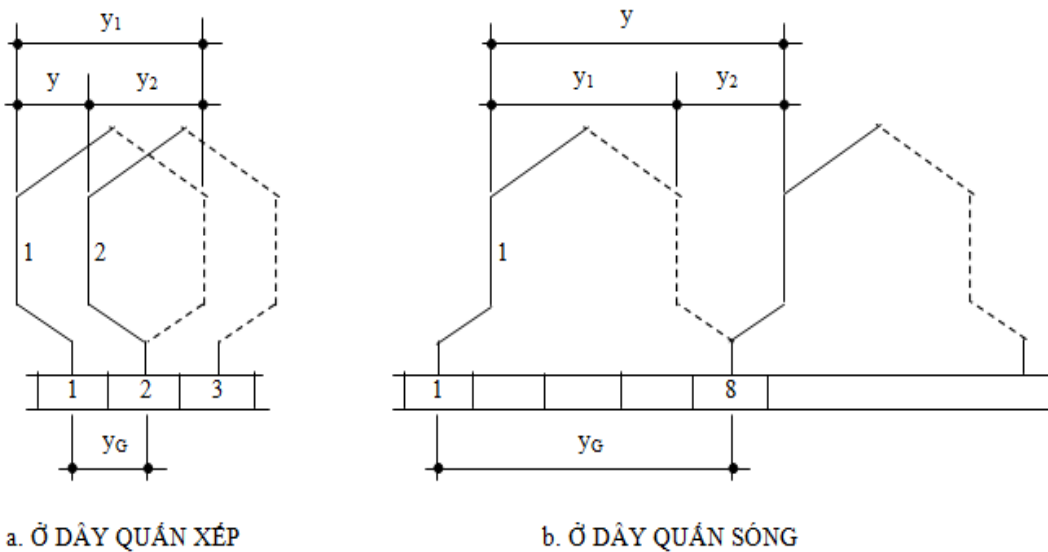
#### b. Rãnh thật và rãnh nguyên tố

- Rãnh thật: Là số rãnh nhìn thấy được, đếm được trên lõi thép của máy.
- Rãnh nguyên tố:
- Nếu trong một rãnh thật chỉ có 2 cạnh tác dụng: 1 cạnh ở lớp trên, 1 cạnh ở lớp dưới thì rãnh thật đó gọi là rãnh nguyên tố (Hình 5.19).
- Còn nếu trong 1 rãnh thật có chứa: 4,6,8 cạnh tác dụng thì rãnh thật đó được chia thành 2,3,4 rãnh nguyên tố.
- Từ các cơ sở trên, ta có:  $Z_{nt} = S = G$ .

#### c. Các bước dây quấn

- ước dây quấn thứ nhất ( $y_1$ ): Là khoảng cách giữa 2 cạnh tác dụng của cùng 1 phần tử, được tính bằng số rãnh nguyên tố.
- Bước dây quấn thứ hai ( $y_2$ ): Là khoảng giữa cạnh tác dụng trước của phần tử sau và cạnh tác dụng sau của phần tử trước liên tiếp cũng được tính bằng rãnh nguyên tố.
- Bước dây quấn tổng hợp ( $y$ ): Là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng tương ứng của 2 phần tử liên tiếp.
- Bước vành góp ( $y_G$ ): Là khoảng cách trên vành góp nơi mà có 2 cạnh tác dụng của cùng 1 phần tử được nối vào.

Các bước dây quấn được biểu diễn trên hình 5.20.



Hình 5.20 Các bước dây quấn sóng

### 5.9.2 Vẽ sơ đồ dây quấn xếp đơn

Bước 1: Xác định các bước dây quấn

$$\text{Bước dây quấn thứ nhất: } y_1 = \frac{Z_m}{2p} \quad (5.25) \text{ Là số nguyên}$$

= 0: Dây quấn bước đủ

< 0: Dây quấn bước ngắn

> 0: Dây quấn bước dài



+

Bước dây quấn tổng hợp:  $y = y_G = 1$  (5.26)

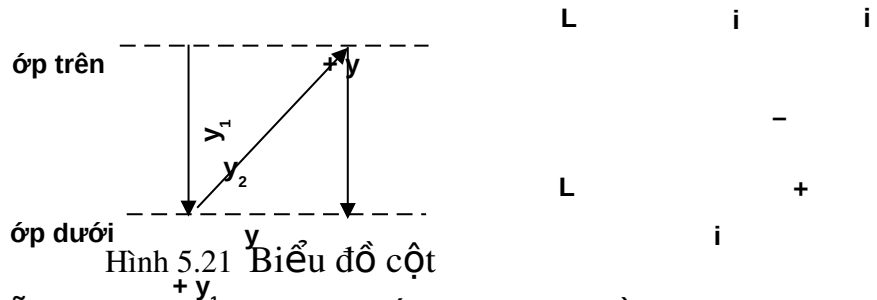
$y = y_G = 1$ : Dây quấn phải

$y = y_G = -1$ : Dây quấn trái

Bước dây quấn thứ hai:  $y_2 = y_1 - y$  (5.27)

Bước 2: Vẽ biểu đồ cột

Biểu đồ cột được biểu diễn dưới dạng các mũi tên; Mỗi phần tử dây quấn là một mũi tên.



Hình 5.21 Biểu đồ cột

Đuôi mũi tên biểu diễn cho cạnh tác dụng lớp trên, còn đầu là cạnh tác dụng lớp dưới.

Trên biểu đồ cột thể hiện cách nối dây các phần tử với nhau như hình 5.21.

