

ỦY BAN NHÂN DÂN HUYỆN CỬ CHI
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ CỬ CHI

GIÁO TRÌNH

MÔ ĐUN: SỬA CHỮA VẬN HÀNH MÁY ĐIỆN
NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 89/QĐ-TCNCC ngày 15 tháng 8 năm 2024 của
Hiệu trưởng trường Trung Cấp Nghề Cử Chi*

Cử Chi, năm 2024

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

Cuốn giáo trình này dùng cho học sinh hệ trung cấp và đã lưu hành nội bộ tại trường

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Máy điện được biên soạn dựa trên Chương trình khung Trình độ trung cấp nghề Điện công nghiệp

Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ logic chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo, cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn

Trong giáo trình cũng đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với học sinh trình độ Trung cấp nghề cũng như cố gắng gắn những nội dung lý thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao

Khi biên soạn, người biên soạn đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế học tập đồng thời có tính thực tiễn cao.

Nội dung giáo trình được biên soạn với thời gian đào tạo 150 giờ gồm có:

- **Bài 1: Bài mở đầu**
- **Bài 1: Máy biếp áp**
- **Bài 2: Máy điện không đồng bộ**
- **Bài 3: Máy điện không đồng bộ**

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi khiếm khuyết. Rất mong nhận ý kiến đóng góp của người sử dụng để giáo trình được chỉnh sửa, bổ sung được hoàn chỉnh hơn

Củ Chi, ngày tháng năm 2024

Người biên soạn

Trần Ngọc Phiên

MỤC LỤC

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN.....	1
LỜI GIỚI THIỆU	3
Trần Ngọc Phiên.....	3
GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN: MÁY ĐIỆN.....	6
Bài mở đầu: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN	7
I. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI.....	7
II. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN LIÊN QUAN ĐẾN MÁY ĐIỆN	8
III. VẬT LIỆU CHẾ TẠO MÁY ĐIỆN	9
IV. CÂU HỎI ÔN TẬP.....	9
BÀI 1: MÁY BIẾN ÁP	10
1.1 Khái niệm chung	10
2.1 Cấu tạo.....	11
3.1 Nguyên lý làm việc.	13
4.1 Các đại lượng định mức.	14
5.1 Máy biến áp 3 pha.	15
6.1 Mô Hình Toán MBA.....	21
7.1 Sơ Đồ Tương Đương Của MBA.	22
8.1 MBA làm việc song song.....	26
9.1 Các máy biến áp đặc biệt.....	28
10.1 Quán máy biến áp 1 pha cỡ nhỏ.....	30
11.1 Thi công quấn dây máy biến áp 1 pha công suất nhỏ	33
12.1 Câu hỏi ôn tập:	40
BÀI 2: MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	43
2.1 Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ.....	43
2.2 Cấu tạo động cơ không đồng bộ.....	44
2.3 Khái niệm về từ trường quay.....	48
2.4 Điện áp cảm ứng	49
2.5 Khái niệm về sự trượt rotor.....	50
2.6 Ảnh hưởng của sự trượt lên tần số và biên độ của điện áp cảm ứng của rotor	50
2.7 Mạch điện tương đương của một động cơ cảm ứng 3 pha.....	51
2.8 Quá trình chuyển hóa năng lượng trong máy điện không đồng bộ	54
2.9 Mở máy các động cơ cảm ứng	55
2.10 Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha.....	59
2.11 Động cơ không đồng bộ 1 pha	67
2.12 Động cơ 1 pha vòng ngắn mạch.....	68
2.13 Xây dựng sơ đồ khai triển dây quấn động cơ kđb 3 pha.....	69
2.15 : Xây dựng sơ đồ khai triển dây quấn động cơ kđb 1 pha.....	83
2.16 Dây quấn 1 lớp	85
2.17 Dây quấn 2 lớp	93
2.18 Xây dựng sơ đồ khai triển một số dạng dây quấn đặc biệt động cơ kđb 1 pha.....	96
2.19 Đấu dây vận hành động cơ	102
2.20 Tháo lắp động cơ.....	103
2.21 Các bước quấn dây động cơ không đồng bộ	105

2.22	Câu hỏi ôn tập:	111
BÀI 3:	MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ	116
3.1.	Khái quát chung và phân loại máy điện đồng bộ.	116
3.2.	Cấu tạo, nguyên lý làm việc máy điện đồng bộ.....	116
3.3.	Các phương trình và sơ đồ thay thế máy điện đồng bộ.	120
3.4.	Quá trình biến đổi năng lượng của máy điện đồng bộ.	122
3.5.	Các chế độ làm việc của máy điện đồng bộ.	123
3.6.	Máy điện đồng bộ làm việc chế độ động cơ.....	128
3.7	Quấn lại dây quấn động cơ đồng bộ.....	130
3.8	Câu hỏi ôn tập:	136

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN: MÁY ĐIỆN

Mã mô đun: MĐ 14

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môđun:

- Vị trí: Mô đun này học sau các môn cơ sở như: An toàn lao động, Mạch điện và Đo lường điện.

- Tính chất: Là mô đun chuyên môn nghề, thuộc mô đun đào tạo nghề bắt buộc

- Ý nghĩa của mô đun: giúp học sinh hiểu giải thích được cấu tạo, nguyên lý cũng như sửa chữa được máy biến áp, động cơ không đồng bộ, máy phát điện đồng bộ...

- Vai trò của mô đun: là mô đun chuyên ngành để học sinh có kiến thức cơ bản học tiếp các môn học nâng cao như: Trang bị điện, khí nén, PLC

Mục tiêu mô đun:

-Về kiến thức:

+ Phân tích cấu tạo, nguyên lý máy biến áp, động cơ không đồng bộ, máy phát điện đồng bộ.

+ Phân tích, khảo sát các đặc điểm, đặc tính của các loại máy điện nói trên

-Kỹ năng:

+ Nhận dạng và đo kiểm, đấu dây vận hành đúng sơ đồ.

+ Hòa đồng bộ máy phát.

+ Vẽ, phân tích sơ đồ dây quấn.

+ Dò tìm, phát hiện và sửa chữa khắc phục một số hư hỏng.

- Năng lực tự chủ và trách nhiệm:

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

Nội dung mô đun:

Bài mở đầu: KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

I. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI.

1. Định nghĩa:

Máy điện là một thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Dùng để biến đổi các dạng năng lượng như: cơ năng thành điện năng (máy phát điện) hoặc ngược lại biến đổi điện năng thành cơ năng (động cơ điện), hoặc dùng để biến đổi thông số điện như: biến đổi điện áp (máy biến áp), biến đổi dòng điện (máy biến dòng), biến đổi tần số (máy biến tần).v.v...

2. Phân loại:

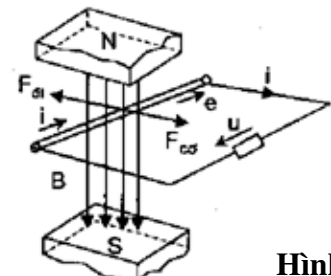
Máy điện có nhiều loại, được phân loại theo nhiều cách khác nhau như:

- Phân loại theo công suất
- Phân loại theo cấu tạo
- Phân loại theo chức năng Phân loại theo dòng điện Phân loại theo nguyên lý làm việc

3. Nguyên lý máy phát điện và động cơ điện. Tính thuận nghịch của máy điện

- Máy điện có tính thuận nghịch, nghĩa là có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện:

3.1 Chế độ máy phát điện: cho cơ năng của động cơ sơ cấp tác dụng vào thanh dẫn một lực cơ học $F_{cơ}$ thanh dẫn sẽ chuyển động với tốc độ v trong từ trường của nam châm N – S (hình 1) trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động e . nếu nối vào hai cực của thanh dẫn điện trở R của tải, dòng điện I chạy trong thanh dẫn cung cấp điện cho tải. Nếu bỏ qua điện trở của thanh dẫn, điện áp đặt vào tải $u = e$. Công suất điện máy phát cung cấp cho tải là $P_{đ} = ui = ei$



Hình 1

Dòng điện I nằm trong từ trường sẽ chỉ tác dụng của lực điện từ $F_{đt} = Bil$ có chiều như hình 1

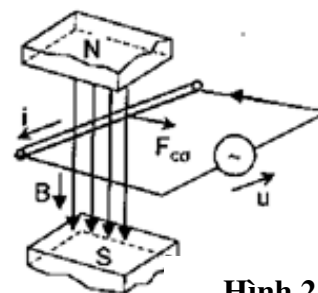
Khi máy quay với tốc độ không đổi lực điện từ sẽ cân bằng với lực cơ của động cơ sơ cấp: $F_{cơ} = F_{đt}$

Nhân hai vế với v ta có $F_{cơ} v = F_{đt} v = Bilv = ei$

Như vậy công suất cơ của động cơ sơ cấp $P_{cơ} = F_{cơ} v$ đã được biến đổi thành công suất $P_{đ} = ei$ nghĩa là cơ năng biến thành điện năng

3.2 Chế độ động cơ điện:

Cung cấp điện cho máy phát điện, điện áp U của nguồn điện sẽ gây ra dòng điện I trong thanh dẫn. Dưới tác dụng của lực điện từ $F_{đt} = BIl$ tác dụng lên thanh dẫn làm thanh dẫn chuyển động với tốc độ v có chiều như hình 2



Hình 2

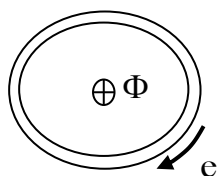
Như vậy công suất điện từ $F_{đt} = ui$ đưa vào động cơ đã được biến thành công suất cơ $F_{cơ} = F_{đt}v$

trên trục động cơ. Điện năng đã được biến đổi thành cơ năng. Ta nhận thấy cùng một thiết bị điện từ tùy theo năng lượng đưa vào mà máy điện có thể làm việc ở chế độ động cơ hay máy phát điện. Mọi loại máy điện đều có tính chất thuận nghịch

II. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN LIÊN QUAN ĐẾN MÁY ĐIỆN

1. Định luật cảm ứng điện từ

a. Trường hợp từ thông Φ biến thiên xuyên qua vòng dây



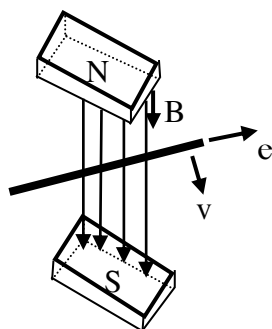
Hình a.1

Khi từ thông Φ biến thiên xuyên qua vòng dây dẫn, trong vòng dây sẽ cảm ứng sức điện động. Chiều sức điện động được xác định theo quy tắc vắn nút chai (hình a.1)

Dấu + trên (hình a.1) chỉ chiều từ thông đi từ ngoài vào. Sức điện động cảm trong 1 vòng dây được viết theo công thức Maxwell:

Trong đó: $\psi = n\Phi$: gọi là từ thông móc vòng của cuộn dây

b. Trường hợp thanh dẫn chuyển động trong từ trường:



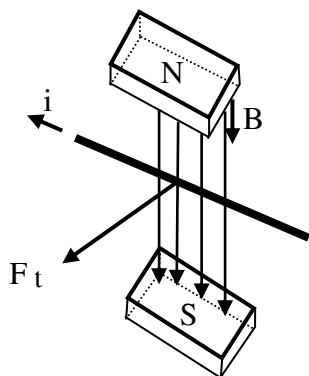
Khi thanh dẫn chuyển thẳng vuông góc với đường sức từ trường, trong thanh dẫn sẽ cảm ứng 1 sức điện động, chiều của sức điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Có trị số là: $e = Blv$.

Trong đó: B (Tesla): từ cảm

L (m) : chiều dài thanh dẫn

V (m/s): vận tốc thanh dẫn

2. Định luật lực điện từ:



Khi thanh dẫn mang dòng điện đặt thẳng góc với đường sức từ (trường hợp động cơ điện), thanh dẫn sẽ chịu một lực điện từ tác dụng vuông góc. Chiều của lực điện từ được xác định theo quy tắc bàn tay trái, có trị số bằng : $F_{dt} = Bil$ (N)

Trong đó: B (T) : từ cảm
 i (A) : dòng điện
 l (m) : chiều dài thanh dẫn

III. VẬT LIỆU CHẾ TẠO MÁY ĐIỆN

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

1. Vật liệu dẫn điện:

Vật liệu dẫn điện dùng trong máy điện tốt nhất là đồng vì chúng không đắt lắm và có điện trở suất nhỏ. Ngoài ra còn dùng nhôm và các hợp kim khác như đồng thau, đồng phốt pho. Để chế tạo dây quấn ta thường dùng đồng, đôi khi nhôm.

2. Vật liệu dẫn từ:

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

3. Vật liệu cách điện:

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

4. Vật liệu kết cấu:

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

IV. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Giải thích ứng dụng của định luật cảm ứng điện từ và lực điện từ trong máy điện.
2. Các vật liệu chính chế tạo máy điện là gì?

BÀI 1: MÁY BIẾN ÁP

Giới thiệu:

- Máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh làm việc trên nguyên lý cảm ứng điện từ để chuyển đổi điện áp của mạng điện xoay chiều từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

Mục tiêu của bài:

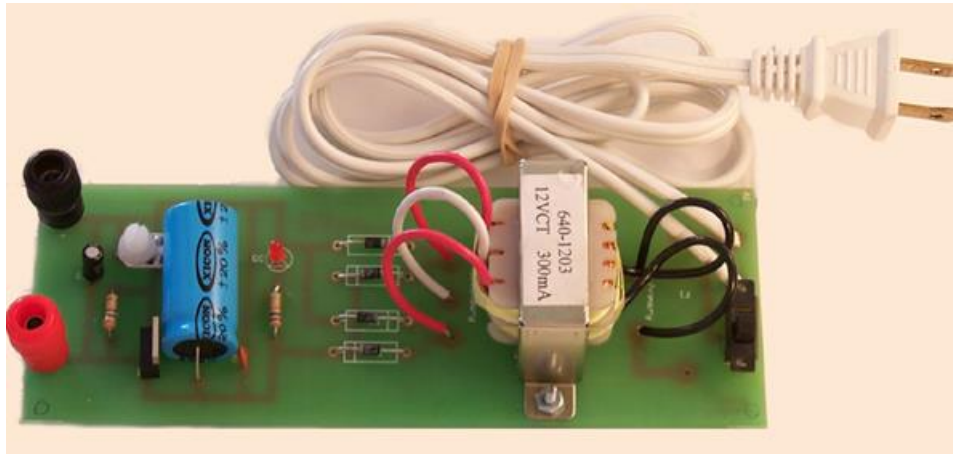
- Mô tả được cấu tạo, phân tích được nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha và ba pha.
- Xác định được cực tính và đấu dây vận hành máy biến áp một pha, ba pha đúng kỹ thuật.
- Đấu máy biến áp vận hành song song các máy biến áp.
- Tính toán được các thông số của máy biến áp ở các trạng thái: không tải, có tải, ngắn mạch.
- Quản lại được máy biến áp một pha cỡ nhỏ
- Chọn lựa đúng máy biến áp phù hợp với mục đích sử dụng. Bảo dưỡng và sửa chữa máy biến áp theo yêu cầu.
- Rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác, tư duy khoa học và sáng tạo.

Nội dung chính:

1.1 Khái niệm chung



Hình : Trạm biến áp



Hình : Máy biến áp một pha

Máy biến áp ra đời ở nước ta từ rất sớm, máy biến áp chủ yếu được sử dụng trong điện lực để nâng cao điện áp của mạng điện khi truyền tải điện năng đi xa. Khi đến các hộ tiêu thụ, máy biến áp làm giảm điện áp xuống mức phù hợp với phụ tải cần sử dụng.

Khuynh hướng phát triển hiện nay của máy biến áp là dùng các loại vật liệu có từ tính tốt, tổn hao sắt từ thấp để nâng cao công suất truyền tải của máy biến áp và giảm nhỏ kích thước. Đồng thời dùng vật liệu dẫn điện là dây nhôm thay cho dây đồng để giảm khối lượng trong máy biến áp.

Máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh làm việc trên nguyên lý cảm ứng điện từ để chuyển đổi điện áp của mạng điện xoay chiều từ cấp điện áp này sang cấp điện áp khác nhưng vẫn giữ nguyên tần số.

Máy biến áp là thiết bị làm việc dưới dạng mạch hai cửa, phía nối với nguồn gọi là sơ cấp, các đại lượng liên quan đến sơ cấp được ký hiệu kèm số 1, phía nối với tải được gọi là thứ cấp, các đại lượng liên quan đến thứ cấp được ký hiệu kèm số 2. Ví dụ điện áp sơ cấp ký hiệu là U_1 , Điện áp thứ cấp ký hiệu là U_2 .

$U_1 > U_2$: Máy biến áp giảm áp.

$U_1 < U_2$: Máy biến áp tăng áp.

2.1 Cấu tạo.

Lõi thép của máy biến áp (Transformer Core)

Cuộn dây quấn sơ cấp (Primary Winding)

Cuộn dây quấn thứ cấp (Secondary Winding)

Ngoài ra còn có các phần khác như vỏ máy, cách điện, sứ đỡ, các thiết bị làm mát, thùng giãn dầu, . . .

- **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)

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.

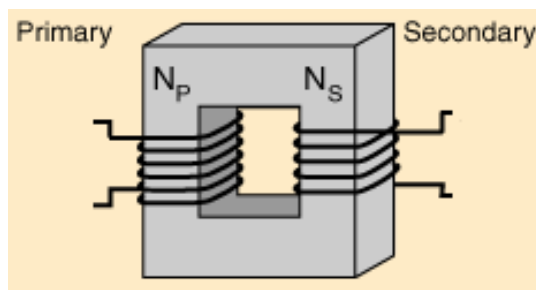
Loại máy biến áp này ít được sử dụng rộng rãi, thường được sử dụng ở điện áp cao hoặc ở nơi mà cách điện giữa các cuộn dây trở nên là một vấn đề cần quan tâm.

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.

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 sơ cấp (Primary Winding)

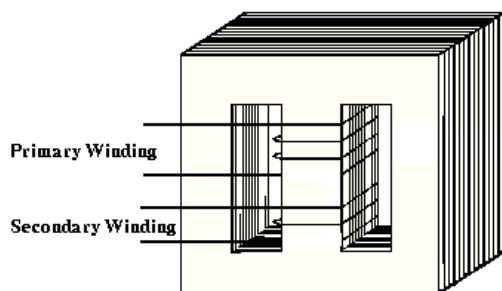
□ Dây quấn thứ cấp (Second Winding)



Hình : Hình dạng máy biến áp một pha loại trụ



Hình : Máy biến áp một pha loại trụ



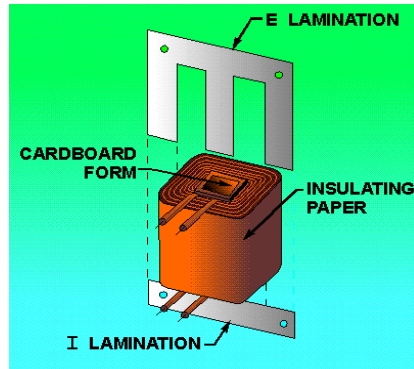
Hình : Hình dạng máy biến áp một pha loại bọc



Hình : Máy biến áp một pha loại bọc

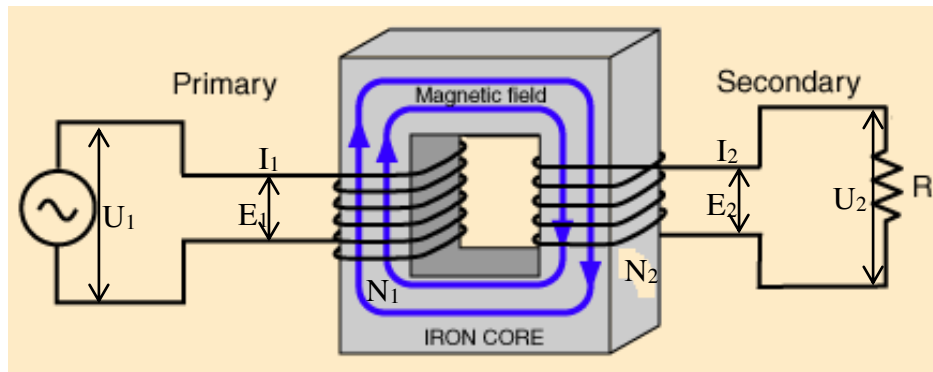
Dây quấn máy biến áp được chế tạo bằng dây đồng hoặc nhôm, có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật. Đối với dây quấn có dòng điện lớn, sử dụng các sợi dây dẫn được mắc song song để giảm tổn thất do dòng điện xoáy trong dây dẫn. Bên ngoài dây quấn được bọc cách điện.

Dây quấn 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.



Hình : Lắp ráp máy biến áp

3.1 Nguyên lý làm việc.



Hình : Nguyên lý làm việc cơ bản của máy biến áp

Nguyên lý làm việc của máy biến áp dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ.

Đặt điện áp xoay chiều u_1 vào dây quấn sơ cấp trong đó sẽ có dòng i_1 , dòng i_1 sẽ tạo ra từ thông xoay chiều Φ , từ thông chạy trong mạch từ móc vòng qua 2 cuộn sơ cấp và thứ cấp cảm ứng các sức điện động e_1, e_2 .

Nếu máy biến áp không tải (thứ cấp hở mạch) thì điện áp thứ cấp bằng sức điện động e_2

$$U_{20} = e_2$$

Nếu thứ cấp được nối với tải Z_t , trong dây quấn thứ cấp sẽ có dòng i_2

Giả sử điện áp đặt vào là một hàm sin thì từ thông do nó sinh ra cũng là một hàm sin:

$$\Phi = \Phi_m \sin t$$

Theo định luật cảm ứng điện từ ta có sức điện động trong hai dây quấn là:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\text{thay vào: } e_1 = -N_1 \frac{d(\Phi_m \sin \omega t)}{dt} = -\omega N_1 \Phi_m \cos \omega t = \omega N_1 \Phi_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

Sức điện động sẽ chậm pha hơn so với từ thông Φ 1 góc $\frac{\pi}{2}$

$$E_{1m} = \omega N_1 \Phi_m = 2\pi N_1 \Phi_m$$

$$\rightarrow e_1 = E_{1m} \sin(\omega t - \pi/2)$$

$$\bullet E_1 = \frac{2\pi \cdot f \cdot N_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44fN_1 \Phi_m$$

$$\bullet E_2 = 4,44fN_2 \Phi_m$$

□ **Tỉ số biến áp:**

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Bỏ qua điện áp rơi trên dây quấn sơ cấp và thứ cấp thì $E_1 \approx U_1$; $E_2 \approx U_2$ và do hiệu suất máy biến áp cao nên có thể xem công suất máy biến áp nhận vào phía sơ cấp bằng công suất đưa ra thứ cấp $U_1 I_1 = U_2 I_2$

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

4.1 Các đại lượng định mức.

- Điện áp dây định mức sơ cấp: U_{1dm} (V, KV)
- Điện áp dây thứ cấp định mức: U_{2dm} (V, KV) là điện áp dây bên thứ cấp của máy biến áp khi không tải và điện áp đặt vào sơ cấp là định mức.
- Công suất định mức (dung lượng định mức) là công suất biểu kiến phía thứ cấp của máy biến áp : S_{dm} (VA, KVA), đặc trưng cho khả năng chuyển tải năng lượng của máy.

$$\circ \text{ Máy biến áp 1 pha: } S_{dm} = S_2 = U_{2dm} \cdot I_{2dm} .$$

$$\circ \text{ Máy biến áp 3 pha: } S_{dm} = S_2 = \sqrt{3} U_{2dm} I_{2dm} .$$

Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, xem máy biến áp là lý tưởng (Hiệu suất $\eta=1$) thì $S_{dm} = S_2=S_1$.

- Dòng điện dây sơ cấp định mức: I_{1dm} (A) tương ứng với công suất và điện áp dây định mức bên sơ cấp.

- 1 pha $I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}}$
- 3 pha $I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1dm}}$ (dòng điện dây và điện áp dây)

- Dòng điện dây thứ cấp định mức: I_{2dm} (A) tương ứng với công suất và điện áp thứ cấp định mức.

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

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{2dm}}$$

- Tần số định mức: f_{dm} (Hz) tần số nguồn điện đặt vào sơ cấp.
- Điện áp ngắn mạch phần trăm: $U_n\%$
- Tổ nối dây của máy biến áp: cho biết kiểu nối dây sơ cấp và thứ cấp, đồng thời cho biết góc lệch pha giữa sức điện động dây sơ cấp và sức điện động dây thứ cấp

Vd: Y/ Δ -11(330°)

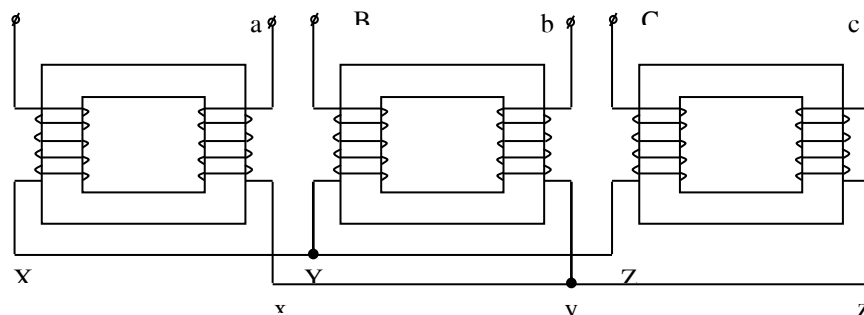
- $\cos \varphi_2$: hệ số công suất của tải
- Hiệu suất $\eta\%$

5.1 Máy biến áp 3 pha.

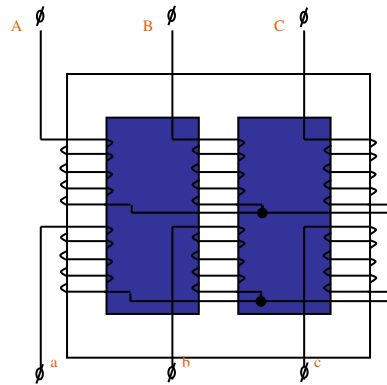
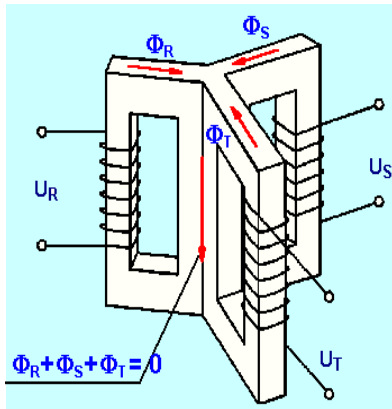
Máy biến áp ba pha đóng vai trò rất quan trọng trong việc truyền tải và phân phối điện năng. Kết cấu lõi thép máy biến áp ba pha có 2 loại, dựa vào sự liên quan hay không liên quan giữa hai mạch từ mà phân ra thành mạch từ riêng và mạch từ chung.

5.1.1 Máy biến áp 3 pha mạch từ riêng:

Từ thông trong mạch từ của ba pha độc lập nhau như các máy biến áp một pha. Các máy biến áp một pha có thể được nối lại với nhau để hình thành máy biến áp ba pha.



5.1.2 Máy biến áp 3 pha mạch từ chung



ghép

Nếu

từ 3 máy biến áp một pha lại với nhau, ta nhận thấy rằng : Nếu điện áp trên ba pha đối xứng, nghĩa là $U_R + U_S + U_T = 0$ thì từ thông trong mạch từ của ba máy biến áp một pha ghép lại cũng tương tự: $\Phi_R + \Phi_S + \Phi_T = 0$. Như vậy trụ từ ghép chung của ba mạch từ không còn tác dụng.

Loại máy biến áp mạch từ chung có kết cấu gọn, sử dụng khối lượng mạch từ ít hơn so với máy biến áp mạch từ riêng cùng công suất, nhưng việc lắp đặt, sửa chữa phải tiến hành trên toàn bộ máy.

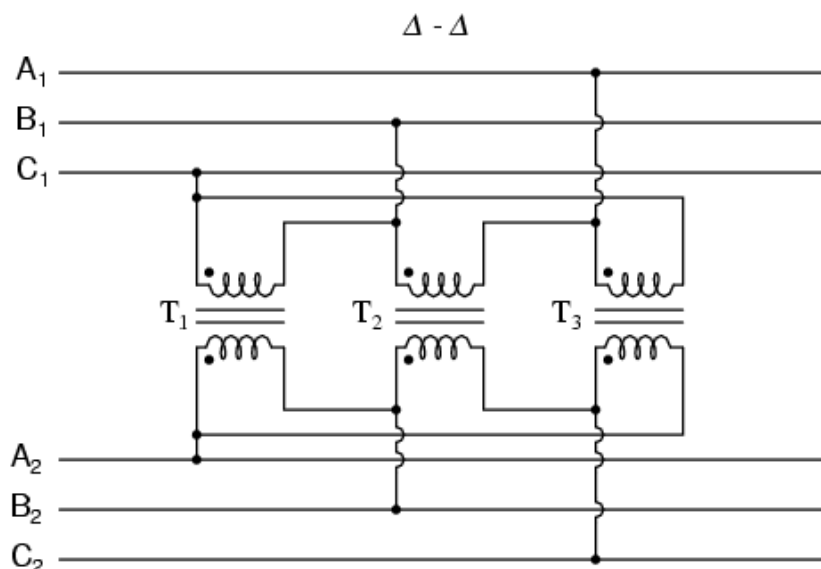
5.1.3 Các kiểu kết nối MBA ba pha.

Dây quấn máy biến áp có thể thực hiện đấu nối theo dạng hình sao (ký hiệu “Y”) hoặc có thể theo hình tam giác (ký hiệu “Δ” hay “D”).

Đấu Y là ba đầu hoặc cuối nối lại với nhau, đấu Δ là đầu đầu cuộn này đấu vào đầu cuối cuộn dây kia.

Có bốn kiểu đấu dây:

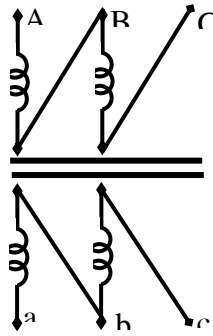
- Sơ cấp đấu tam giác, thứ cấp đấu tam giác (Δ/Δ), sử dụng cho điện áp trung bình như trong công nghiệp.



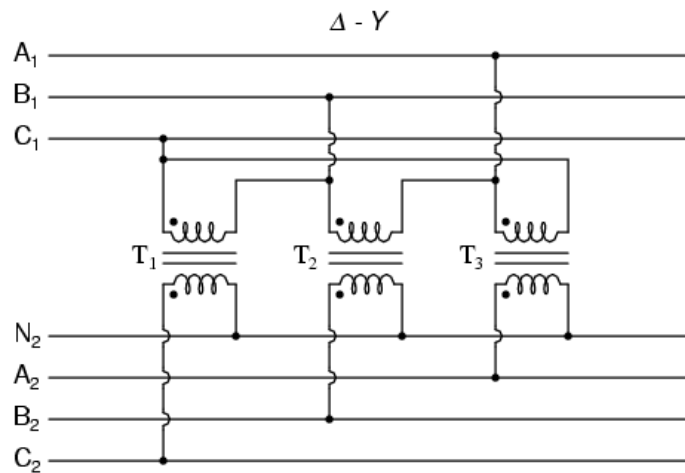
Hình : Nối Δ/Δ

Một sự thuận lợi của kiểu đấu này là nếu một máy biến áp bị hư thì hai máy biến áp còn lại có thể được vận hành theo kiểu đấu tam giác hở. Kiểu đấu tam giác hở này vẫn bảo đảm đúng mối quan hệ về pha. Chú ý là công suất của máy biến áp lúc này giảm xuống và bằng khoảng 58% công suất khi còn đủ ba máy biến áp.

Ví dụ: Công suất mỗi máy biến áp một pha là 25kVA, tổng công suất của ba máy là 75kVA. Nếu một máy được tháo ra và vận hành theo kiểu đấu tam giác hở thì công suất còn lại là $75\text{kVA} \times 58\% = 43.5\text{kV}$

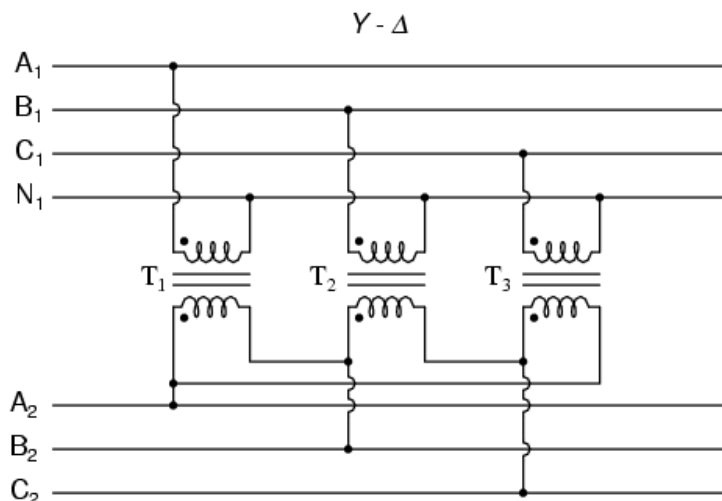


- Sơ cấp đấu tam giác, thứ cấp đấu sao (Δ/Y), sử dụng phổ biến trong công nghiệp và thương mại.



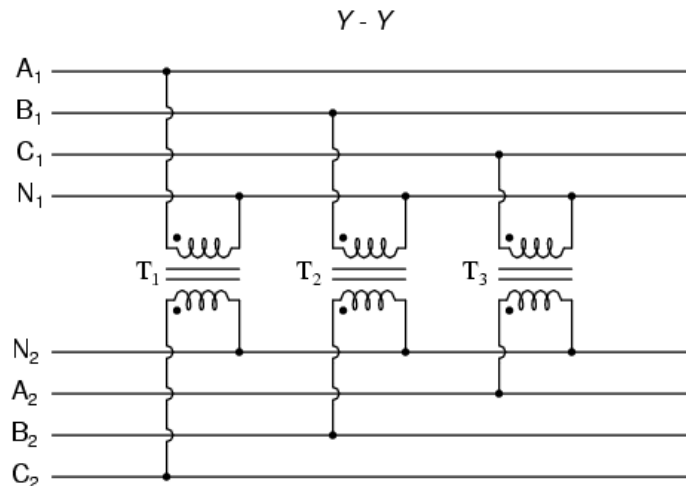
Hình :Nối ΔY

- Sơ cấp đấu sao, thứ cấp đấu tam giác (Y/Δ), sử dụng cho giảm áp.



Hình :Nối ΔY

- Sơ cấp đấu sao, thứ cấp đấu sao (Y/Y), rất ít được sử dụng vì vấn đề điều hoà và cân bằng.



Trong các máy biến áp truyền tải điện năng, phía cao áp thường đấu Y và phía hạ áp thường đấu Δ vì:

- Khi đấu Y: điện áp pha nhỏ hơn điện áp dây $\sqrt{3}$ lần, ($U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$), do đó các vấn đề cách điện trong máy giảm, chi phí giảm. Các cuộn dây điện áp cao của các máy biến áp hoạt động trên 100 000 V thường được đấu Y.
- Khi đấu Δ dòng $I_p < I_d \sqrt{3}$ lần ($U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$), do đó đường kính dây dẫn sẽ giảm nhỏ, thuận tiện cho việc chế tạo. Các máy biến áp phân phối thường phía hạ áp đấu Y₀ để cung cấp cho phụ tải hỗn hợp: vừa cần điện áp dây, vừa cần điện áp pha.

5.1.4 Tổ nối dây của máy biến áp ba pha

Tổ nối dây của máy biến áp biểu thị góc lệch pha giữa sức điện động dây sơ cấp và sức điện động dây thứ cấp, phụ thuộc vào các yếu tố: Chiều quấn dây, cách ký hiệu các đầu dây và kiểu đấu dây ở sơ cấp và thứ cấp.

- Chiều quấn dây

Với máy biến áp một pha, việc chọn đầu đầu hay đầu cuối không quan trọng, tuy nhiên với máy biến áp ba pha, việc đánh dấu đầu đầu và đầu cuối phải thực hiện chính xác để sao cho chiều quấn dây trên ba pha phải cùng chiều. Nếu có một pha không cùng chiều thì điện áp dây lấy ra trên ba pha mất tính chất đối xứng.