Bước 3: Vẽ sơ đồ khai triển

Căn cứ vào biểu đồ cột, tiến hành vẽ sơ đồ khai triển. Sau đó xác định vị trí cực từ, chổi than để hoàn thiện sơ đồ.

Ví dụ 5.3: Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp đơn;  $Z_{nt} = S = G = 16$ ;  $2p = 4$ .

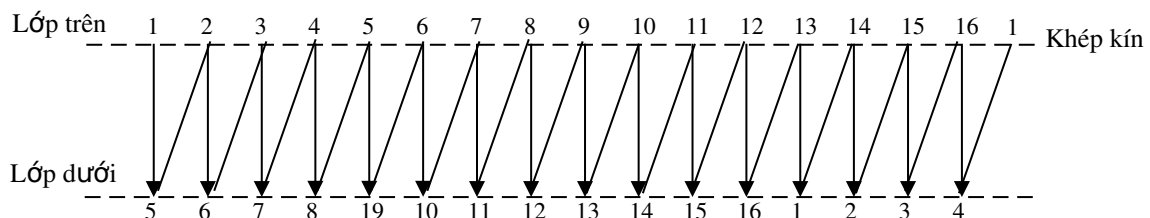
Giải: Tính được:

$$y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} = \frac{16}{4} = 4 \text{ rãnh; (dây quấn bước đủ)}$$

$$y = y_G = 1 \text{ rãnh (chọn dây quấn phải);}$$

$$y_2 = y_1 - y = 4 - 1 = 3 \text{ rãnh;}$$

Vẽ biểu đồ cột:



HÌNH 5.22 BIỂU ĐỒ CỘT;  $Z_{nt} = 16$ ;  $2p = 4$

Sơ đồ cột được biểu diễn như hình 5.22.

Sơ đồ khai triển như hình 5.23.

Nhân xét:

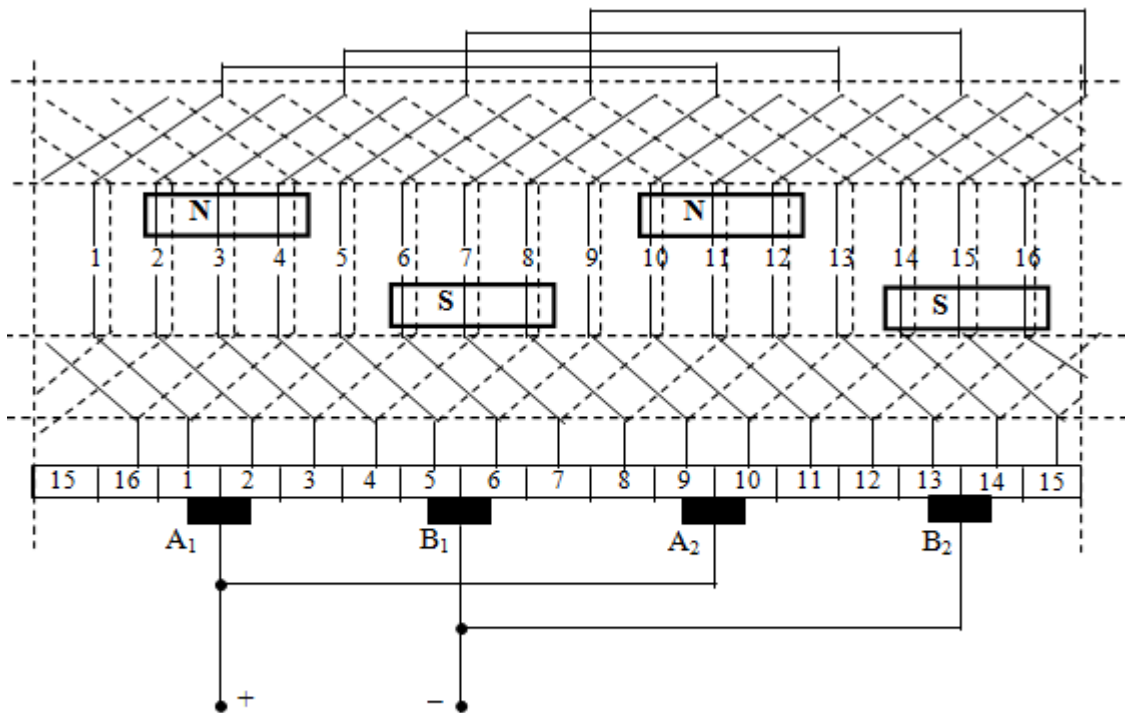
Nhìn vào sơ đồ khai triển; Tại mỗi thời điểm (khi rotor quay) các phần tử luôn thay đổi vị trí. Nhưng chúng luôn bao gồm một mạch điện có 4 nhánh đấu song song nhau.

Mặt khác, ta lại có: số cực từ của máy  $2p = 4$ .

Như vậy: Ở dây quấn xếp đơn ta luôn có “số đôi mạch nhánh song song luôn bằng số đôi cực từ”

$$2p = 2a, \text{ hay } p = a \quad (5.28)$$

a: Là số đôi mạch nhánh song song.



HÌNH 5.23 SƠ ĐỒ KHAI TRIỂN;  $Z_m = 16$ ;  $2p = 4$

Dùng đa giác sức điện động nghiên cứu dây quấn phân ứng

Phương pháp này dựa trên cơ sở:

Mỗi phần tử được biểu diễn bằng 1 vector sức điện động. Hai phần tử cạnh nhau sẽ lệch nhau 1 góc điện nào đó.