- Ký hiệu các đầu dây

Cuộn dây sơ cấp:

Đầu đầu :A, B, C

Đầu cuối : X, Y, Z

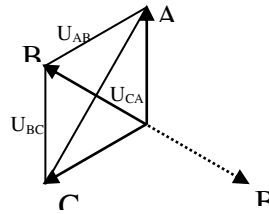
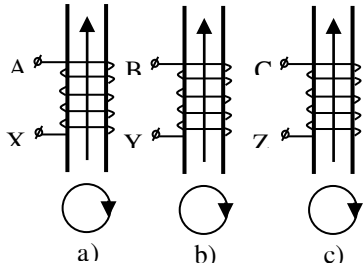
Trung tính : O hoặc N

Cuộn dây thứ cấp :

Đầu đầu : a, b, c

Đầu cuối : x, y, z

Trung tính : o hoặc n

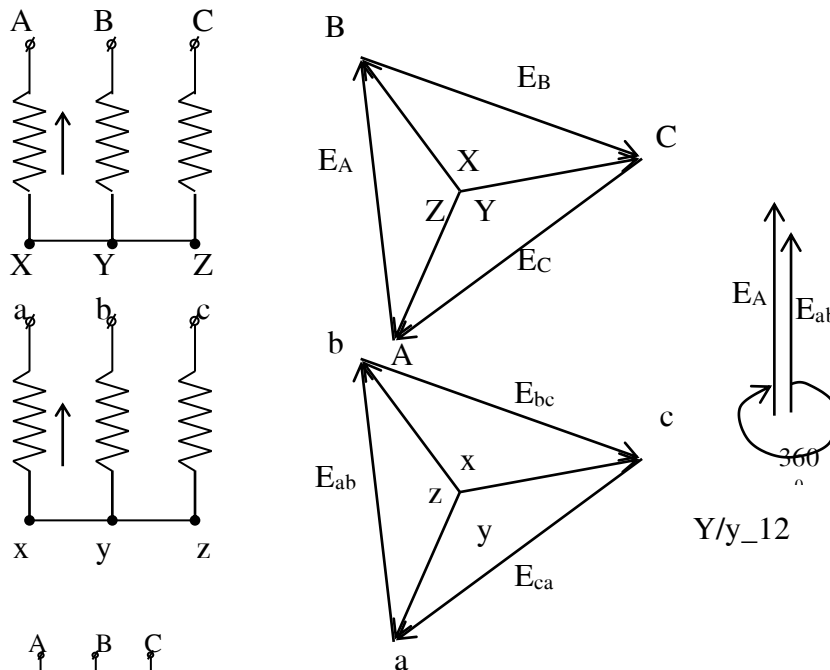


- Xác định tổ nối dây:

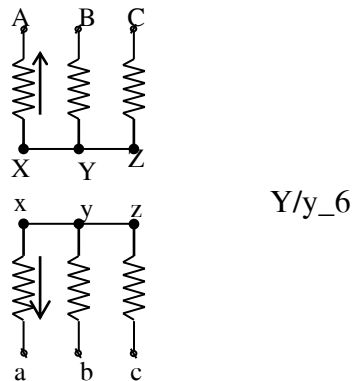
- Kiểu đấu dây → vẽ đồ thị vector sức điện động dây quấn sơ cấp và sức điện động dây quấn thứ cấp.
- Xác định vector điện áp dây sơ cấp và thứ cấp.
- sức điện động dây sơ cấp được biểu thị bằng kim dài của đồng hồ và đặt ở vị trí số 12.
- Căn cứ vào góc lệch pha giữa sức điện động dây sơ cấp và sức điện động dây thứ cấp để biểu thị sức điện động dây thứ cấp bằng kim ngắn của đồng hồ ở vị trí tương ứng với góc độ đó theo chiều thứ tự pha.

Việc sản xuất nhiều máy biến áp có tổ đấu dây khác nhau rất bất tiện khi đưa vào sử dụng, do vậy trên thực tế thường chỉ sản xuất máy biến áp loại $Y/Y_0 - 12$; $Y/Y_n - 0$; $Y/\Delta - 11$; $Y_0/\Delta - 11$.

Ví dụ 1: xác định tổ đấu dây của máy biến áp sau:



Ví dụ 2:



5.1.5 Tỉ số biến áp

Tỉ số máy biến áp 3 pha là tỉ số giữa điện áp dây sơ cấp và điện áp dây thứ cấp.

$$K = \frac{U_{1P}}{U_{2P}}$$

Do đó tỉ số biến áp phụ thuộc vào tỉ số vòng dây giữa sơ cấp, thứ cấp, tổ đấu dây.

Ví dụ: xét tỉ số biến áp trong các trường hợp sau:

- ❖ Tổ nối dây: Y/Δ

$$K = \frac{U_{1p}}{U_{2p}} = \frac{U_{d1}}{\sqrt{3}U_{d2}}$$

❖ Tổ nối dây: Y/ Y₀

$$K = \frac{U_{1p}}{U_{2p}} = \frac{U_{d1} / \sqrt{3}}{U_{d2} / \sqrt{3}} = \frac{U_{d1}}{U_{d2}}$$

Như vậy: đối với máy biến áp 1 pha tỉ số biến áp chỉ phụ thuộc vào tỉ số vòng dây ($\frac{N_1}{N_2}$) còn ở máy biến áp 3 pha còn phụ thuộc vào tổ nối dây.

6.1 Mô Hình Toán MBA.

Quan hệ điện áp sơ cấp và thứ cấp là quan hệ điện từ. Do đó để thuận tiện trong quá trình phân tích MBA, tính toán bài toán có liên quan đến MBA trong hệ thống điện, người ta thay thế MBA bằng một mô hình toán hay một mạch điện tương đương.

Việc quy đổi hay thay thế phải không làm thay đổi các quá trình vật lý xảy ra trong MBA như công suất truyền tải, tổn hao . . . của MBA. Và để tạo nên một mạch điện thì mạch sơ cấp và thứ cấp phải liên kết được với nhau, do đó các thông số ở mạch thứ cấp phải được quy đổi tương đương về sơ cấp.

✚ Sức điện động và điện áp (E_2' ; U_2')

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow E_1 = k.E_2$$

Gọi E_2' là sức điện động thứ cấp quy đổi về sơ cấp, do đó $E_2' = E_1 = k.E_2$

Tương tự ta có : $U_2' = k.U_2$

✚ Dòng điện (I_2')

Việc quy đổi dòng điện phải đảm bảo công suất truyền qua MBA trước và sau khi quy đổi phải bằng nhau.

$$E_2 I_2 = E_2' I_2' \Rightarrow I_2' = \frac{E_2}{E_2'} I_2 = \frac{E_2}{E_1} I_2 = \frac{I_2}{k}$$

✚ Điện trở, điện kháng, và tổng trở (R_2' , X_2' , Z_2')

$$I_2^2 R_2 = I_2'^2 R_2' \Rightarrow R_2' = \frac{I_2^2}{I_2'^2} R_2 = k^2 R_2$$

Tương tự : $X_2' = k^2 X_2$

$Z_2' = k^2 Z_2$

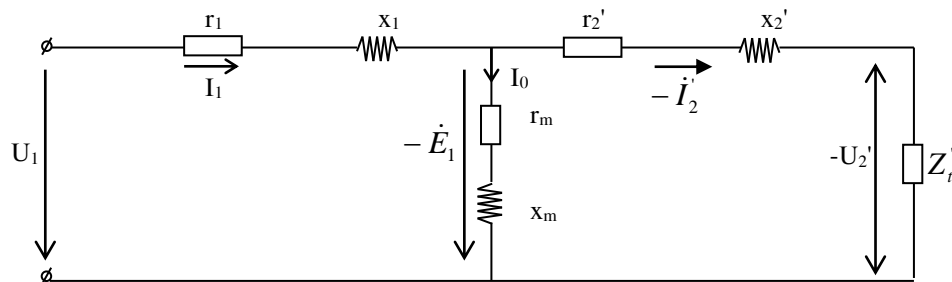
Như vậy sau khi quy đổi, ta có một hệ phương trình mô tả toán học MBA như sau :

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = -E_1 + I_1.Z_1 \\ \dot{U}_2 = E_2 - I_2.Z_2 \\ I_1 = I_0 - I_2' \end{cases}$$

7.1 Sơ Đồ Tương Đương Của MBA.

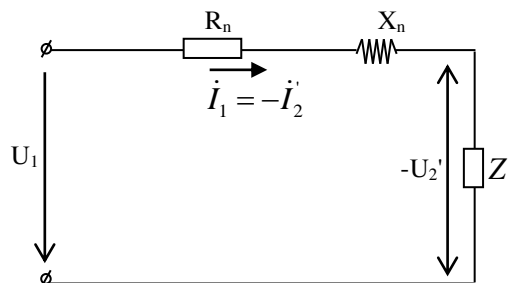
$$\text{Từ } \begin{cases} \dot{U}_1 = -E_1 + I_1 \cdot Z_1 \\ \dot{U}_2' = E_2' - \dot{I}_2' \cdot Z_2' \\ I_1 = I_0 - \dot{I}_2' \end{cases}$$

Ta có mạch điện tương đương thoả mãn hệ phương trình như sau :



I_0 được xem như thành phần chính tạo nên từ thông trên lõi thép và $Z_m = R_m + jX_m$ là tổng trở từ hoá mạch từ trong MBA,

Thông thường $Z_m \gg Z_1$ và Z_2 nên để đơn giản trong quá trình tính toán mà không gây ra sai lệch nhiều về kết quả ta có sơ đồ tương gần đúng :



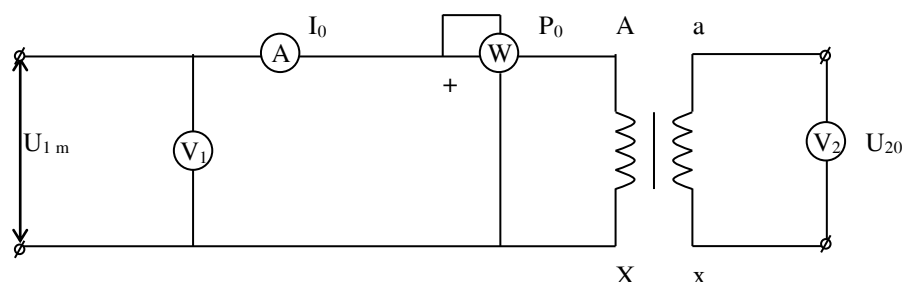
Với $R_n = r_1 + r_2'$

$X_n = x_1 + x_2'$

$Z_n = R_n + jX_n$: Tổng trở ngắn mạch của MBA.

Xác Định Các Tham Số MBA.

7.7.1. Thí nghiệm không tải:



Trong các thí nghiệm ta có: I_0 , P_0 , U_{1dm} , U_{20}

➤ Tổng trở máy biến áp lúc không tải:

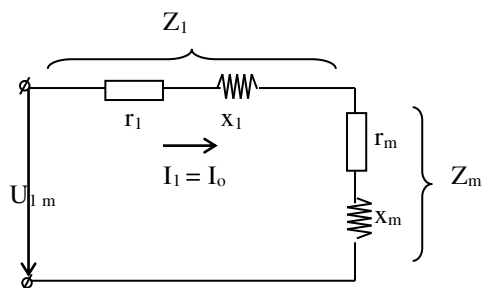
$$Z_0 = \frac{U_{1dm}}{I_0}$$

➤ Điện trở không tải

$$r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}, \quad P_0 : \text{tổn hao thép } P_{Fe}$$

➤ Điện kháng không tải

$$x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}$$



$$Z_0 = Z_1 + Z_m$$

$$r_0 = r_1 + r_m$$

$$x_0 = x_1 + x_m$$

vì

$$\begin{cases} Z_1 \ll Z_m \\ r_1 \ll r_m \\ x_1 \ll x_m \end{cases}$$

Nên

$$Z_0 = Z_m$$

$$r_0 = r_m$$

$$x_0 = x_m$$

➤ Tỷ số biến áp:

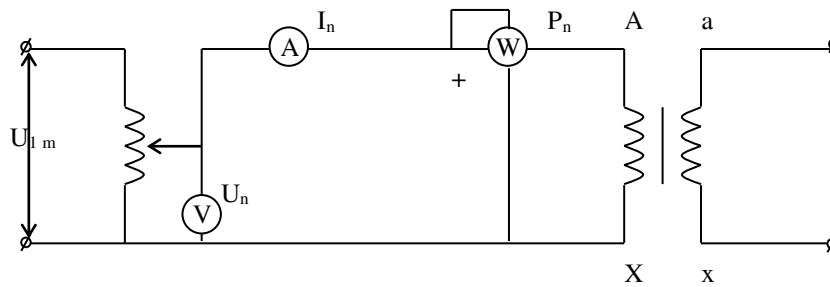
$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_{1dm}}{U_{20}}$$

➤ Hệ số công suất không tải

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_{1dm} \cdot I_0}$$

Không cho máy biến áp làm việc không tải hoặc non tải vì lúc đó hệ số công suất rất thấp.

7.7.2. Thí nghiệm ngắn mạch:



Máy biến áp tự ngẫu

Ngắn mạch trong thực tế máy biến áp là chế độ sự cố khi cuộn thứ cấp bị nối tắt vì nhiều nguyên nhân: dây quấn thứ cấp bị chập xuống đất, hỏng cách điện, ... trong khi đó phía sơ cấp vẫn nối với U_{1dm}

- Đặc điểm khi ngắn mạch:
- Dòng ngắn mạch trong máy gấp 10 - 25 lần I_{1dm} nên thường gây cháy dây quấn.
- Điện áp $U_2 \approx 0$, các phụ tải mất điện áp.

Để bảo vệ máy biến áp khi có ngắn mạch thường dùng hệ thống role bảo vệ tự động các mạch sơ cấp khi có ngắn mạch.

Thí nghiệm:

Dùng máy biến áp tự ngẫu để điều chỉnh điện áp U_n đặt vào dây quấn sơ cấp máy biến áp.

- Điện áp ngắn mạch U_n
- Dòng điện ngắn mạch $I_n = I_{1dm}$
- Công suất P_n đo được chính là tổn hao đồng trên dây quấn sơ cấp và dây quấn thứ cấp khi dòng tải định mức (tổn hao sắt từ không đáng kể)
- Tổng trở ngắn mạch

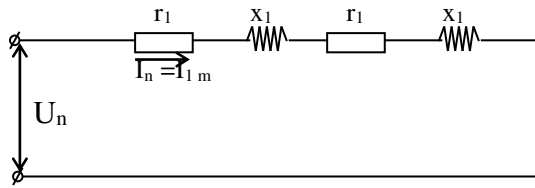
$$Z = \frac{U_n}{I_{1dm}}$$

- Điện trở ngắn mạch,

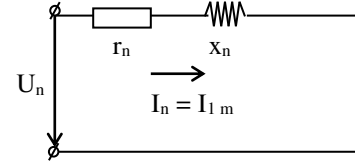
$$r_n = \frac{P_n}{I_n^2} = \frac{P_n}{I_{1dm}^2},$$

- Điện kháng ngắn mạch

$$x_n = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2}$$



hay



trong đó:

$r_n = r_1 + r'_2$: điện trở ngắn mạch

$x_n = x_1 + x'_2$: điện kháng ngắn mạch

$$r_1 \approx r'_2 \approx \frac{r_n}{2} \quad ; \quad x_1 \approx x'_2 \approx \frac{x_n}{2}$$

$$\text{➤ } \cos \varphi_n = \frac{P_n}{U_n I_{1dm}}$$

➤ Điện áp ngắn mạch phần trăm

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{1dm}} \times 100 = (5 \div 10) \% U_{1dm}$$

Điện áp ngắn mạch có hai thành phần:

$$\circ U_{nr} \% = \frac{U_{nr}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm} \cdot r_n}{U_{1dm}} \cdot 100$$

(điện áp ngắn mạch tác dụng phần trăm)

$$\circ U_{nx} \% = \frac{U_{nx}}{U_{1dm}} \cdot 100 = I_{1dm} \cdot \frac{x_n}{U_{1dm}} \cdot 100$$

(điện áp ngắn mạch phản kháng phần trăm)

7.7.3 Độ biến thiên điện áp thứ cấp theo tải

➤ Độ biến thiên điện áp thứ cấp

$$\Delta U_2 = U_{2dm} - U_2$$

➤ Độ biến thiên điện áp thứ cấp phần trăm

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{2dm} - U_2}{U_{2dm}} \times 100$$

Hay

$$\Delta U_2 \% = \beta (U_{nr} \% \times \cos \varphi_2 + U_{nx} \% \times \sin \varphi_2)$$

Trong đó

$$\beta \text{ là hệ số tải } \beta = \frac{I_1}{I_{1dm}}; \beta = \frac{I_2}{I_{2dm}}$$

$\cos \varphi_2$: hệ số công suất của tải

7.7.4. Tổn hao và hiệu suất của máy biến áp

➤ Khi máy biến áp làm việc có các tổn hao sau:

Tổn hao tải I^2R trong các cuộn dây của máy biến áp và **tổn hao không tải** là tổn hao trong lõi thép.

Tổn hao tải phụ thuộc vào dòng điện của tải

$$\Delta P_{\text{tải}} = I_1^2 r_1 + I_2^2 r_2 = I_1^2 r_1 + k^2 I_1^2 r_2 = I_1^2 (r_1 + r_2) = I_1^2 r_n = \beta^2 I_{1dm}^2 r_n$$

$$\Delta P_{\text{tải}} = \beta^2 P_n$$

Tổn hao không tải hay tổn hao lõi thép phụ thuộc vào ảnh hưởng của dòng điện trễ và dòng điện xoáy trong lõi thép của máy biến áp. Tổn hao lõi thép của một máy biến áp về cơ bản thì không đổi cho tất cả các tải khi tần số và điện áp được đặt vào máy biến áp là định mức.

➤ Hiệu suất của máy biến áp:

Hiệu suất của máy biến áp là tỷ số giữa công suất hữu ích ngõ ra đối với công suất ngõ vào. Bởi vì công suất ngõ vào của một máy biến áp bằng công suất hữu ích ngõ ra cộng với các tổn hao của nó nên ta có phương trình hiệu suất như sau:

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{tổn hao}}} \times 100\%$$

$$\eta\% = \frac{\beta S_{dm} \cos \varphi_2}{\beta S_{dm} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_n} \times 100\%$$

8.1 MBA làm việc song song.

MBA làm việc song song thỏa mãn yêu cầu sau:

- Cùng tổ đấu dây máy biến áp.
- Cùng tỷ số biến áp.
- Cùng giá trị điện áp ngắn mạch.

Ví dụ :

Một máy biến áp ba pha $S_{dm} = 560$ kVA, $U_1 = 6000$ V, $U_2 = 400$ V, đấu Y/yn, $I_0 = 4,58\%$ I_{1dm} , $U_n\% = 4.27$, $P_0 = 1970$ W, $P_n = 7000$ W. Tính:

- 1) Hệ số công suất $\cos \varphi_0$ lúc không tải
- 2) Các tham số của mạch điện tương đương

- 3) Độ thay đổi điện áp $\Delta U\%$ khi máy biến áp làm việc ở tải định mức và hệ số công suất của tải $\cos \varphi_2 = 0.8$ trễ.
 4) Hiệu suất của máy biến áp ở tải nói trên.