Căn cứ vào góc lệch điện này sẽ vẽ được hình tia sức điện động.

Từ biểu đồ hình tia sức điện động kết hợp biểu đồ cột, tiến hành nối các phần tử lại với nhau sẽ được đa giác sức điện động.

Các bước được tiến hành

- Tính góc lệch điện giữa 2 rãnh kề nhau:  $\alpha = \frac{p \cdot 360}{Z_m}$ ; (5.29)

- Vẽ biểu đồ hình tia sức điện động;

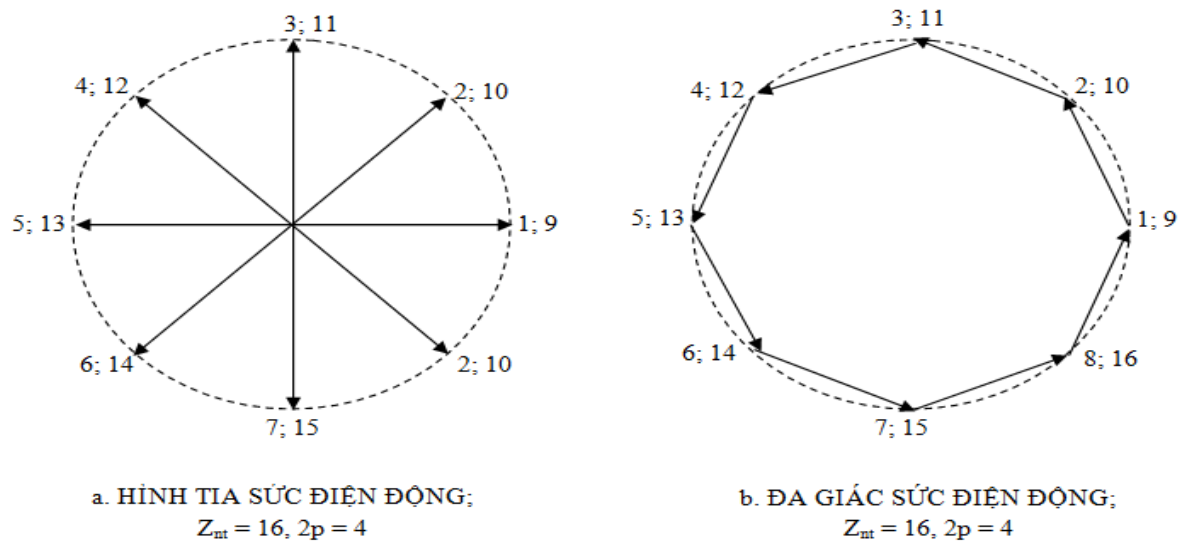
- Vẽ đa giác sức điện động:

Ví dụ 5.4: Vẽ hình tia và đa giác sức điện động cho ví dụ 5.4.

Giải:

Tính được:  $\alpha = \frac{p \cdot 360}{Z_m} = \frac{2 \cdot 360}{16} = 45^\circ$  điện;

Hình tia và đa giác sức điện động được biểu diễn như hình 5.24.



HÌNH 5.24 HÌNH TIA & ĐA GIÁC SỨC ĐIỆN ĐỘNG;  $Z_m = 16, 2p = 4$

### Nhận xét:

Theo hình 4.24 ta có 2 đa giác sức điện động trùng nhau. Mặt khác ở ví dụ này ta có  $2p = 4$   $p = 2$  số đa giác số đôi mạch nhánh song song.

Nếu module của các vector sức điện động bằng nhau thì đa giác sẽ khép kín. Điều này có nghĩa là sức điện động tạo ra trong từng phần tử là cân bằng nhau và sức điện động tổng trong mạch triệt tiêu; Đây là điều mà người ta luôn hướng đến.

Trên đa giác có những phần tử trùng nhau (1 và 9; 2 và 10 ...). Đây chính là những điểm cân bằng điện thế.

**Kết luận:** Ở dây quấn xếp đơn luôn có:

- Số đa giác sức điện động chính là số đôi cực từ và số đôi mạch nhánh song song.
- Nếu đa giác sẽ khép kín thì sức điện động tổng trong mạch phần ứng triệt tiêu; Trong điều kiện làm việc bình thường sẽ giảm thiểu được tia lửa sinh ra (do quá trình đổi chiều).
- Các điểm trùng nhau trên đa giác là các điểm cân bằng điện thế. Đây là cơ sở để thực hiện dây nối đẳng thế.

Dây cân bằng điện thế

Dây cân bằng điện thế có tác dụng cải thiện đổi chiều. Nó sẽ làm giảm sự bất cân bằng về sức điện động sinh ra trong các phần tử.

Dây cân bằng điện thế được thực hiện bằng cách: Nối khoảng  $\frac{1}{4}$  đến  $\frac{1}{3}$  các điểm cân bằng điện thế trên sơ đồ khai triển lại với nhau. Tiết diện của dây nối đẳng thế nhỏ hơn dây quấn phần ứng từ 1 đến 2 cấp.

Dây nối đẳng thế được thực hiện như trên hình 5.23.

Vấn đề cân bằng động rotor

Sau quá trình thi công bộ dây quấn, khối lượng rotor thường không cân bằng về khối lượng. Vấn đề này sẽ làm quá trình đổi chiều xấu đi.