Giải

$$1) \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U_{1dm}I_0}$$

$$I_0 = 4.58 \% I_{1dm}$$

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}} = \frac{560 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6 \times 10^3} = 53.9 \text{ A}$$

$$I_0 = 4.58\% \times 53.9 = 0.0458 \times 53.9 = 2.47 \text{ A}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{1970}{\sqrt{3} \times 6000 \times 2.47} = 0.076$$

- 2) Các tham số của mạch điện tương đương:

$$Z_0 = \frac{U_{1P}}{I_{0P}} = \frac{6000/\sqrt{3}}{2.47} = 1402.51 \Omega$$

$$r_0 = \frac{P_{0P}}{I_{0P}^2} = \frac{1970}{3 \times (2.47)^2} = 107.63 \Omega$$

$$x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2} = 1398.37 \Omega$$

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

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{1dmp}} \times 100$$

$$U_n = \frac{U_n \% \times U_{1dmp}}{100}$$

$$U_n = \frac{4.27 \times 6000/\sqrt{3}}{100} = 147.92 \text{ V}$$

$$Z_n = \frac{147.92}{53.9} = 2.74 \Omega$$

$$r_n = \frac{P_{np}}{I_{1dm}^2} = \frac{7000}{3 \times (53.9)^2} = 0.8 \Omega$$

$$x_n = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2} = 2.62 \Omega$$

Thường

$$r_1 \approx r_2 \approx \frac{r_n}{2} = 0.4 \Omega$$

$$x_1 \approx x_2 \approx \frac{x_n}{2} = 1.31 \Omega$$

$$3) \Delta U\% = \beta(U_{nr}\% \times \cos \varphi_2 + U_{nx}\% \times \sin \varphi_2)$$

$$\beta = 1$$

$$U_{nr}\% = \frac{I_{ldm} \times r_n}{U_{lpdm}} \times 100 = \frac{53.9 \times 0.8}{6000/\sqrt{3}} \times 100 = 1.24\%$$

$$U_{nx}\% = \frac{I_{ldm} \times x_n}{U_{lpdm}} \times 100 = \frac{53.9 \times 2.62}{6000/\sqrt{3}} \times 100 = 4\%$$

$$\Delta U\% = (0.0124 \times 0.8 + 0.04 \times 0.6) = 0.03$$

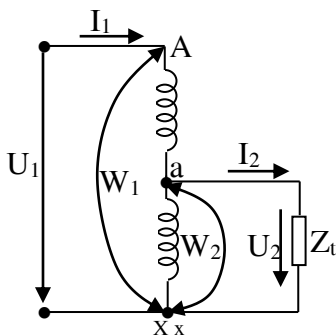
$$4) \eta\% = \frac{\beta S_{dm} \cos \varphi_2}{\beta S_{dm} \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_n} \times 100$$

$$\eta\% = \frac{1 \times 560 \times 10^3 \times 0.8}{1 \times 560 \times 10^3 \times 0.8 + 1970 + 1^2 \times 7000} \times 100 = 98.4\%$$

9.1 Các máy biến áp đặc biệt

9.9.1 Máy biến áp tự ngẫu

a. Cấu tạo:



MBA tự ngẫu 1 pha hay còn gọi là máy tự biến áp gồm có 1 dây quấn dùng làm dây quấn sơ cấp, với số vòng dây W_1 , đồng thời một bộ dây quấn của nó với số vòng dây W_2 là dây quấn thứ cấp.

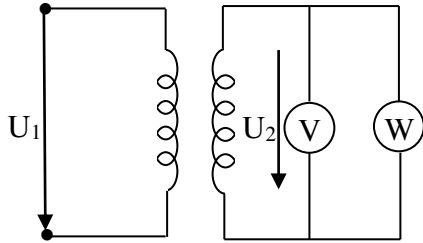
b. Nguyên lý hoạt động

Khi ta thay đổi vị trí điểm trượt a, sẽ thay đổi được số vòng dây W_2 và do đó thay đổi được điện áp U_2 . Vì thế MBA tự ngẫu dùng để điều chỉnh điện áp một cách liên tục.

c. Công suất truyền tải

MBA tự ngẫu 1 pha thường có công suất nhỏ, sự truyền tải năng lượng từ sơ cấp sang thứ cấp bằng 2 đường: điện và điện từ. Trong khi ở các MBA có 2 dây sơ cấp và thứ cấp riêng biệt, năng lượng truyền từ sơ cấp sang thứ cấp bằng điện từ. Vì thế MBA tự ngẫu có tiết diện lõi thép bé hơn MBA thông thường và có 1 bộ dây quấn, do đó tiết kiệm được dây dẫn và giảm được tổn hao.

a. Mục đích: Các MBA đo lường dùng để mở rộng thang đo cho các dụng cụ đo.



MÁY BIẾN ÁP T_U

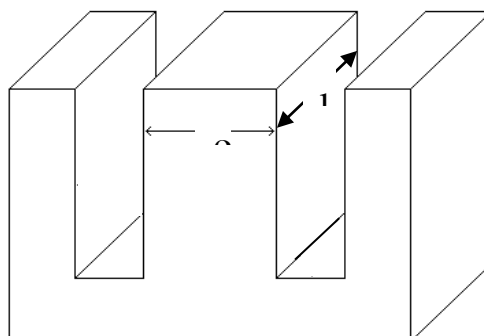
- Dùng để biến đổi điện áp cao xuống điện áp thấp để đo lường bằng các dụng cụ thông thường.
- Số vòng dây thứ cấp W_2 nhỏ hơn số vòng dây sơ cấp W_1 , thông thường người ta quy định điện áp thứ cấp U_2 định mức là 100V.
- Cuộn dây sơ cấp được mắc song song với điện áp lớn cần đo, cuộn thứ cấp được nối với vônmet hoặc oátmet ...
- Trong khi làm việc không được để MBA T_u ngắn mạch thứ cấp.

MÁY BIẾN DÒNG T_I

- Dùng để biến đổi dòng điện lớn xuống dòng điện nhỏ để đo lường và một số mục đích khác.
- Vì dòng điện thứ cấp nhỏ hơn dòng điện sơ cấp, nên số vòng dây thứ cấp W_2 nhiều hơn số vòng dây sơ cấp W_1 , thông thường người ta quy định dòng điện thứ cấp $I_2 = 5A$.
- Cuộn dây sơ cấp được nối tiếp với dòng điện lớn cần đo, cuộn thứ cấp được nối với ampemét hoặc oátmet ...
- Đối với máy biến dòng không được để hở mạch thứ cấp

10.1 Quán máy biến áp 1 pha cỡ nhỏ

10.10.1 Tính số liệu dây quấn máy biến áp 1 pha



10.10.2 Các đại lượng và công thức cơ bản:

Khi tính toán một máy biến áp, cần phải xác định các đại lượng sau:

- Điện áp định mức phía sơ cấp (U_1) v thứ cấp (U_2).
- Dòng điện định mức phía thứ cấp (I_2), nếu không biết r gi trị I_2 , ta cần xác định công thức biểu kiến S_2 , trong máy biến áp chỉ biểu thị bằng công suất biểu kiến như sau:

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

- Công suất tác dụng của phụ tải:

$$P_2 = U_2.I_2.\cos\Phi \quad [\text{W}]$$

- Hệ số công suất : $\cos\Phi$.
- Tần số f của lưới điện công nghiệp, $f = 50\text{Hz}$.
- Chế độ làm việc.

• **Các công thức cơ bản :**

- Tiết diện đo của lõi thép:

$$S_d = e.l \text{ (cm}^2\text{)}$$

- Tiết diện tính toán cần dùng cho lõi thép:

$$S_t = 0.9 S_d \text{ (cm}^2\text{)}$$

Hoặc $S_t = 1.2\sqrt{S_2}$

- Tiết diện dây quấn:

- $S_d = \frac{I}{J} \text{ (mm}^2\text{)}$

Với I là cường độ dòng điện [A].

J là mật độ dòng điện [A.mm^{-2}].

Đối với máy biến áp có công suất lớn hơn 1000 VA, chọn $J = 3.5 \text{ A.mm}^{-2}$.

Đối với máy biến áp có công suất nhỏ hơn 1000 VA, chọn $J = 5 \text{ A.mm}^{-2}$.

- Đường kính dây quấn:

$$d = \sqrt{\frac{S_d}{0.785}} \quad \text{hoặc} \quad d = 1.13\sqrt{\frac{I}{J}}$$

- Số vòng dây quấn sơ cấp:

$$W_1 = \frac{U_1 \cdot 10^8}{4,44 \cdot f \cdot S_1 \cdot B} \text{ (vòng)}$$

Trong đó :

$f = 50 \text{ Hz}$ là tần số lưới điện công nghiệp.

B là mật độ từ thông (đơn vị là Tesla) hay từ cảm sử dụng trong lõi thép.
(tỷ theo lõi thép có hàm lượng Silic nhiều hay ít ta chọn B cao hay thấp)

– Số vòng trên một volt được tính:

$$N/1v = \frac{W_1}{U_1} \text{ [vòng/volt]}$$

– Trường hợp :

$$+ \text{ Nếu } B = 12000 \text{ Gauss} = 1 \text{ Tesla} : N/1v = \frac{38}{S_t} \text{ [vòng/volt]}$$

$$+ \text{ Nếu } B = 10000 \text{ Gauss} : N/1v = \frac{45}{S_t} \text{ [vòng/volt]}$$

$$+ \text{ Nếu } B = 8000 \text{ Gauss} : N/1v = \frac{56}{S_t} \text{ [vòng/volt]}$$

Các bước tính toán:

- **Bước 1 : Tính tiết diện lõi sắt**

$$S_d = e \cdot l \quad [\text{cm}^2]$$

$$S_t = 0.9 S_d \quad [\text{cm}^2]$$

$$\text{Hoặc } S_t = 1.2 \sqrt{S_2} \quad [\text{cm}^2]$$

- **Bước 2 : Tính công suất máy biến áp**

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

Công suất tác dụng của phụ tải:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\Phi \quad [\text{W}]$$

Hiệu suất máy biến p rất lớn, từ 85% - 95% ($\eta = 0.85 - 0.95$) :

$$\eta\% = \frac{S_2}{S_1} 100$$

Suy ra công suất máy biến áp phía sơ cấp là:

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} \quad [\text{VA}]$$

- **Bước 3 : Tính tiết diện dây quấn**

$$S_d = \frac{I}{J} \quad [\text{mm}^2]$$

- **Bước 4 : Tính đường kính dây quấn**

$$d = \sqrt{\frac{S_d}{0.785}} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{Hoặc } d = 1.13 \sqrt{\frac{I}{J}} \quad [\text{mm}]$$

- **Bước 5 : Tính số vòng dây quấn trên một volt:**

Ty thuộc vào lõi sắt tốt hay xấu (phụ thuộc vào B cho trước), ta sẽ tính được số vòng dây quấn trên một volt, sau đó suy ra số vòng W_1 .

$$N/1v = \frac{W_1}{U_1} \quad [\text{vòng/volt}] \quad \Leftrightarrow \quad W_1 = U_1 \frac{N}{1V} \quad [\text{vòng}]$$

- **Bước 6 : Tính số lá sắt cần dùng:**

$$\text{Số lá sắt} = \frac{1}{\text{Bề dày lá sắt}}$$

(Bề dày lá sắt = 0.35mm đến 0.5mm)

- **Bước 7 : Tính khoảng trống chứa dây:**

- Đo chiều cao h và chiều rộng d cửa sổ của lá sắt.
- Lấy h vừa đo được trừ cho 2mm đến 4mm, sau đó chia cho đường kính dây để biết số vòng dây quấn trên mỗi lớp. Từ đó tính được tổng số lớp dây quấn và số lớp giấy cách điện.
- Cộng tổng bề dày của các lớp dây, giấy cách điện nếu:
 - + Nhỏ hơn kích thước d là tốt.
 - + Lớn hơn phải chọn khung sắt khác.
 - + Bằng d thì khĩ với dây.

11.1 Thi công quấn dây máy biến áp 1 pha công suất nhỏ

phương án dùng khuôn nhựa đúc sẵn :

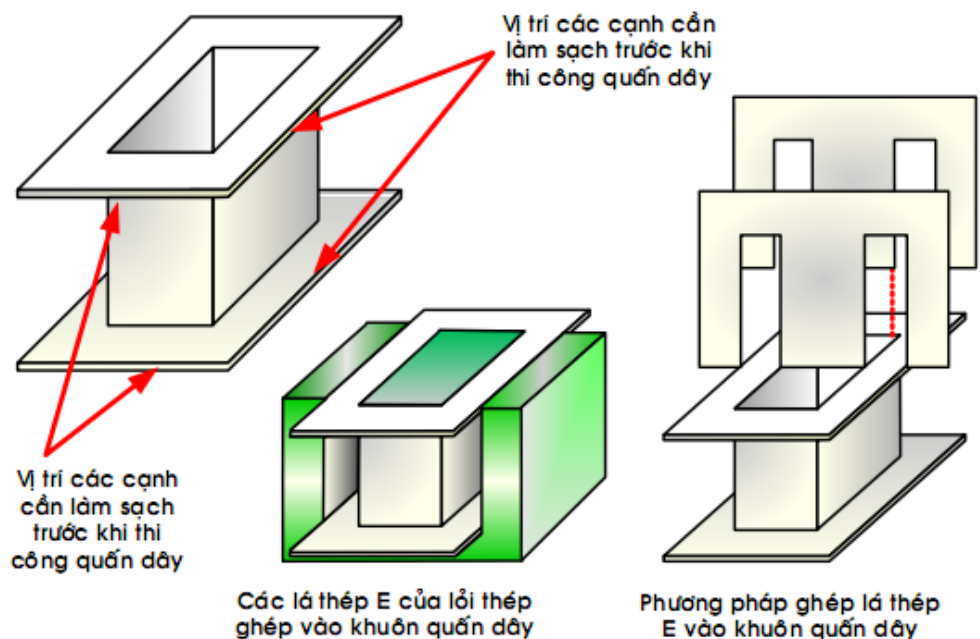
Chúng ta có thể dùng khuôn nhựa đúc sẵn, khi kích thước khuôn tương thích với kích thước lõi thép. Chọn theo phương án này, không tốn thời gian làm khuôn, nhưng phải thực hiện công tác chuẩn bị làm sạch các

cạnh khuôn nhựa trước khi quấn dây.

Vì khả năng chịu nhiệt của khuôn nhựa không cao so với các loại vật liệu các điện khác: bakelite, carton cách điện, giấy presspahn. .. đồng thời để tạo dễ dàng trong quá trình chế tạo bề dày của khuôn nhựa thường bằng hay lớn hơn 1mm; như vậy bề cao hiệu dụng dùng rãnh dây quấn sẽ nhỏ hơn bề cao cửa sổ lõi thép làm giảm thấp số vòng dây quấn bố trí cho mỗi lớp.

Điều cuối cùng cần quan tâm khi chọn lựa khuôn là chú ý đến bề dày b của lõi thép. Giá trị bề dày lõi thép, xác định trong quá trình tính toán số vòng dây, sẽ nhỏ hơn bề dày lõi thép biến áp thực tế. Sự kiện này xảy ra do ba vớ ở các cạnh mỗi lá thép; làm tăng độ dày của lõi thép trong quá trình lắp ghép (công nghệ dập lá thép càng chính xác và tinh vi làm giảm thấp lớp ba vớ xuất hiện trên các cạnh của lá thép).

Tóm lại trong quá trình thi công, trước khi thi công: chúng ta nên ghép toàn bộ các lá thép vào khuôn nhựa để xác định khả năng chứa của khuôn. Nếu khuôn quá rộng so với bề dày lá thép, dễ sinh ra hiện tượng rung và tiếng ồn tần số thấp khi biến áp vận hành. Ngược lại nếu khuôn quá hẹp, chúng ta không thể ghép hết toàn bộ lá thép vào khuôn, như vậy số liệu tính toán sẽ sai lệch.

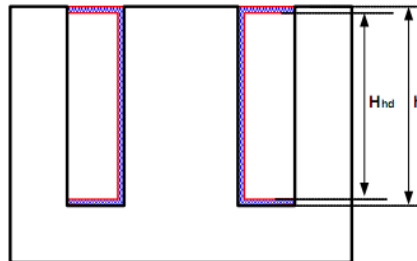


HÌNH 1.3: Khuôn nhựa dùng quấn dây và phương pháp ghép lõi thép thử khuôn.

Trong hình 1.3 chúng ta trình bày hình dạng khuôn nhựa, các vị trí cạnh cần làm sạch trước khi thi công, cách ghép thử lõi thép vào khuôn nhựa trước khi thi công.

Khi tính toán số vòng một lớp dây quấn, bề cao quấn dây xác định theo kích thước đã trừ đi bề dày của khuôn quấn (phần khuôn che phía trên 2 mặt của bộ dây). Gọi bề cao dùng quấn dây là bề cao hiệu dụng H_{hd} , ta có:

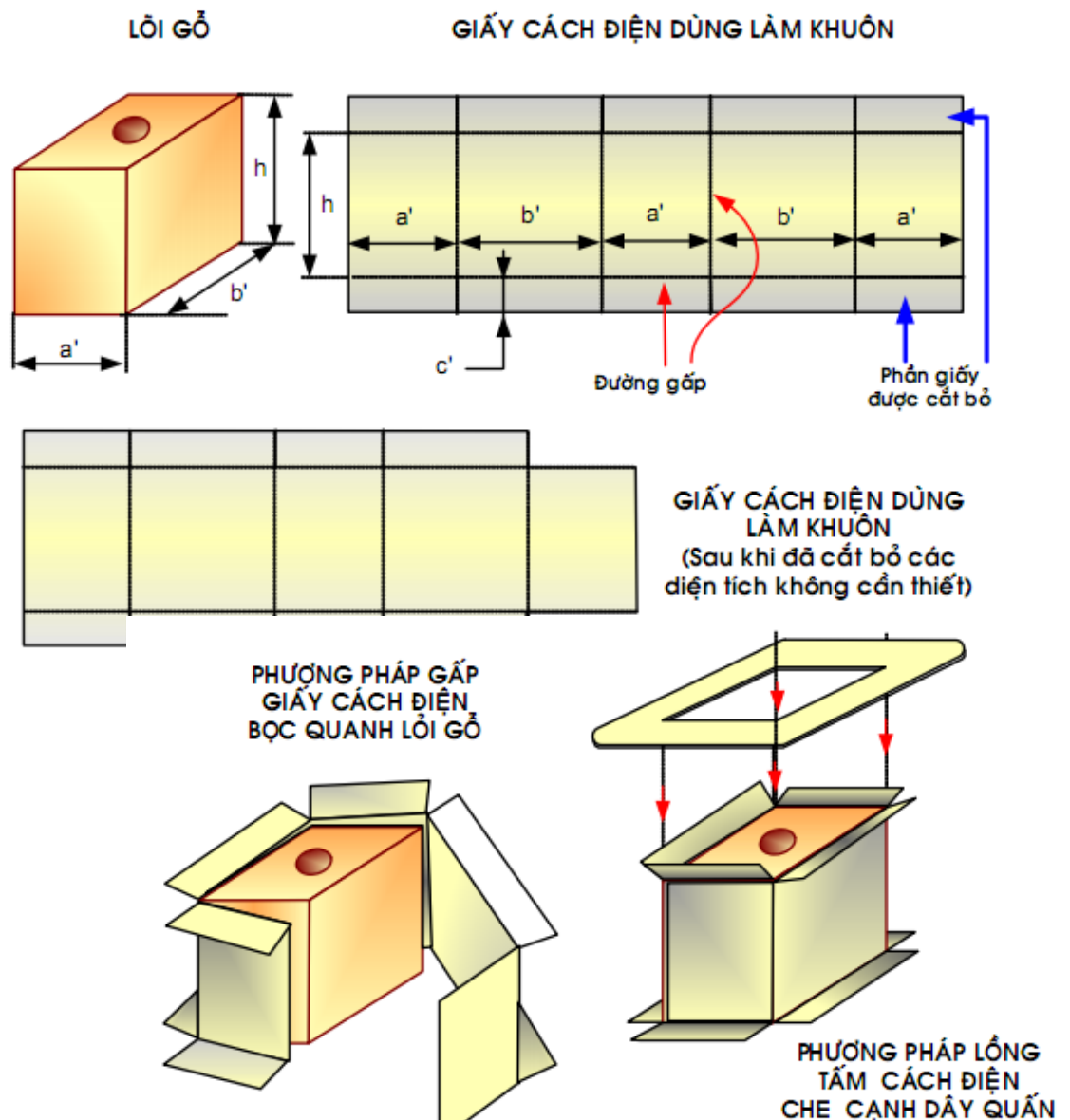
$$H_{hd} = h - 2 \cdot (\text{bề dày khuôn quấn dây})$$



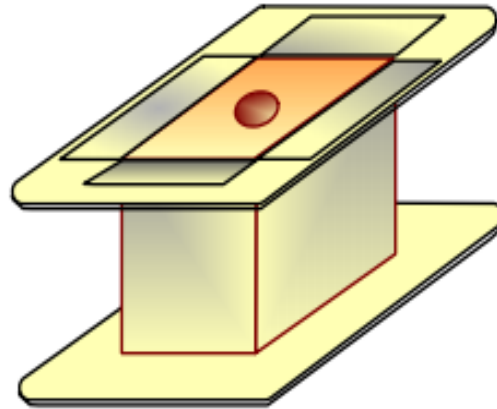
HÌNH 1.4: Bề cao hiệu dụng quấn dây.