**Để khắc phục, người ta thường khoan một số lỗ bất kỳ trên bề mặt rotor ở phần có khối lượng nặng hơn.**

### 5.9.3. Vẽ sơ đồ dây quấn sóng đơn

Bước 1: Xác định các bước dây quấn

$$\text{- Bước dây quấn thứ nhất: } y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} \quad (5.30) \text{ Là số nguyên;}$$

= 0: Dây quấn bước đủ;

< 0: Dây quấn bước ngắn;

> 0: Dây quấn bước dài;

$$\text{- Bước dây quấn tổng hợp: } y = y_G = \frac{G-1}{p} \quad (5.31)$$

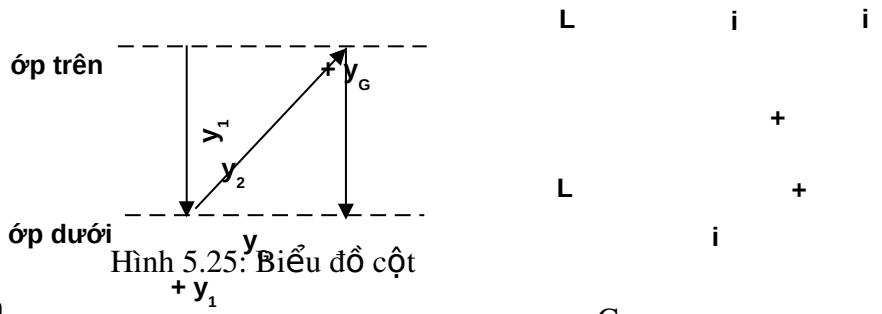
$y = y_G = \frac{G-1}{p}$ : Dây quấn phải;

$y = y_G = \frac{G-1}{p}$ : Dây quấn trái (thường dùng);

$$\text{- Bước dây quấn thứ hai: } y_2 = y - y_1 \quad (5.32)$$

Bước 2: Vẽ biểu đồ cột

Biểu đồ cột được thực hiện tương tự như dây quấn xếp đơn; Nhưng phải đảm bảo mối quan hệ ở các biểu thức (5.30) đến (5.32) như hình 5.25.



Bước 3: Vẽ sơ đồ khai triển

Tương tự như dây quấn xếp đơn DÂY QUẤN XẾP ĐƠN

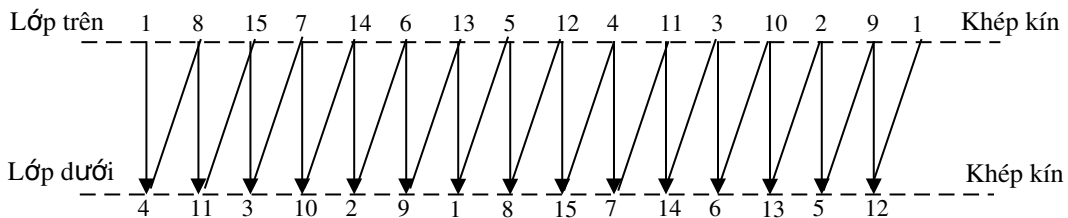
Ví dụ 5.5: Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp đơn;  $Z_{nt} = S = G = 15; 2p = 4$ .

Giải: Tính được:

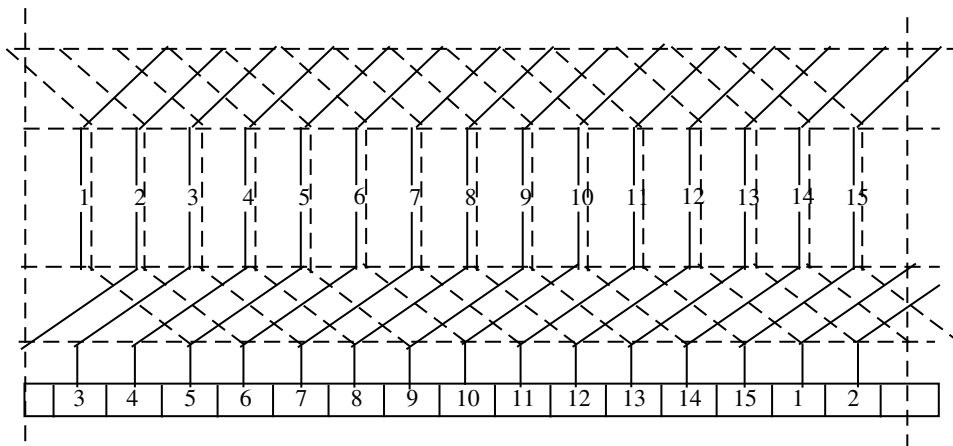
$$y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ rãnh; Chọn } y_1 = 3; \text{ Dây quấn bước ngắn.}$$

$$\text{Chọn dây quấn trái } y = y_G = \frac{G}{p} := \frac{15}{2} = 7 \text{ rãnh;}$$