PHƯƠNG ÁN GIA CÔNG KHUÔN QUẤN DÂY BẰNG GIẤY CÁCH ĐIỆN :

Khi dùng giấy cách điện làm khuôn quấn dây biến áp, ta phải chọn giấy cách có độ dày khoảng 1mm (nếu khuôn 1 lớp) hoặc 0,5mm (khi thực hiện khuôn có 2 lớp). Giấy cách điện làm khuôn phải cứng, có độ bền cơ học.



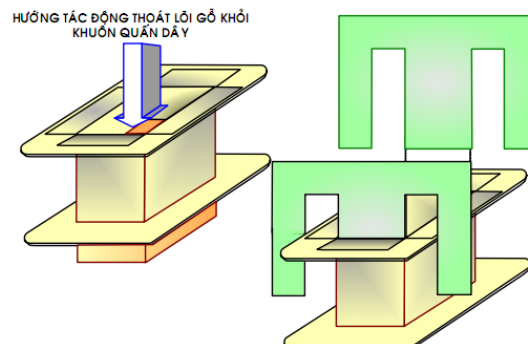
**KHUÔN QUẤN DÂY LÀM
BẰNG GIẤY CÁCH ĐIỆN
THỰC HIỆN HOÀN CHÍNH**



HÌNH 1.5 : Phương pháp thực hiện khuôn quấn dây bằng giấy cách điện.

Trong hình 1.5 trình bày trình tự thực hiện khuôn quấn dây làm bằng giấy cách điện. Với phương pháp làm khuôn quấn dây bằng giấy cách điện; khi thực hiện chúng ta cần chú ý đến các đặc điểm sau:

- ✚ **Lõi gỗ phải có kích thước quan hệ với kích thước lõi thép như sau:**
 - Kích thước a' lõi gỗ hơi lớn hơn kích thước a của lá thép khoảng 0,5 mm.
 - Kích thước b' lõi gỗ lớn hơn kích thước toàn bộ các lá thép E ghép sát lại; kích thước này lớn hơn kích thước b dùng tính toán tiết diện lõi thép.
 - Kích thước h của lõi gỗ bằng độ cao h của cửa sổ lõi thép.
- ✚ Bề rộng của tấm giấy cách điện dùng làm “tai” của khuôn quấn dây dùng che các cạnh dây quấn chống xô xát với lá thép trong quá trình lắp ghép phải có bề rộng bằng với bề rộng c của cửa sổ lõi thép.
- ✚ Phải dùng keo dán lớp giấy gấp mí của khuôn quấn dây. Lớp gấp mí luôn nằm phía cánh a của lõi thép.
- ✚ Dùng kéo dán định vị các tấm giấy cách điện (“tai “ của khuôn quấn) vào khuôn quấn dây.
- ✚ Sau khi thực hiện; chờ cho các lớp keo dán khô hẳn, cho lõi gỗ thoát khỏi khuôn giấy và dùng lá thép E ướm kiểm tra lại điều kiện bỏ lọt lá thép E vào khuôn quấn dây. Nếu cần thiết dùng kéo tỉa định hình những vị trí dư thừa. Sau khi cho lá thép E vào khuôn kiểm tra độ cao của khuôn phải bằng hay hơi thấp hơn bề cao h của cửa sổ lõi thép (xem hình 1.6).

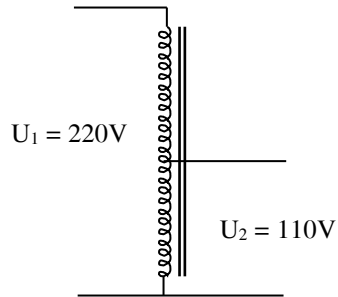


HÌNH 1.6: Thoát lõi gỗ và ướm thử lá thép E vào khuôn quấn dây.

Ví dụ mẫu về tính máy biến áp

Trường hợp có lõi sắt :

Tính một máy biến áp như hình vẽ, có $e = 38\text{mm}$, $l = 36\text{mm}$, chiều rộng cửa sổ $d = 20\text{mm}$, chiều cao cửa sổ $h = 56\text{mm}$, $B = 10000\text{ Gauss}$, $J = 3.5\text{ A.mm}^{-2}$.



GIẢI

Bước 1 : Tính tiết diện lõi sắt

$$S_d = e.l = 38 \times 36 = 1368 \text{ [mm}^2\text{]} = 13,68 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$S_t = 0.9 S_d = 0.9 \times 13.68 = 12.3 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Bước 2 : Tính công suất máy biến áp

$$S_t = 1.2\sqrt{S_2}$$

Suy ra công suất thứ cấp máy biến áp được tính :

$$S_2 = \left(\frac{S_t}{1.2}\right)^2 = \left(\frac{12.3}{1.2}\right)^2 = 105 \text{ [V.A]}$$

Suy ra công suất máy biến áp phía sơ cấp là:

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{105}{0.85} = 124 \text{ [VA]}$$

Bước 3 : Tính tiết diện dây quấn

$$S_d = \frac{I}{J} \text{ [mm}^2\text{]}$$

+ Tính dòng điện phía sơ cấp khi cấp nguồn 220V:

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1} = \frac{124}{220} = 0.56 \text{ [A]}$$

Suy ra tiết diện dây quấn phía sơ cấp:

$$S_{d1} = \frac{I_1}{J} = \frac{0.56}{3.5} = 0.16 \quad [\text{mm}^2]$$

+ Tính dòng điện phía thứ cấp có điện áp 110V:

$$I_2 = \frac{S_2}{U_2} = \frac{105}{110} = 0.96 \quad [\text{A}]$$

Suy ra tiết diện dây quấn phía thứ cấp:

$$S_{d2} = \frac{I_2}{J} = \frac{0.96}{3.5} = 0.27 \quad [\text{mm}^2]$$

Bước 4 : Tính đường kính dây quấn

$$d = \sqrt{\frac{S_d}{0.785}} \quad [\text{mm}]$$

+ Tính đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_1 = \sqrt{\frac{S_{d1}}{0.785}} = \sqrt{\frac{0.2}{0.785}} = 0.5 \quad [\text{mm}]$$

+ Tính đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_2 = \sqrt{\frac{S_{d2}}{0.785}} = \sqrt{\frac{0.38}{0.785}} = 0.7 \quad [\text{mm}]$$

Bước 5 : Tính số vòng dây quấn trên một volt:

Vì $B = 10000$ Gauss

Suy ra :

$$N/1v = \frac{45}{S_t} = \frac{45}{12.3} = 3.7 \quad [\text{vòng/volt}]$$

Ta có công thức:

$$N/1v = \frac{W_1}{U_1} \quad [\text{vòng/volt}]$$

Suy ra số vòng cuộn sơ cấp là :

$$W_1 = U_1 \frac{N}{1V} = 220 \text{ V} \times 3.7 = 814 \quad [\text{vòng}]$$

V số vòng cuộn thứ cấp 1 :

$$W_2 = U_2 \frac{N}{IV} = 110V \cdot 3,7 = 407 \quad [\text{vòng}]$$

Bước 6 : Tính số lá sắt cần dùng:

$$\text{Số lá sắt} = \frac{1}{\text{Bề dày lá sắt}} = \frac{36}{0,5} = 72 \text{ (l sắt)}$$

(chọn bề dày l sắt l 0.5mm)

Bước 7 : Tính khoảng trống chứa dây:

Ta có $h = 56 - 2 = 54$ (mm).

$$\text{Số vòng dây quấn được trên mỗi lớp} = \frac{54}{0,6} = 90 \text{ (vòng/lớp)}$$

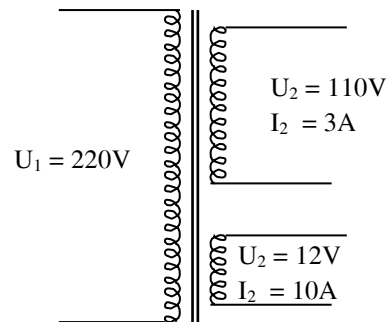
(lấy trung bình đường kính dây sơ cấp và thứ cấp chia cho 2 = 0.6mm).

$$\text{Tổng số lớp dây quấn} = \frac{814 \text{ vòng} / 11 \text{ lớp}}{90 \text{ vòng}} = 9 \text{ (lớp dây quấn)}.$$

- Cộng toàn bộ bề dày của các lớp dây, giấy cách điện nếu:
 - + Nhỏ hơn kích thước d là tốt.
 - + Lớn hơn phải chọn khung sắt khác.
 - + Bằng d thì khó vô dây.

Trường hợp chưa có lõi sắt:

Quấn một máy biến áp cách ly như hình vẽ, điện áp phía sơ cấp là 220V–50Hz, điện áp phía thứ cấp là 110V–3A sử dụng cho quạt 110V và tủ lạnh 110V và 12V–10A sử dụng để nạp acquy, $B = 10000\text{Gauss}$, $J = 3.5 \text{ A/mm}^2$.



GIẢI

Bước 1 : Tính công suất my biến p

Theo đề bài cho 3A là ứng với điện áp 110V, 10A ứng với điện áp 12V.

Ta có công thức:

$$S_2 = U_2 I_2 = 110V \times 3A + 12V \times 10A = 450 \quad [\text{VA}]$$

Suy ra công suất thực của máy biến áp phía sơ cấp là:

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{450\text{VA}}{0.85} = 529 \quad [\text{V.A}]$$

Suy ra:

- Dòng điện phía sơ cấp khi cấp nguồn 220V là:

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1} = \frac{529\text{VA}}{220} = 2.4 \quad [\text{A}]$$

- Công suất tác dụng của phụ tải :

+ Khi dùng điện áp 110V:

$$P_2 = U_2 I_2 \cos\Phi = 110\text{V} \times 3\text{A} \times 0.85 = 280.5 \quad [\text{W}]$$

+ Khi dùng điện áp 12V:

$$P_2 = U_2 I_2 \cos\Phi = 12\text{V} \times 10\text{A} \times 0.85 = 102 \quad [\text{W}]$$

Vậy công suất tác dụng tổng l:

$$P_2 = 280.5 + 102 = 382.5 \quad [\text{W}]$$

Nếu chọn hiệu suất my biến p l 85% ($\eta=0.85$), ta có:

$$\eta = \frac{S_1}{S_2} 100$$

Bước 2 : Tính thiết diện lõi sắt

$$S_t = 1.2\sqrt{S_2} = 1.2\sqrt{450} = 26 \text{ [cm}^2\text{]} = 2600 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_d = \frac{S_t}{0.9} = \frac{26\text{cm}^2}{0.9} = 28\text{cm}^2 = 2800 \text{ mm}^2.$$

Bước 3 : Tính chọn lá sắt E v số lá sắt cần dùng

+ Giả sử lõi sắt có dạng hình vuông, cạnh của hình vuông l e:

Tiết diện hình vuông l $S = S_d = e^2$

$$\text{Suy ra: } e = \sqrt{S_d} = \sqrt{2800} = 53 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{Vậy } l = \frac{S_d}{e} = \frac{2800}{53} = 52.8 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{+ Số l sắt} = \frac{l}{\text{bề dày lá sắt}} = \frac{53}{0.5} = 106 \text{ lá sắt.}$$

(chọn bề dày lá sắt l 0.5mm)

Bước 4 : Tính thiết diện dây quấn

$$S_d = \frac{I}{J} \quad [\text{mm}^2]$$

+ Tiết diện dây quấn cuộn sơ cấp:

$$S_{d1} = \frac{I_1}{J} = \frac{2.4\text{A}}{3.5} = 0.68 \quad [\text{mm}^2]$$

+ Tiết diện dây quấn cuộn thứ cấp khi cấp nguồn 110V:

$$S_{d2} = \frac{I_2}{J} = \frac{3\text{A}}{3.5} = 0.86 \quad [\text{mm}^2]$$

+ Tiết diện dây quấn cuộn thứ cấp khi cấp nguồn 12V:

$$S_{d3} = \frac{I_3}{J} = \frac{10\text{A}}{3.5} = 2.86 \quad [\text{mm}^2]$$

Bước 5 : Tính đường kính dây quấn

$$d = \sqrt{\frac{S_d}{0.785}} \quad [\text{mm}]$$

+ Đường kính dây quấn sơ cấp:

$$d_1 = \sqrt{\frac{S_{d1}}{0.785}} = \sqrt{\frac{1}{0.785}} = 1.1 \quad [\text{mm}]$$

+ Đường kính dây quấn thứ cấp khi dùng nguồn 110V–3A l:

$$d_2 = \sqrt{\frac{S_{d2}}{0.785}} = \sqrt{\frac{1.2}{0.785}} = 1.2 \quad [\text{mm}]$$

+ Đường kính dây quấn thứ cấp khi dùng nguồn 12V–10A là:

$$d_3 = \sqrt{\frac{S_{d3}}{0.785}} = \sqrt{\frac{4}{0.785}} = 2.25 \quad [\text{mm}]$$

Bước 6 : Tính số vòng dây quấn trên 1 volt

Vì $B = 10000$ Gauss, suy ra

$$N/1v = \frac{45}{S_t} = \frac{45}{26} = 1.7 \quad [\text{vòng/volt}]$$

Ta có công thức:

$$N/1v = \frac{W_1}{U_1} \quad [\text{vòng/volt}]$$

Suy ra:

+ Số vòng cuộn dây sơ cấp là:

$$W_1 = 220 \text{ V} \frac{N}{1v} = 220 \text{ V} \times 1.7 = 380 \quad [\text{vòng}]$$

+ Số vòng cuộn dây thứ cấp khi dùng điện áp 110V là:

$$W_2 = 110 \text{ V} \frac{N}{1v} = 110 \text{ V} \times 1.7 = 190 \quad [\text{vòng}]$$

+ Số vòng cuộn dây thứ cấp khi dùng điện áp 12V là:

$$W_2 = 12 \text{ V} \frac{N}{1v} = 12 \text{ V} \times 1.7 = 20 \quad [\text{vòng}]$$

Bước 7 : Tính khoảng trống chứa dây

Dựa vào e và l tra bảng (cách chọn lá sắt chuẩn e và l) để xác định kích thước h, d và tính tương tự như ví dụ 1.

12.1 Câu hỏi ôn tập:

Bài 1: Cuộn dây cao áp của một máy biến áp có điện áp định mức là 480 V và có 400 vòng. Cuộn hạ áp có bao nhiêu vòng nếu điện áp định mức là 120 V.

Bài 2: Một máy biến áp 1000 kVA; 24000/2400 V, hoạt động ở 40 V/vòng. Tìm số vòng mỗi cuộn dây và dòng định mức của mỗi cuộn.

Bài 3: Một điện trở 5 Ω được nối vào cuộn thứ cấp 120 V của một biến áp hạ áp. Nếu dòng điện cuộn sơ cấp là 6 A thì điện áp cuộn sơ cấp là bao nhiêu?

Bài 4: Một máy biến áp cung cấp một tải 30 A ở 240 V. Nếu điện áp sơ cấp là 2400 V, tính:

- Voltamperes thứ cấp
- Voltamperes sơ cấp
- Dòng điện sơ cấp

Bài 5: Tính công suất đầu ra (kW) của một máy biến áp 5kVA 2400/120 V tải tải có:

- a. 100% hệ số công suất
- b. 80% hệ số công suất
- c. 30% hệ số công suất
- d. tính dòng điện ngõ ra đầy tải

Bài 6: Tính công suất cần thiết của một máy biến áp để phân phối 1 kW ở 200 V đối với một tải trở.

Bài 7: Tính công suất cần thiết của một máy biến áp hàn để cung cấp 1 kW có hệ số công suất là 0,5, điện áp vào của máy hàn là 200 V.

Bài 8: Các cuộn dây sơ cấp của các máy biến áp một pha được đấu thành hình sao và các cuộn dây thứ cấp được đấu tam giác, điện áp đặt vào mỗi cuộn dây sơ cấp là 2300 V, và điện áp dây thứ cấp là 230 V. Tìm dòng điện dây thứ cấp khi dòng điện dây sơ cấp là 20A.

Bài 9: Một voltmeter, ammeter, và wattmeter được mắc với các máy biến áp đo lường thích hợp ở mạng điện một pha và các số liệu như sau:

- a. Tỉ số biến dòng 5:1
- b. Tỉ số biến áp 20:1
- c. Số chỉ của voltmeter 110 V
- d. Số chỉ của ammeter 4 A
- e. Số chỉ của wattmeter 360 W

Tìm điện áp, dòng điện, voltamperes, hệ số công suất và công suất của mạch sơ cấp.

Bài 10: Một máy biến áp ba pha có các số liệu như sau: $S = 20 \text{ kVA}$; $U_1/U_2 = 6 / 0.4 \text{ kV}$; $P_n = 0.6 \text{ kW}$; $U_n\% = 5.5$; $P_0 = 0.18 \text{ kW}$; nối Y/yn. Tính:

1. Z_n ; r_n ; x_n ; $\cos\omega_n$
2. U_n ; $U_{nr}\%$; $U_{nx}\%$
3. $\Delta U\%$ khi hệ số tải $\beta = 0.5$ và $\beta = 1$ với $\cos\omega_2 = 0.8$ (tải cảm)
4. Hiệu suất của máy biến áp ở tải nói trên.

Bài 11: Một máy biến áp ba pha có các số liệu như sau: $S = 4000 \text{ kVA}$; điện áp 22 / 0.4 kV; $I_0 = 4.5\%$ $P_n = 45 \text{ kW}$; $U_n\% = 5$; $P_0 = 13.2 \text{ kW}$; nối Y/d. Tính:

1. Z_n ; r_n ; x_n ; $\cos\omega_n$
2. Điện áp thứ cấp U_2 khi hệ số tải $\beta = 0.75$ với $\cos\omega_2 = 0.85$ trễ
3. Hiệu suất của máy biến áp khi $\beta = 1$; $\cos\omega_2 = 0.5$

Bài 12: Một máy biến áp một pha có $r_1 = 0.5835$; $x_1 = 4.4$; $r_2 = 0.037$; $x_2 = 0.42$; $U_{10} = 20210$ V ; $U_{20} = 6600$ V ; $I_0 = 12.3$ A ; $P_0 = 26600$ W. Tính các tham số của mạch điện tương đương.

Bài 13: Một máy biến áp phân phối một pha 2300 V/230 V; 500 kVA được thí nghiệm:

- không tải: $U_1 = 2300$ V ; $I_0 = 9.4$ A ; $P_0 = 2250$ W
 - ngắn mạch: $U_n = 94.5$ V ; $I_n = I_{1đm}$; $P_n = 8220$ W
1. Tính các thông số mạch điện tương đương của máy biến áp.
 2. Dòng không tải phần trăm.
 3. Hệ số công suất không tải.
 4. Điện áp ngắn mạch phần trăm.
 5. Hệ số công suất ngắn mạch.
 6. Điện áp ngắn mạch tác dụng và phản kháng phần trăm
 7. Khi $\cos \varphi_2 = 0,8$ trễ. Tính U_2 khi tải bằng nửa tải định mức.
 8. Tính hiệu suất của máy biến áp ở tải nói trên.

Bài 14: Một máy biến áp ba pha đấu Y/d có $S_{đm} = 60$ kVA; $U_{1đm} = 35$ kV; $U_{2đm} = 400$ V; $U_n\% = 4.55$; $P_n = 1200$ W; $I_0\% = 11\%$; $P_0 = 502$ W; hệ số công suất của tải $\cos \varphi_2 = 0.8$ trễ. Tính:

- b. Dòng điện dây sơ cấp và thứ cấp định mức của máy.
- c. Tính r_1 ; r_2 ; x_1 ; x_2 .
- d. Dòng điện không tải.
- e. Hệ số công suất không tải, hệ số ngắn mạch $\cos \varphi_n$.
- f. Độ thay đổi điện áp khi máy biến áp làm việc ở tải định mức.
- g. Hiệu suất khi máy biến áp làm việc ở 80% tải định mức.

BÀI 2: MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Giới thiệu:

- Máy điện không đồng bộ là loại Máy điện có phần quay, làm việc với điện xoay chiều, theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay của rôto khác với tốc độ quay của từ trường.
- Máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch, có thể làm việc ở chế độ động cơ điện và Máy phát điện. Máy phát điện không đồng bộ có đặc tính làm việc không tốt nên ít được dùng.
- Động cơ điện không đồng bộ có cấu tạo và vận hành đơn giản, giá thành rẻ, làm việc tin cậy nên được sử dụng nhiều trong sản xuất và đời sống.
- Động cơ điện không đồng bộ gồm các loại: động cơ ba pha, hai pha và một pha.

Mục tiêu của bài:

- Mô tả được cấu tạo, nguyên lý làm việc động cơ không đồng bộ
- Tính toán được các thông số của động cơ
- Vẽ được sơ đồ trải bộ dây
- Bảo dưỡng và sửa chữa được 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 cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác, tư duy khoa học và sáng tạo

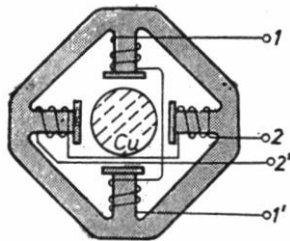
Nội dung chính:

2.1 Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ

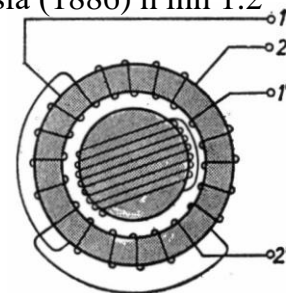
Faraday tìm ra định luật cảm ứng điện từ vào 1831

Maxwell tìm phương trình Maxwell vào khoảng 1860

Máy điện không đồng bộ (hay máy điện cảm ứng) được phát minh bởi hai nhà khoa học Galileo Ferraris (1885) hình 1.1 và Nicola Tesla (1886) hình 1.2



Hình 2.1 Động cơ cảm ứng của Ferraris (1885)



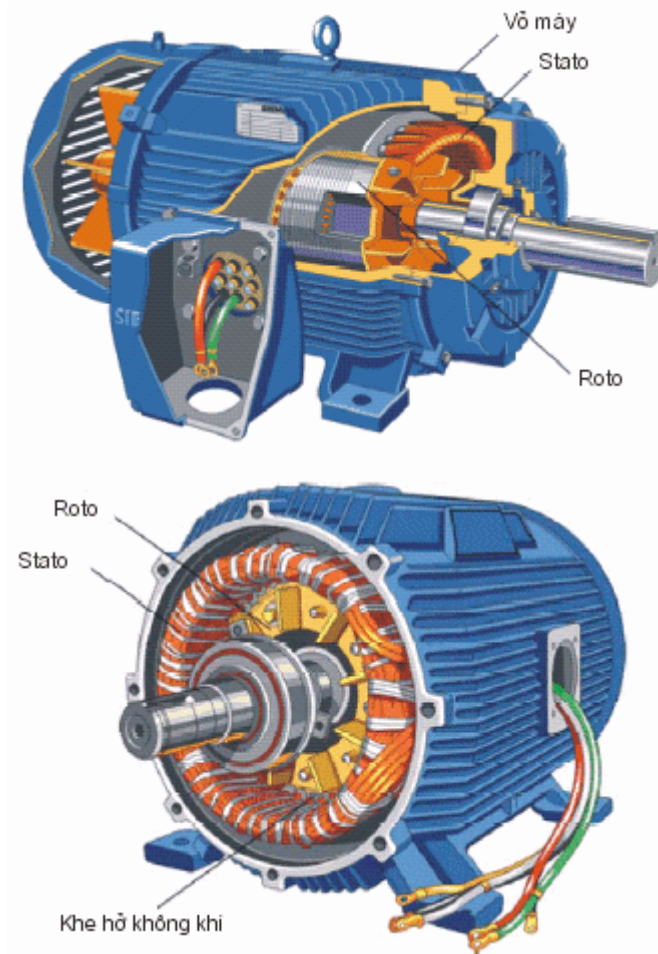
Hình 2.2 Động cơ cảm ứng của Tesla (1886)

Ngày nay hầu hết các máy điện công nghiệp đa số là động cơ cảm ứng 3 pha.

Nên chương này giới thiệu về động cơ cảm ứng 3 pha.

2.2 Cấu tạo động cơ không đồng bộ

Máy điện không đồng bộ gồm 2 bộ phận chính: stator (phần tĩnh) và rotor (phần quay) chúng cách nhau bởi khe hở không khí.



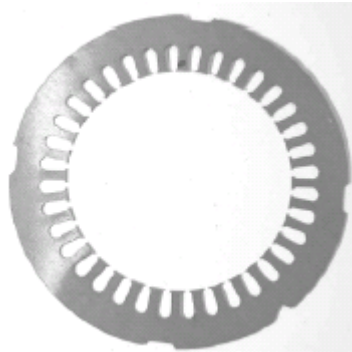
Stator: Gồm vỏ máy, lõi sắt và dây quấn

- Vỏ máy: để cố định lõi sắt và dây quấn chứ không dẫn từ. Vỏ máy thường làm bằng gang. Đối với máy công suất lớn (>1000 kW) dùng thép tấm hàn lại.



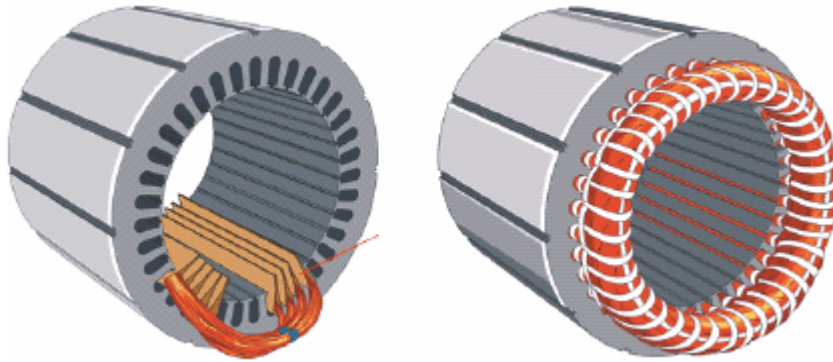
Hình 2.3: Vỏ máy

- Lõi sắt: để dẫn từ. Vì từ trường đi qua lõi thép là từ trường quay nên để giảm tổn hao lõi thép được ghép từ các lá thép kỹ thuật điện dày 0,35 mm hoặc 0,5 mm. Khi đường kính ngoài > 990 mm thì phải dùng những tấm hình chữ nhật ghép. Để giảm tổn hao do dòng điện xoáy, mỗi lá thép kỹ thuật điện đều phủ sơn cách điện.



Hình 2.4: Lõi sắt stator

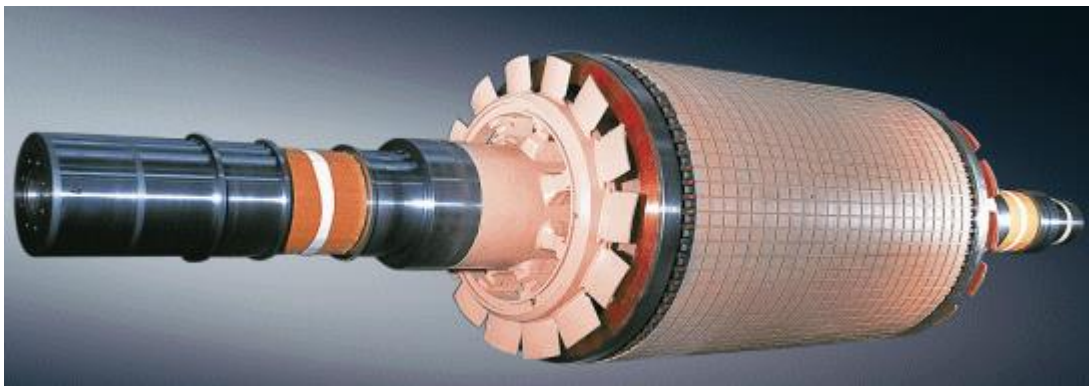
- Dây quấn: Dây quấn stator được đặt vào các rãnh của lõi sắt và cách điện với lõi này. Kết cấu dây quấn đã nghiên cứu.



Hình 2.5: Dy quấn stator

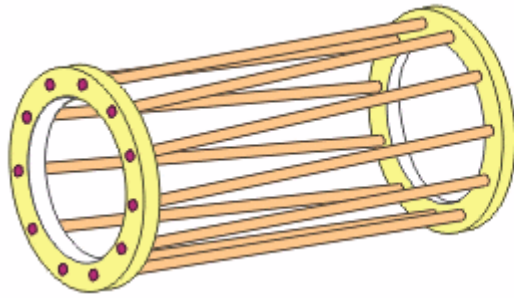
Rotor: lõi sắt và dây quấn.

- Lõi sắt: Vì tổn hao trong lõi sắt roto rất nhỏ nên không cần dùng thép kỹ thuật điện cũng được. Nhưng để lợi dụng thép kỹ thuật điện sau khi dập lá thép stator người ta ép lõi sắt roto luôn. Lõi sắt roto được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên giá đỡ roto. Phía ngoài lá thép có dập rãnh để đặt dây quấn.



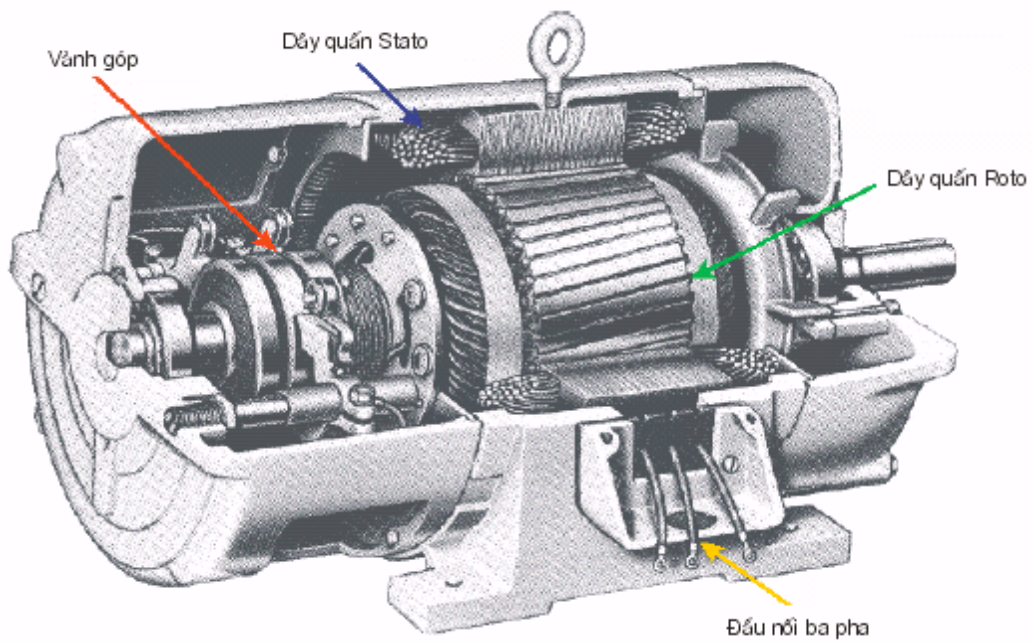
Hình 2.6: Rotor

- Dây quấn rotor: 2 kiểu:
 - Kiểu dây quấn: dây quấn rotor giống dây quấn stator. Trong máy điện cỡ vừa trở lên thường dùng dây quấn sóng 2 lớp để bớt phần đầu nối. Trong máy cỡ nhỏ thường dùng đồng tâm 1 lớp. Dây quấn rotor được đấu hình sao 3 đầu lại nối với 3 vành trượt đồng cố định ở đầu trục và nối với mạch ngoài qua cơ cấu chổi than.
 - Kiểu lồng sóc: trong mỗi rãnh roto đặt một thanh dẫn bằng đồng hoặc nhôm dài thì ra khỏi lõi sắt và được nối tắt ở 2 đầu nhờ 2 vành ngắn mạch cũng bằng đồng hoặc nhôm tạo thành một cái lồng trụ gọi là lồng sóc.



Hình 2.7: Rotor lồng sóc

Dây quấn kiểu lồng sóc không cần cách điện với lõi sắt



Hình 2.8: Bên trong của máy điện không đồng bộ
Phân loại

- Theo kết cấu vỏ: kiểu hở, kiểu bảo vệ, kiểu kín, kiểu chống nổ.
- Theo kết cấu rotor: kiểu dây quấn rotor kiểu lồng sóc.
- Theo số pha trên dây quấn stato: 1 pha, 2 pha, 3 pha.

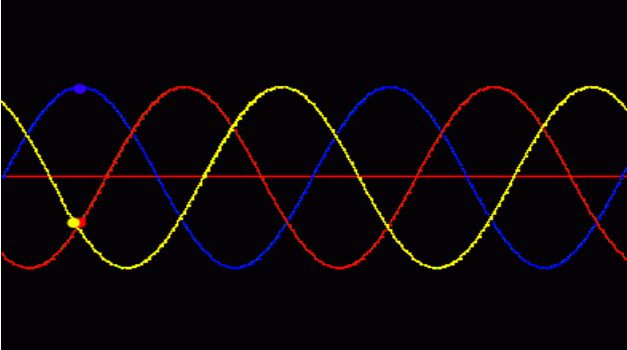
2.3 Khái niệm về từ trường quay

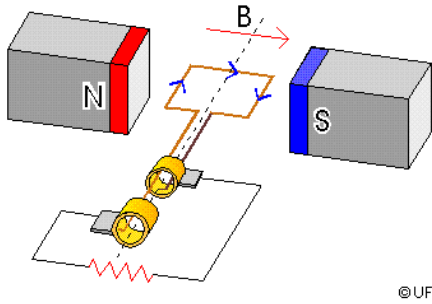
Dòng điện tức thời trên dây quấn mỗi pha (abc) có biểu thức

$$i_a = I_m \cos \omega t$$

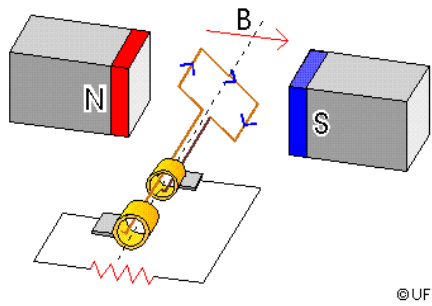
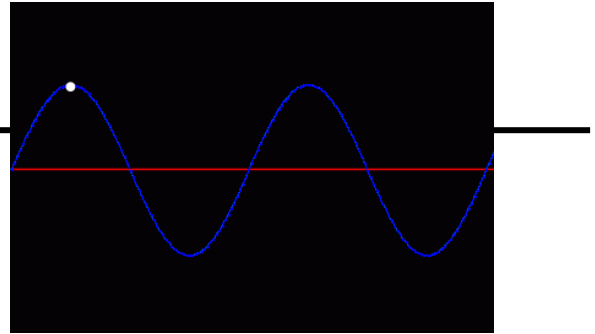
$$i_b = I_m \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_c = I_m \cos(\omega t + 120^\circ)$$

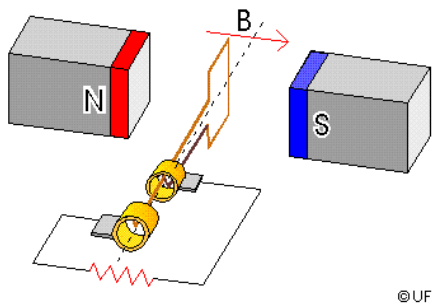
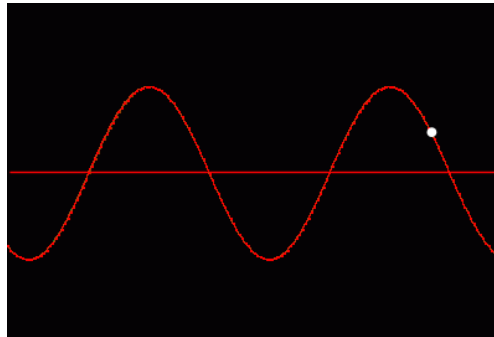




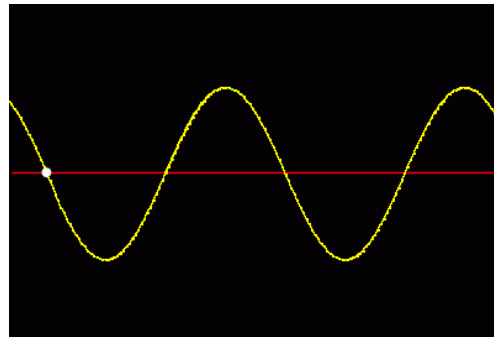
©UF



©UF



©UF



2.4 Điện áp cảm ứng

Giá trị hiệu dụng của điện áp cảm ứng trên một pha của dây quấn rotor có biểu thức như sau

$$E_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 N_2 \phi k_{\omega 2}$$

$$E_2 = 4,44 f_1 N_2 \phi k_{\omega 2}$$

Giá trị hiệu dụng của điện áp cảm ứng trên một pha của dây quấn stator có biểu thức như sau

$$E_1 = 4,44 f_1 N_1 \phi k_{\omega 1}$$

Lập tỉ số

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 k_{\omega 1}}{N_2 k_{\omega 2}}$$

với $k_{\omega 1}; k_{\omega 2}$ lần lượt là hệ số dây quấn của dây quấn stator; rotor.