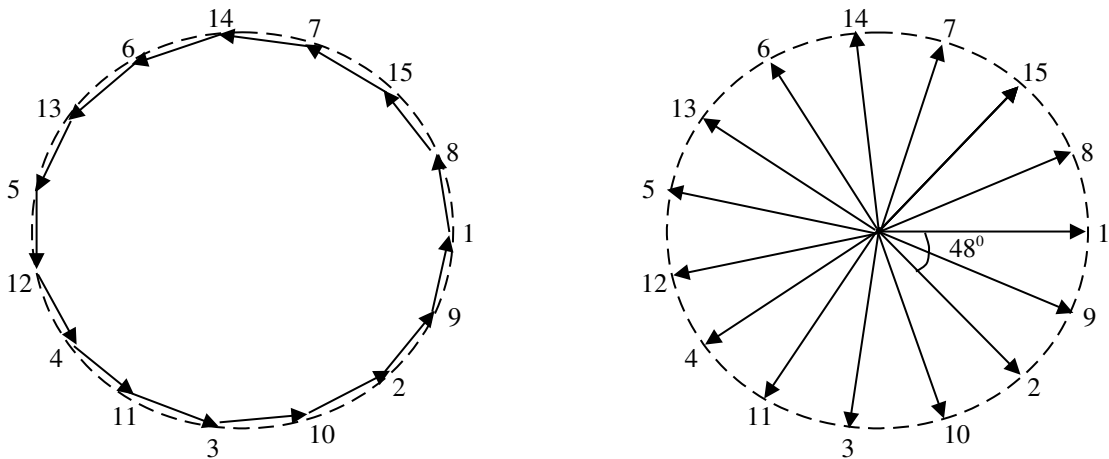
$$y_2 = y - y_1 = 7 - 3 = 4 \text{ rãnh;}$$



HÌNH 5.26 BIỂU ĐỒ CỘT;  $Z_{nt} = 15; 2p = 4$



HÌNH 5.27 SƠ ĐỒ KHAI TRIỂN;  $Z_{nt} = 15; 2p = 4$



Hình 5.28: Hình tia đa giác sức điện động

**Nhận xét:**

Chỉ có 1 đa giác sức điện động nên sơ đồ chỉ có 1 đôi mạch nhánh song song (bất chấp số đôi cực từ). Đây là đặc điểm cơ bản của dây quấn sóng đơn.

Không có điểm nào trùng nhau trên đa giác nên không thể thực hiện dây cân bằng điện thế đối với kiểu dây quấn này.

**5.10. Bảo dưỡng và sửa chữa máy điện một chiều****Mục tiêu:**

- *Biết được cách bảo dưỡng máy điện một chiều*
- *Biết cách tháo lắp máy điện DC*
- *Phân tích được các dạng hư hỏng, nguyên nhân, cách khắc phục ở máy điện một chiều*
- *Biết sửa chữa máy điện DC*
- *Áp dụng vào máy điện thực tế*
- *Có ý thức tự giác trong học tập*

**5.10.1. Bảo dưỡng máy điện****5.10.1.1. Chống ẩm.**

- Động cơ phải được lắp đặt ở nơi thoáng khí, khô ráo, hạn chế đến mức cao nhất sự ảnh hưởng của độ ẩm môi trường làm việc tác hại đến động cơ. Nếu bắt buộc phải làm việc trong môi trường có độ ẩm cao thì phải chọn loại động cơ thích hợp.
- Phải thường xuyên kiểm tra điện trở cách điện của động cơ bằng megômmet, nếu  $R_{cđ} < 0,5M\Omega$  là đã dưới mức an toàn, cần phải sấy chống ẩm.

**5.10.1.2. Chống bụi**

Nếu bụi bám vào vỏ động cơ, dây quấn thì sẽ hạn chế sự toả nhiệt và hạn chế sự thông gió làm mát. Bụi bám bên trong động cơ còn làm tăng ma sát cơ, làm bẩn dầu mỡ bôi trơn. Do đó phải thường xuyên lau chùi động cơ để làm sạch bên ngoài, bên trong thì dùng gió nén thổi. Nếu có dầu mỡ bám vào dây quấn thì dùng vải mềm thấm cacbon tetraclorea để lau sạch, không được dùng xăng vì xăng sẽ làm hỏng cách điện của dây quấn.

### **5.10.1.3. Bảo quản ổ đỡ trục**

Phải thường xuyên kiểm tra, theo dõi nhiệt độ ở ổ đỡ trục. Nếu ổ đỡ trục bị nóng quá mức cho phép thì phải xem xét, tìm nguyên nhân để khắc phục ngay. Định kì 6 tháng phải thay mỡ cho bạc đạn (vòng bi) một lần, khi thay mỡ cần phải lấy hết mỡ cũ, dùng xăng rửa sạch, dùng gió nén thổi khô rồi tra mỡ mới đúng chủng loại. Không nên tra nhiều mỡ mà chỉ nên tra khoảng 2/3 khoảng trống của bạc đạn, nếu tra nhiều, khi động cơ quay có thể làm mỡ bắn ra ngoài, dính vào dây quấn làm hỏng cách điện.

### **5.10.1.4. Theo dõi độ tăng nhiệt độ của động cơ**

- Khi động cơ bắt đầu làm việc, nhiệt độ của động cơ tăng dần rồi giữ ổn định ở một trị số nào đó. Nhiệt độ này phải nằm trong giới hạn cho phép tùy thuộc vào vật liệu cách điện bên trong động cơ.
- Với cách điện cấp A thì nhiệt độ bên trong cuộn dây, lõi thép cho phép vượt quá nhiệt độ môi trường đến 60<sup>0</sup>C. Với cách điện cấp B thì cho phép vượt quá nhiệt độ môi trường đến 80<sup>0</sup>C.
- Theo kinh nghiệm thì khi sờ tay vào vỏ động cơ mà thấy quá nóng, phải rút tay ra ngay, động cơ đã có sự cố cần phải ngừng máy để kiểm tra.