$N_1; N_2$ lần lượt là số vòng của dây quấn stator; rotor.

Trường hợp đặc biệt

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

2.5 Khái niệm về sự trượt rotor

Khi rotor đứng yên

Tốc độ đồng bộ hay tốc độ từ trường (cũng có thể gọi tốc độ stator) có biểu thức

$$n_s = \frac{60f_1}{p}$$

$$n_{slip} = n_s - n_m$$

Độ trượt (đơn vị tương đối)

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s}$$

Độ trượt (đơn vị phần trăm)

$$* s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \times 100$$

Hay độ trượt được tính theo vận tốc góc

$$s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s} \times 100$$

Và vận tốc của động cơ có biểu thức

$$n_m = (1 - s)n_s \quad \text{rmp}$$

hay

$$\omega_m = (1 - s)\omega_s \quad \text{rad/s}$$

2.6 Ảnh hưởng của sự trượt lên tần số và biên độ của điện áp cảm ứng của rotor

Khi động cơ quay (rotor quay), tần số của điện áp cảm ứng trong rotor không bằng với tần số của rotor.

$$f_2 = \frac{pn_{slip}}{60} \qquad f_2 = \frac{p(n_s - n_m)}{60} \qquad f_2 = \frac{psn_s}{60}$$

$$f_2 = s \frac{pn_s}{60}$$

$$f_2 = sf_1$$

hay

$$f_r = sf_1$$

$$E_r = 4,44 f_2 N_2 \phi k_{\omega 2}$$

hoặc

$$E_r = 4,44 sf_1 N_2 \phi k_{\omega 2}$$

hoặc

$$E_r = sE_2$$

2.7 Mạch điện tương đương của một động cơ cảm ứng 3 pha

2.7.1 Mô hình mạch điện stator

$$V_1 = E_1 + I_1(R_1 + jX_1)$$

2.7.2 Mô hình mạch điện rotor

$$I_2 = \frac{sE_2}{R_2 + jsX_2}$$

$$P_{2,Cu} = 3I_2^2 R_2$$

R_c =điện trở mạch từ
 X_m =điện kháng mạch từ

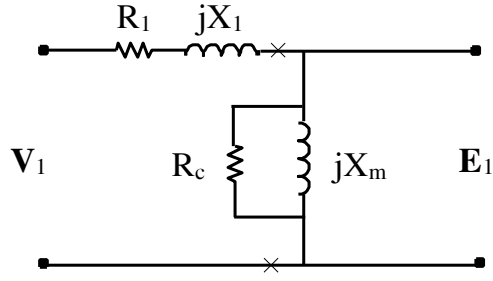
$$I_2 = \frac{E_2}{(R_2/s) + jX_2}$$

V_1 = điện áp trên một pha dây quấn stator

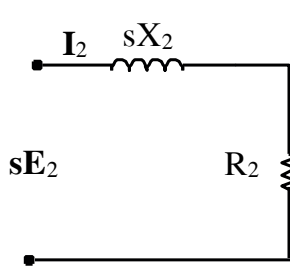
E_1 =điện áp cảm ứng trên một pha dây quấn stator

I_1 =dòng điện pha stator

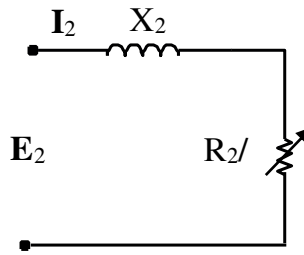
R_1 =điện trở stator trên một pha dây quấn



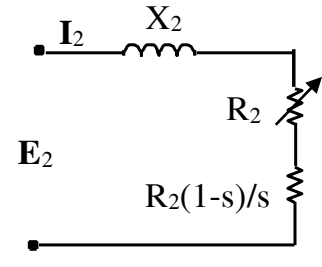
(a) mạch tương đương một pha



(b) mạch rotor



(c) mạch



(d) mạch rotor đã hiệu chỉnh

$$P_2 = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} = \frac{P_{2,Cu}}{s}$$

$$P = P_g = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} = 3I_2^2 \left[R_2 + \frac{R_2}{s} (1-s) \right]$$

$$P_d = P_{mech} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} (1-s)$$

hoặc

$$P_d = P_{mech} = (1-s)P_g$$

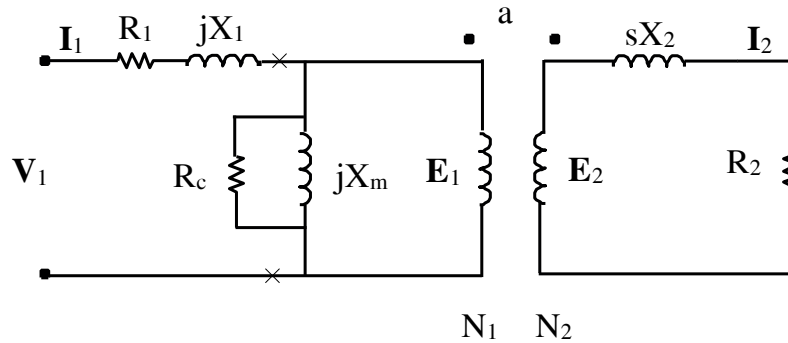
hoặc

$$P_d = P_{mech} = \frac{1-s}{s} P_{2,Cu}$$

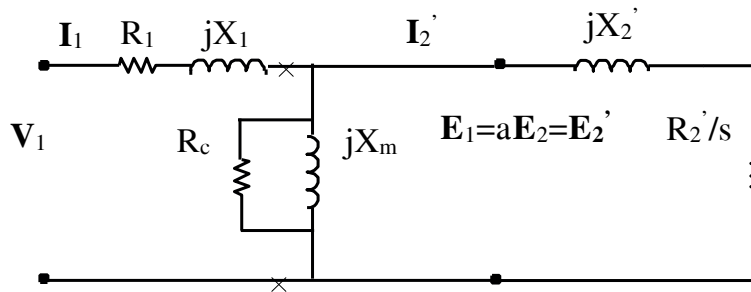
trong đó

$$P_{2,Cu} = 3I_2^2 R_2 = sP_g$$

2.7.3 Mạch điện tương hoàn chỉnh



(a) mạch tương đương của một động cơ cảm ứng



(b) mạch tương đương chính xác

Các đại lượng được quy đổi *phấy đã quy đổi, không thấy giá trị ban đầu*

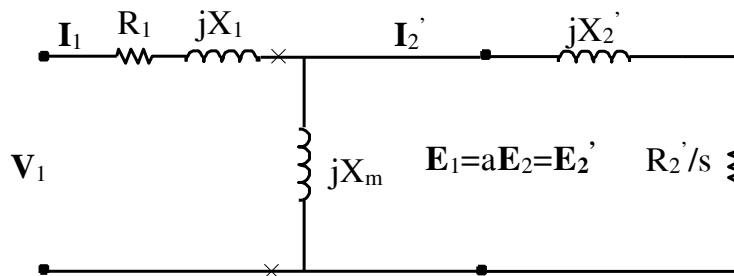
$$E_1 = aE_2 = E_2'$$

$$R_2' = a^2 R_2$$

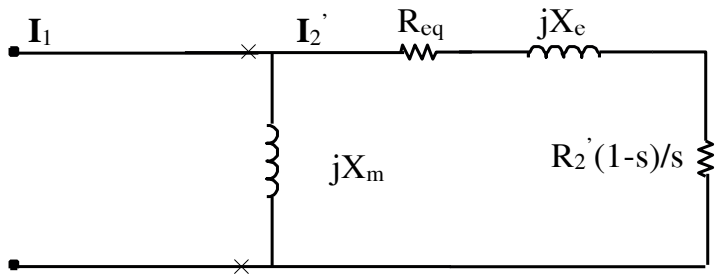
$$X_2' = a^2 X_2$$

$$R_2' \frac{1-s}{s} = a^2 R_2 \frac{1-s}{s}$$

2.7.4. Mạch điện tương đương gần đúng



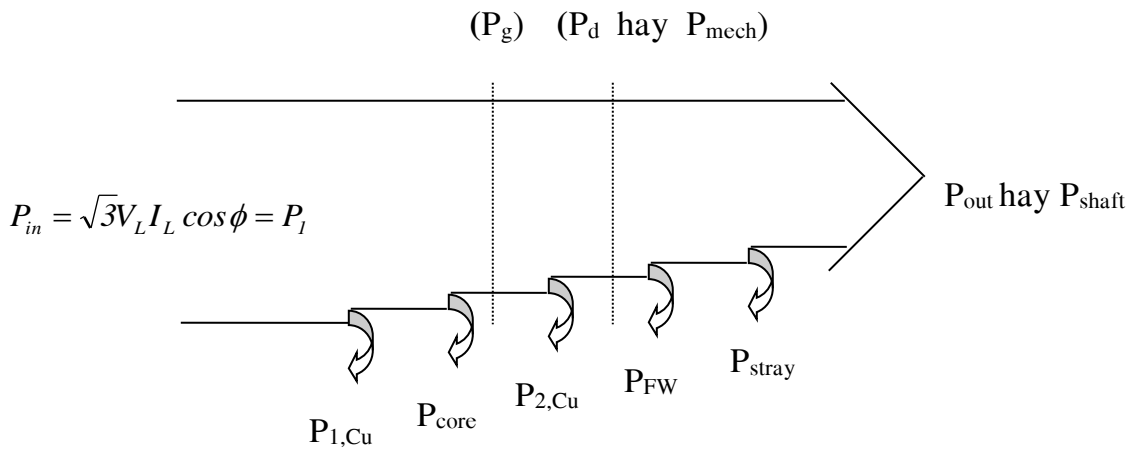
(a)(IEEE, tác giả Steinmetz)



$R_{eq} = R_1 + R_2'$ $X_{eq} = X_1 + X_2'$

(b) mạch điện xấp xỉ

2.8 Quá trình chuyển hóa năng lượng trong máy điện không đồng bộ.



$P_{1,Cu}$ = Công suất tổn hao đồng trên dây quấn stator

P_{core} = Công suất tổn hao thép

$P_{2,Cu}$ = Công suất tổn hao đồng rotor

P_{FW} = Công suất tổn hao ma sát

P_{stray} = Công suất tổn hao thép

Công suất điện cấp vào động cơ (cấp vào dây quấn stator)

$$P_{in} = P_1 = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$$

Công suất tổn hao đồng trên dây quấn stator

Công suất tổn hao thép

$$P_{1,Cu} = 3I_1^2 R_1$$

Công suất điện từ

$$P_{core} = \frac{3E_1^2}{R_C}$$

hoặc

$$P_g = P_{in} - P_{1,Cu} - P_{core}$$

hoặc

$$P_g = 3I_2^2 \frac{R_2}{s}$$

Công suất tổn hao đồng của dây quấn rotor

$$P_{2,Cu} = 3I_2^2 R_2 = sP_g$$

Công suất cơ

$$P_d = P_{mech} = P_g - P_{2,Cu}$$

hoặc

$$P_d = P_{mech} = P_g (1 - s)$$

hoặc

$$P_d = P_{mech} = \frac{1-s}{s} P_{2,Cu}$$

Công suất trên trục động cơ

$$P_{out} = P_{shaft} = P_d - P_{FW} - P_{stray}$$

Moment trên trục động cơ

$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$

Hiệu suất của một động cơ cảm ứng

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}}$$

Với P_{loss} : tổng tổn hao của máy.

2.9 Mở máy các động cơ cảm ứng

Quá trình mở máy của động cơ là quá trình kể từ lúc đóng mạch đặt điện áp vào động cơ (động cơ còn đứng yên $n = 0$) tới lúc động cơ làm việc với tốc độ quay ổn định. ($n = 0 \rightarrow n_{dm}$)

Trong quá trình mở máy động cơ điện, moment mở máy là đặc tính chủ yếu nhất trong những đặc tính mở máy của động cơ điện. Để cho máy quay được thì M_{mm} phải lớn hơn moment tải tĩnh và moment ma sát tĩnh.

$$M_{đl} = M_D - M_C$$

$\left\{ \begin{array}{l} M_D : \text{moment động cơ} \\ M_C : \text{moment tải} \\ M_{đl} : \text{moment động lực} \end{array} \right.$

➤ Khi mở máy: $s = 1$

$$I_{mm} = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r'_2)^2 + (x_1 + x'_2)^2}} = (4 \div 7) I_{dm}$$

$$M_{mm} = \frac{m_1 \cdot p \cdot U_1^2 \cdot r'_2}{2\pi f_1 [(r_1 + r'_2)^2 + (x_1 + x'_2)^2]}$$

Dòng điện mở máy quá lớn không những làm cho bản thân máy bị nóng mà còn gây sụt áp lớn trên lưới điện ảnh hưởng tới thiết bị khác làm việc trên cùng lưới điện. Do vậy phải hạn chế dòng mở máy.

➤ Yêu cầu khi mở máy:

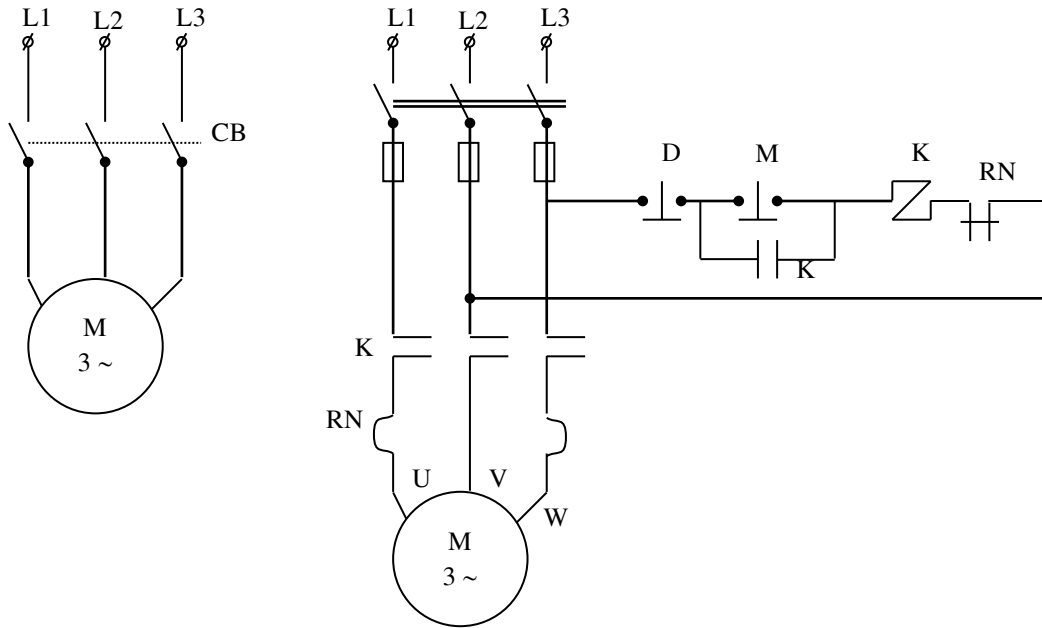
- Dòng điện mở máy phải hạn chế đến mức thấp nhất.
- Moment mở máy phải đủ lớn để đảm bảo $M_{đl} > 0$ để tiến hành tăng tốc.
- Thời gian mở máy ngắn.
- Tổn hao trong quá trình mở máy phải được hạn chế ở mức thấp nhất.
- Thiết bị và phương pháp mở máy phải đơn giản – vận hành chắc chắn.

2.9.1 Động cơ rotor lồng sóc:

2.9.1.1 Phương pháp mở máy trực tiếp:

Đây là phương pháp mở máy đơn giản

Dùng trong trường hợp công suất của nguồn cung cấp lớn hơn nhiều so với công suất của động cơ hoặc mở máy không tải.