### **5.10.1.5. Theo dõi tiếng kêu phát ra từ động cơ**

- Thông thường nếu động cơ hoạt động tốt thì chạy rất êm, có tiếng “vo vo” của quạt gió phát ra rất nhỏ và đều. Nếu có tiếng kêu “ro ro” phát ra lớn, đều đặn là do hư hỏng phần bạc đạn, ổ đỡ trục. Nếu đột nhiên phát ra tiếng ù thì có thể do nguồn cung cấp điện bị mất một pha (với động cơ ba pha) hoặc hư hỏng ở dây quấn.
- Nói chung, khi động cơ đang vận hành mà có tiếng kêu lạ thì phải ngừng máy để kiểm tra.

## **5.10.2. Những hư hỏng thường gặp và biện pháp khắc phục**

### **5.10.2.1. Những hư hỏng về cơ khí**

Động cơ có hư hỏng về cơ khí thể hiện ở các hiện tượng sau:

- Trục động cơ bị kẹt;
- Động cơ chạy bị sát cốt;
- Động cơ chạy bị rung, lắc;
- Động cơ chạy có tiếng kêu “o... o”.

Các chi tiết cơ khí hư hỏng thường gặp là: Mòn bi (hoặc mòn bạc), mòn trục, không cân trục do bắt ốc vít hoặc đệm chưa đúng.

- Khi thấy hiện tượng động cơ bị kẹt trục hoặc chạy yếu, phát ra tiếng va đập mạnh, sát cốt thì phải kiểm tra các bu lông giữ nắp xem có chặt không, nếu không chặt sẽ làm cho rôto mất đồng tâm gây kẹt trục. Nếu các ốc đã chặt mà trục bị kẹt cứng thì phải kiểm tra vòng bi (hay bạc) xem có bị vỡ bi (vỡ bạc) gây kẹt hoặc khô dầu mỡ bôi trơn. Nếu không phải các nguyên nhân trên thì do trục động cơ đã bị cong, cần đưa rôto lên máy tiện để rà và nắn trục.
- Trường hợp thấy máy chạy lắc rung, có tiếng ồn, hoặc lúc động cơ không chạy, lấy tay lắc nhẹ thấy trục bị rơ, hiện tượng này có thể do mòn bi, mòn bạc hoặc mòn trục. Nếu mòn bi, mòn bạc hoặc mòn trục thì phải thay mới. Riêng bạc có thể tóe lại để dùng thêm một thời gian nữa.
- Trục mòn thì phải đập mạ, sau đó đưa lên máy tiện rà lại cho tròn đều, nếu trục mòn ít có thể dùng giấy ráp mịn đánh nhẹ cho tròn đều, sau đó chọn bạc mới cho vừa trục để thay.
- Khi máy chạy có tiếng kêu “o... o” hoặc có tiếng gõ nhẹ, cần kiểm tra ốc vít ép lõi thép stato xem có chặt không, ốc nắp có bị lỏng không, hoặc có thể do vòng đệm hai đầu trục bị mòn, cần thay thế.

### **5.10.2.2. Những hư hỏng về phần điện**

#### **a) Đóng điện động cơ không chạy**

*Nguyên nhân:*

- Không có nguồn vào động cơ;
- Dây quấn của động cơ bị hở mạch (đứt).
- Chổi than không tiếp xúc

*Biện pháp khắc phục:*

- Dùng vônmet kiểm tra điện áp nguồn ở cầu dao, aptômát; kiểm tra cầu chì; kiểm tra dây nối nguồn cho động cơ; kiểm tra sự đấu dây ở hộp đấu dây, chổi than. Nếu kết quả kiểm tra tốt thì cuộn dây của động cơ bị đứt ở bên trong.

#### **b) Khi đóng điện động cơ không khởi động được và phát ra tiếng ù**

*Nguyên nhân:*



- Điện áp nguồn quá thấp;
- Chổi than tiếp xúc không tốt;
- Cổ góp điện mòn và cháy rỗ
- Đứt (hở mạch) một trong dây quấn;
- Tiếp điểm khởi động không tiếp xúc
- Ổ bi (bạc) bị mòn nhiều nên khi có điện rôto bị hút vào stato.

*Biện pháp khắc phục:*

- Kiểm tra điện áp nguồn;
- Kiểm tra chổi than, nếu mòn quá thì thay tụ chổi than mới.
- Kiểm tra tiếp điểm khởi động, nếu bẩn hoặc có muội thì dùng giấy ráp mịn làm sạch, hoặc điều chỉnh lại vị trí tiếp xúc.
- Kiểm tra vòng bi, ổ trục;
- Làm sạch cổ góp bằng giấy nhám

Nếu kết quả kiểm tra trên thấy vẫn tốt thì dây quấn bị đứt. Dùng đèn hoặc ômmét để kiểm tra tìm ra bối dây bị đứt và khắc phục.

**c) Đóng điện, động cơ khởi động yếu, quay chậm và phát ra tiếng ù**

*Nguyên nhân:*

- Điện áp nguồn thấp;
- Đấu dây không thích hợp với điện áp nguồn;
- Tụ chổi than tiếp xúc không tốt;
- Cổ góp mòn, rỗ

*Biện pháp xử lý:*

- Kiểm tra điện áp nguồn;
- Kiểm tra lại cực tính và đấu lại cuộn dây;
- Thay chổi than mới, hoặc làm sạch.
- Làm sạch cổ góp bằng giấy nhám

**d) Đóng điện vào động cơ, thiết bị bảo vệ tác động, cầu chì đứt, aptomat nhảy**

*Nguyên nhân:*

- Cuộn dây bị cháy hay ngắn mạch;
- Chổi than (+) bị ngắn mạch
- Đấu dây không thích hợp với điện áp nguồn;
- Thiết bị bảo vệ chọn không đúng.

*Biện pháp khắc phục:*

- Kiểm tra điện trở các cuộn dây, nếu ngắn mạch điện trở rất bé hoặc bằng không;
- Kiểm tra lại cách đấu các bối dây, chổi than;

- Kiểm tra lại tham số của các thiết bị bảo vệ.

#### e) Động cơ vận hành phát nóng quá cho phép

*Nguyên nhân:*

- Quá tải thường xuyên.
- Điện áp nguồn quá lớn hoặc quá thấp.
- Ngắn mạch một số vòng dây.
- Dây đai quá căng.
- Khe hở giữa stato và rôto lớn.
- Thiếu sự thông gió hoặc làm mát không đủ.
- Nhiệt độ môi trường quá cao.
- Có tia lửa điện phóng ở cổ góp.

*Biện pháp khắc phục:*

- Kiểm tra phụ tải của động cơ (kiểm tra dòng điện).
- Kiểm tra điện áp nguồn.
- Điều chỉnh lại dây đai.
- Không thay đổi được khe hở không khí, chỉ có cách là làm mát cưỡng bức.
- Làm sạch động cơ, kiểm tra lại quạt gió.
- Làm mát cưỡng bức nếu nhiệt độ môi trường quá cao.
- Sửa chữa lại bộ dây quấn nếu bị ngắn mạch một số vòng.
- Điều chỉnh lò xo chổi than, làm sạch cổ góp và chổi than.

#### f) Điện rò ra vỏ

Hiện tượng điện rò ra vỏ là do dây quấn động cơ bị hỏng cách điện dẫn đến chạm vào lõi thép, hoặc do cách điện các mối nối xấu dẫn đến chạm vỏ.

Biện pháp thường dùng để phát hiện chạm vỏ là:

Quan sát đánh giá, phán đoán sơ bộ điểm chạm vỏ;

Dùng đèn hoặc ômmét hoặc bút thử điện để xác định chỗ chạm vỏ. Muốn xác định bối chạm vỏ cần tháo rời các mối hàn giữa các bối dây. Khi thử cần kết hợp lắc nhẹ các đầu bối dây vì nhiều khi chỗ chạm điện không thường xuyên (chập chờn).

Nếu điểm chạm vỏ ở đầu dây thì có thể kê, bọc lại cách điện, lót cách điện rồi tẩm sấy. Khi điểm chạm vỏ nằm sâu bên trong thì phải tháo bối dây ra quấn lại

#### 5.10.3. Một số cách kiểm tra thường dùng

##### + Kiểm tra thông mạch cuộn rotor

Đo điện trở lớp cách điện từ cổ góp đến lõi rotor.

##### + Kiểm tra cổ góp

Sử dụng thước kẹp để đo đường kính ngoài của cổ góp. Mài nhẵn bề mặt ngoài của cổ góp nếu có lỗi lõm.

**+Kiểm tra độ mòn của cổ góp:**

Đặt rotor lên khối chữ V, dùng tay quay rotor, đọc giá trị so kế.

**+ Kiểm tra ổ bi**

Dùng tay quay ổ bi, lắng nghe và cảm nhận tiếng kêu và sự đảo

**+ Kiểm tra thông mạch cuộn Stator**

Dùng VOM kiểm tra thông mạch cuộn stator.

**+ Kiểm tra cách điện stator**

Đo cách điện của stator bằng cách đo điện trở từ chổi than đến vỏ máy khởi động

**+ Kiểm tra chổi than**

Sử dụng thước kẹp đo chiều dài dọc tâm chổi than. Thay mới chổi than nếu kết quả đo nhỏ hơn giới hạn, kiểm tra vị trí nút, vỡ và thay thế nếu cần thiết.

**+Kiểm tra cách điện giá giữ chổi than:**

Đo điện trở cách điện giữa chổi than dương và chổi than âm trên giá giữ chổi than

**+Kiểm tra lò xo của chổi than:**

Nhìn bằng mắt kiểm tra lò xo không bị yếu hoặc rỉ sét.

**NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ BÀI 5:**

1. Nội dung:

+ Về kiến thức:

- Công dụng của máy điện một chiều
- Cấu tạo của máy điện một chiều
- Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều
- Từ trường trong máy điện một chiều
- Công suất và mô men của máy điện một chiều
- Tia lửa điện ở cổ góp của máy điện một chiều
- Nguyên lý làm việc của động cơ đồng bộ 3 pha
- Một số loại tổn hao của động cơ đồng bộ 3 pha
- Máy phát điện một chiều
- Động cơ điện một chiều
- Sơ đồ dây quấn trong máy điện một chiều
- Tính toán dây quấn ở máy điện DC
- Bảo dưỡng, sửa chữa máy điện một chiều
- Các dạng hư hỏng, nguyên nhân, cách khắc phục ở máy điện một chiều

+ Về kỹ năng:

- Giải bài tập cơ bản về tính toán máy điện DC
- Tháo lắp, kiểm tra và sửa chữa máy điện Dc
- + Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác.

## 2. Phương pháp:

- Kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm
- Kỹ năng: Đánh giá kỹ năng tính toán các bài tập

## BÀI TẬP

**Bài 1:** Một máy phát điện một chiều kích từ song song, điện áp định mức 115V, cung cấp dòng điện 98,3A cho tải. Điện trở phần ứng là 0,0735, điện trở dây quấn kích từ song song là 19, tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 4% công suất điện.

- a. Xác định sức điện động phần ứng và hiệu suất của máy ở chế độ tải trên.
- b. Tính dòng ngắn mạch khi ngắn mạch hai đầu cực máy phát. Biết từ thông dư bằng 3% từ thông của máy ở chế độ tải trên, tốc độ máy không đổi.

### Hướng dẫn giải.

**a. Ta có:**

$$I_{kt} = U / R_{kt} = 115 / 19 = 6,05 \text{ A}$$

$$I_U = I_1 + I_{kt} = 98,3 + 6,05 = 104,35 \text{ A}$$

$$E_U = U + I_U \cdot R_U = 115 + 104,35 \cdot 0,0735 = 122,7 \text{ V}$$

$$P_{kt} = I_{kt}^2 \cdot R_{kt} = 6,05^2 \cdot 19 = 695 \text{ W}$$

$$P_U = I_U^2 \cdot R_U = 104,35^2 \cdot 0,0735 = 800 \text{ W}$$

$$P_{cstf} = 4\% P = 0,04 \cdot 115 \cdot 98,3 = 452 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P}{P} = \frac{115.89,3}{115.89,3 + 695 + 800 + 452} = 0,853$$

### b. Khi ngắn mạch đầu cực ta có

$$I_{un} = E_{un} / R_{\Sigma} = 3,7 / 0,0735 = 50A$$

$$\text{Trong đó: } E_{un} = k_e \cdot n \cdot \Phi = 0,03 E_{\Sigma} = 0,03 \cdot 122,7 = 3,7v$$

**Bài 2.** Một máy phát kích từ song song 10kw, 250v có điện trở mạch kích từ 125  $\Omega$ ,  $R_u = 0,4 \Omega$ , tổn hao cơ, từ bằng 540w, khi máy đầy tải. Tính

1. Sức điện động

2. Hiệu suất

#### Hướng dẫn

$$P_t = U_t \cdot I_t$$

$$I_k = U_t / R_f$$

$$I_u = I_t + I_k$$

$$U = E_{\Sigma} - I_{\Sigma} \cdot R_{\Sigma} \Rightarrow E = 266,8v$$

$$P_2 = P_t$$

$$\text{Tổn hao cơ, từ} = P_t + P_mq$$

$$P_{du} = I_u^2 \cdot R_u$$

$$P_{kt} = U_t \cdot I_k$$

$$P_1 \quad P_2 \quad P_{th}$$

$$P_{th} \text{ tổng tổn hao}$$

$$\eta = P_2 / P_1 = 0.85$$

**Bài 3.** Một động cơ DC 100hp, 500v, 1200v/ph có điện trở phần cảm 60  $\Omega$ , điện trở phần ứng 0,1  $\Omega$ , hiệu suất đầy tải 0,9 khi đầy tải, tính

1. Dòng vào

2. Công suất điện từ

3. Tổn hao quay

4. mômen ra

#### Hướng dẫn:

$$P_2 = 100 \cdot 746 = 74.600w$$

$$\eta = P_2 / P_1$$

$$I_d = P_1 / U_d = 166A, I_k = 500 / 60 = 8,3A$$

$$I_u = 166 - 8,3 = 157,7A, U = E_{\Sigma} - I_{\Sigma} \cdot R_{\Sigma} \Rightarrow E = 484,3v$$

$$P_{dt} = E \cdot I_u = 76374w$$

$$P_q = P_1 - P_2 - P_{du} - P_{df} = 1652w$$

$$\frac{2 \cdot n}{60}, M_2 = P_2 / \omega = 594 \text{ Nm}$$

**Bài 4.** Điện áp của 1 máy phát kích từ song song 200kw, là 600v, khi phát dòng định mức, điện trở phần cảm là 250  $\Omega$ , phần ứng là 0,34  $\Omega$ , tính

1. Sức điện động phần ứng, khi tải định mức
2. khi điện áp tải là 620v, dòng tải bằng 1/2 định mức. Tính S đ đ khi đó

**Hướng dẫn:**

$$P_t = U_t \cdot I_t$$

$$I_k = U_t / R_f$$

$$I_u = I_t + I_k$$

$$U = E_U - I_U \cdot R_U \Rightarrow E = 712 \text{ v}$$

Khi  $I_t = 1/2$  định mức

$$I_k = U_t / R_f$$

$$I_u = I_t + I_k$$

$$U = E_U - I_U \cdot R_U \Rightarrow E = 676 \text{ v}$$

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Đề cương môđun/môn học nghề Sửa chữa thiết bị điện tử công nghiệp”, *Dự án Giáo dục kỹ thuật và Dạy nghề (VTEP), Tổng cục Dạy Nghề, Hà Nội, 2003*

[2] Công nghệ chế tạo máy điện và máy biến áp - Nguyễn Đức Sĩ, NXB giáo dục Hà Nội 1995

[3] Máy điện 1, Vũ Gia Hanh - Trần Khánh Hà - Phan Tử Thụ - Nguyễn Văn Sáu, NXB khoa học và kỹ thuật Hà Nội

[4] Hướng dẫn sử dụng và sửa chữa máy biến áp, động cơ điện, máy phát điện công suất nhỏ - Châu Ngọc Thạch, nxb giáo dục Hà Nội 1994

[5] Tính toán cung cấp và lựa chọn thiết bị, khí cụ điện - Nguyễn

*Xuân Phú - Nguyễn Công Hiền, NXB Giáo dục, Hà Nội 1998.*

[6] *Kỹ thuật điện, Đặng Văn Đào - Lê Văn Doanh, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 1999.*