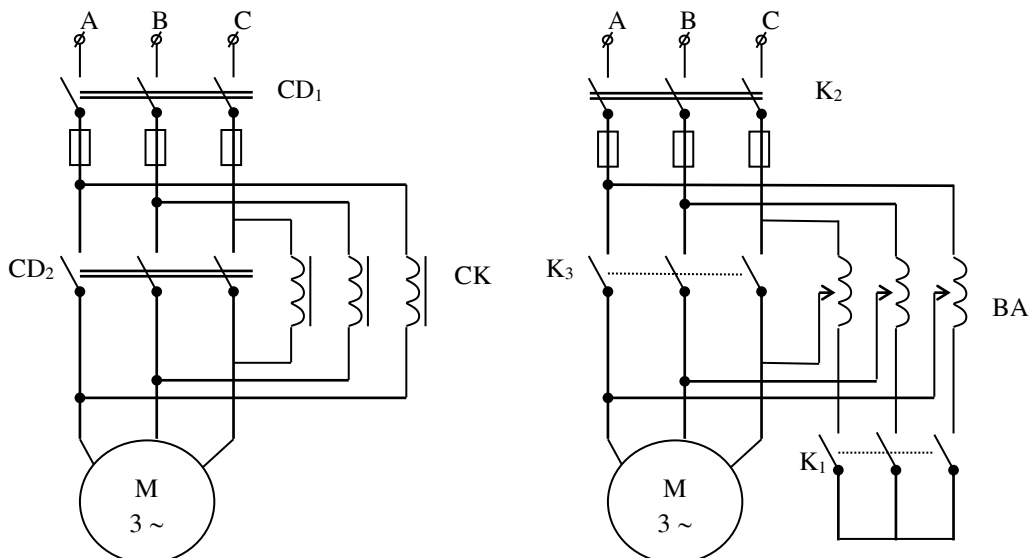
Lúc mới đóng điện dòng mở máy lớn, tốc độ động cơ tăng dần thì dòng mở máy giảm xuống. Khi tốc độ ổn định thì dòng điện ở lại trị số bình thường.

2.9.1.2 Khởi động bằng cách giảm điện áp (khởi động gián tiếp qua điện trở, cuộn kháng, biến áp, đổi nối sao – tam giác) :

Mục đích của các phương pháp này là giảm dòng mở máy. Nhưng vì M_{mm} tỉ lệ với U^2 nên khi U giảm thì M_{mm} giảm khá nhiều. U giảm k lần thì M_{mm} giảm k^2 lần.

➤ Dùng cuộn kháng nối với mạch điện stator:

Mở máy: đóng CD1, động cơ được khởi động qua cuộn kháng. Khi mở máy xong đóng CD2, điện kháng bị nối ngắn mạch, dòng mở máy giảm k lần, M_{mm} giảm k^2 lần.



➤ **Dùng biến áp tự ngẫu:**

Dòng mở máy giảm k^2 lần, M_{mm} giảm k^2 lần.

Thứ tự đóng mạch biến áp :

- Đóng k_1 để nối sao các cuộn MBA.
- Đóng k_2 động cơ được cung cấp điện áp đã hạ áp. Thay đổi vị trí con chạy đề cho lúc mở máy điện áp đặt vào động cơ nhỏ sau đó tăng dần lên (70-80)% $U_{\text{đm}}$.
- Sau khi động cơ quay ổn định, ngắt k_1 đóng k_3 đưa $U_{\text{đm}}$ vào động cơ.

➤ **Dùng phương pháp đổi nối Y - Δ :**

Phương pháp này chỉ dùng cho động cơ khi làm việc bình thường, dây quấn stator đấu hình Δ, điện áp pha bằng điện áp dây của lưới .

Gọi Z_f : tổng trở pha.

U_1 : điện áp của lưới điện.

Khi mở máy đấu Y : $U_1 = \sqrt{3} U_{fY}$, $I_{fY} = I_{dY}$

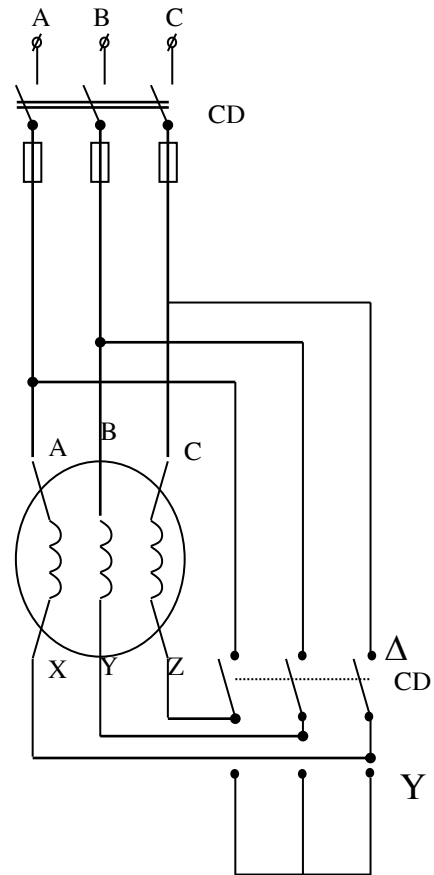
$$I_{dY} = I_{fY} = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_f}$$

Khi mở máy đấu Δ : $U_1 = U_{f\Delta}$, $I_{d\Delta} = \sqrt{3} I_{f\Delta} = \sqrt{3} \frac{U_1}{Z_f}$

Do vậy $\frac{I_{dY}}{I_{d\Delta}} = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_f} \cdot \frac{Z_f}{\sqrt{3}U_1} = \frac{1}{3} \Rightarrow I_{dY} = \frac{I_{d\Delta}}{3}$.

Vậy : dòng giảm đi 3 lần , áp giảm $\sqrt{3}$, M_{mm} giảm $(\sqrt{3})^2 = 3$ lần.

Đây là phương pháp đơn giản nên được dùng nhiều .



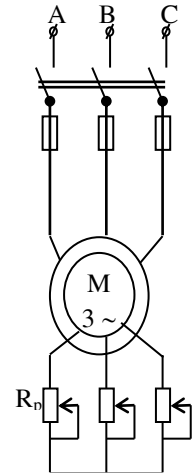
2.9.2 Động cơ rotor dây quấn:

$$I_{mm} = \frac{U_{\dot{U}}}{\sqrt{(r_1 + r'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

$$M_{mm} = \frac{m_1 P U_1^2 (r'_2 + R'_p)}{2\pi f_1 [(r_1 + r'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2]}$$

Giảm I_{mm} nhưng M_{mm} tăng lên. Đó là ưu điểm lớn của động cơ rotor dây quấn so với rotor lồng sóc.

Vì vậy những tải cần moment mở máy lớn thì dùng động cơ rotor dây quấn.



2.10 Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha

Tốc độ quay của động cơ không đồng bộ được xác định bằng biểu thức :

$$n = (1 - s) n_1 = (1 - s) \frac{60f_1}{p}$$

Vậy muốn thay đổi tốc độ động cơ không đồng bộ ta điều chỉnh 1 trong 3 yếu tố : s , f , p .

2.10.1 Thay đổi số cực từ:

- Trên rãnh stator đặt nhiều bộ dây có số đôi cực khác nhau (độc lập) bộ này làm việc thì bộ kia hở mạch.
- Chế tạo một bộ dây có 2 tốc độ (đổi nối các đầu dây) tỉ số biến tốc là 2:1.

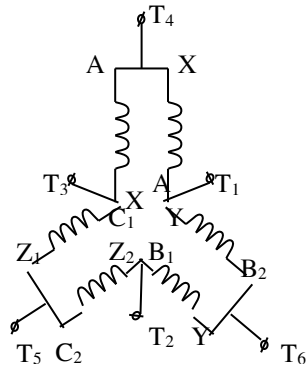
Động cơ không đồng bộ muốn tạo ra moment quay trên rotor thì số cực của rotor và của stator phải bằng nhau. Vậy khi thay đổi p ở trên stator ta phải thay đổi p trên rotor. Điều này khó thực hiện đối với động cơ rotor dây quấn. Ở động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc có khả năng đặt biệt khi cuộn stator chưa đóng điện áp vào

thì rotor là khối lồng sóc chưa cực nhưng khi cuộn stator được đóng U và tạo ra dòng điện thì cuộn rotor sẽ tự động hình thành số đôi cực hoàn toàn phù hợp số đôi cực stator.

Tùy theo tính chất của tải mà chọn kiểu đấu cho phù hợp:

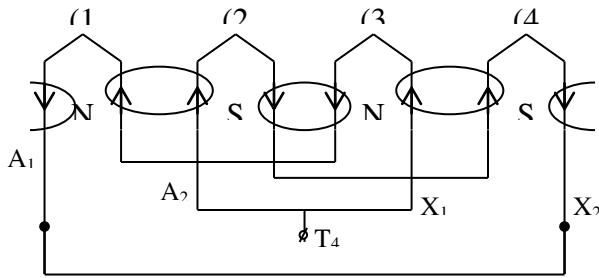
- Tải nâng hạ hàng phải đấu kiểu : $M = \text{const.}$
- Máy công cụ thì đấu kiểu : $P = \text{const.}$
- Động cơ bơm, quạt gió, chân vịt tàu thủy $M, P \neq \text{const.}$

2.10.2 $M = \text{const.}$



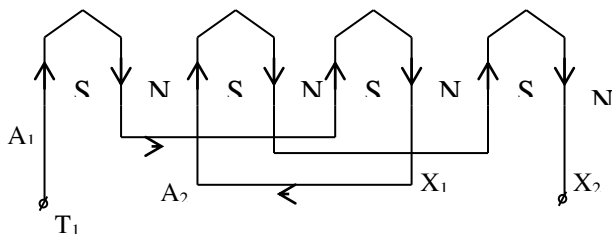
- Tốc độ cao: (YY)
 Nguồn T₄, T₅, T₆.
 Nối tắt T₁ - T₂ - T₃.
- Tốc độ thấp: (Δ)
 Nguồn T₁, T₂, T₃.

Phân tích :



$$2 p_1 = 4$$

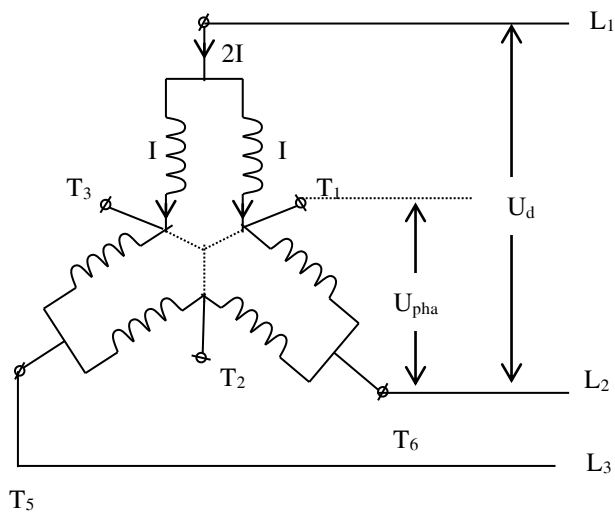
$$n_{11} = \frac{60f}{p_1} = 1500 \text{ v/ph.}$$



$$2 p_2 = 8$$

$$n_{21} = \frac{60f}{p_2} = 750 \text{ v/ph.}$$

Chứng minh :



Đặt :

U_d : điện áp dây nguồn cung cấp cho động cơ

I : dòng điện cho phép đi qua dây dẫn của mỗi pha dây quấn

η_{th} : hiệu suất động cơ vận hành tại tốc độ thấp (ứng với $2p_2$)

η_c : hiệu suất động cơ vận hành tại tốc độ cao (ứng với $2p_1$)

$\cos\varphi_{th}$: hệ số công suất động cơ tại tốc độ thấp.

$\cos\varphi_c$: hệ số công suất động cơ tại tốc độ cao.

➤ Khi vận hành tốc độ cao: đấu YY nên:

Điện áp mỗi pha dây quấn: $U_{pha} = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

Dòng điện mỗi pha (một pha có 2 nhánh) là $2I$

Công suất động cơ trên trục động cơ khi vận hành tốc độ cao là:

$$P_c = 3 \left(\frac{U_d}{\sqrt{3}} \right) \cdot (2I) \cdot \eta_c \cdot \cos\varphi_c = 2\sqrt{3}U_d I \eta_c \cdot \cos\varphi_c$$

➤ Khi vận hành tốc độ thấp đấu Δ :

Điện áp mỗi pha dây quấn là: $U_{pha} = U_d$

Dòng điện qua mỗi pha là: I

$$P_{th} = 3 \cdot U_d \cdot I \cdot \eta_{th} \cdot \cos\varphi_{th}$$

Tỉ số:

$$\frac{P_{th}}{P_c} = \frac{3U_d I \eta_{th} \cos\varphi_{th}}{2\sqrt{3}U_d I \eta_c \cos\varphi_c} = 0,866 \left(\frac{\eta_{th} \cdot \cos\varphi_{th}}{\eta_c \cdot \cos\varphi_c} \right)$$

$$\boxed{\frac{P_{th}}{P_c} = 0,866 \left(\frac{\eta_{th} \cdot \cos\varphi_{th}}{\eta_c \cdot \cos\varphi_c} \right)}$$

- Gọi M_c là moment động cơ ở tốc độ cao.
 M_{th} là moment động cơ ở tốc độ thấp.

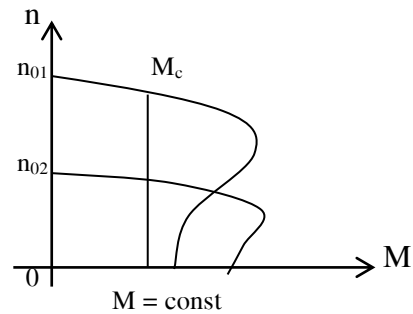
Ta có:
$$M_c = \frac{P_c}{2\pi n_c}$$

$$M_{th} = \frac{P_{th}}{2\pi n_{th}}$$

Trong đó: $n_c = 2 \cdot n_{th}$

Vậy:
$$\frac{M_{th}}{M_c} = \frac{P_{th}}{P_c} \cdot \frac{n_c}{n_{th}} = 2 \frac{P_{th}}{P_c}$$

$$\boxed{\frac{M_{th}}{M_c} = \sqrt{3} \left(\frac{\eta_{th} \cdot \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cdot \cos \varphi_c} \right)}$$



- Theo một số tài liệu thiết kế:

$$\frac{\eta_{th} \cdot \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cdot \cos \varphi_c} = 0,7$$

$$\frac{P_{th}}{P_c} \approx 0,6 \quad \& \quad \frac{M_{th}}{M_c} \approx 1,2$$

Tóm lại: với sơ đồ YY nhanh, Δ chậm :

- Tại tốc độ thấp công suất đạt khoảng 0,6 lần công suất khi vận hành tốc độ cao.
- Tại tốc độ thấp M_{th} đạt 1,2 lần M_c (xem gần như không đổi)

2.10.3 Trường hợp $P = const$:

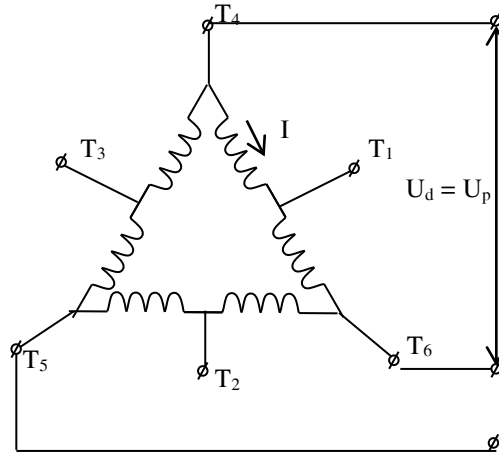
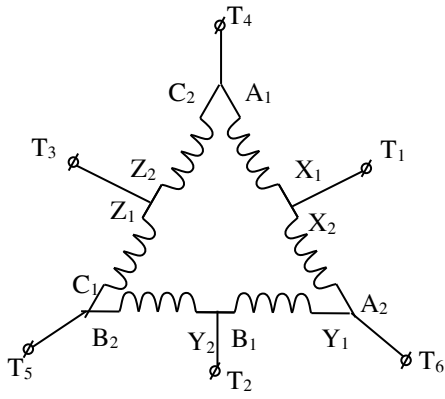
- Tốc độ cao: Δ.

Nguồn T₄, T₅, T₆

- Tốc độ thấp: YY:

Nguồn T₁, T₂, T₃

Nổi tắt T₄ – T₅ – T₆.



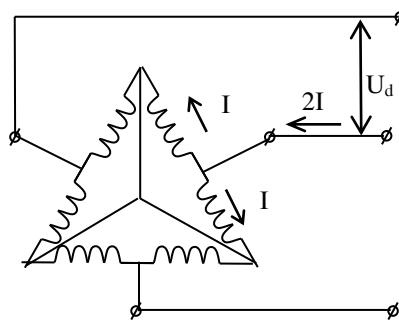
➤ Khi đấu Δ :

$$U_{\text{pha}} = U_d \quad , \text{ dòng điện qua mỗi pha là } I.$$

Công suất trên trục động cơ ở tốc độ cao:

$$P_c = 3 U_d I \cos\varphi_c \eta_c$$

➤ Khi đấu YY:



$$U_{\text{ph}} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \quad ; \text{ dòng điện mỗi pha } 2I$$

$$P_{\text{th}} = 3 \left(\frac{U_d}{\sqrt{3}} \right) (2I) \cos\varphi_{\text{th}} \eta_{\text{th}}$$

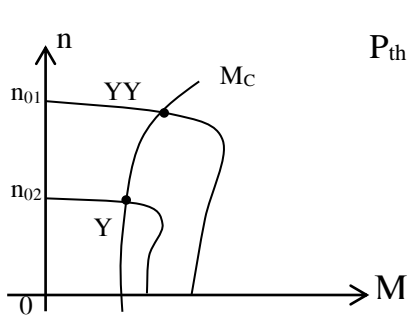
$$= 2\sqrt{3} U_d I \cos\varphi_{\text{th}} \eta_{\text{th}}$$

$$\frac{P_{\text{th}}}{P_c} = \frac{2\sqrt{3} U_d I \cos\varphi_{\text{th}} \eta_{\text{th}}}{3 U_d I \cos\varphi_c \eta_c} = 1,15 \cdot 0,7 = 0,8$$

$$\text{Tương tự: } \frac{M_{\text{th}}}{M_c} = 2 \frac{P_{\text{th}}}{P_c} = 0,8 \cdot 2 \approx 1,6$$

Kết luận: $P_{\text{th}} = 0,8 P_c$ & xem như không đổi.

$$M_{\text{th}} = 1,6 M_c$$



$$P_{th} = 3 \left(\frac{U_d}{\sqrt{3}} \right) (2I) \cos \varphi_{th} \eta_{th} = 2\sqrt{3} U_d I \cos \varphi_{th} \eta_{th}$$

$$P_c = 3 \left(\frac{U_d}{\sqrt{3}} \right) (2I) \cos \varphi_c \eta_c = 2\sqrt{3} \cos \varphi_c \eta_c$$

$$\Rightarrow \frac{P_{th}}{P_c} = \frac{\sqrt{3} \cos \varphi_{th} \eta_{th}}{2\sqrt{3} \cos \varphi_c \eta_c} = 0,5 \cdot 0,7 = 0,35$$

$$\Rightarrow \frac{M_{th}}{M_c} = 2 \frac{P_{th}}{P_c} = 2 \cdot 0,35 = 0,7$$

Kết luận: $P_{th} = 0,35 P_c$

$M_{th} = 0,7 M_c$

➤ **Vẽ sơ đồ dây quấn động cơ 3 pha hai tốc độ**

Cần biết: - Tổng số rãnh Z stator

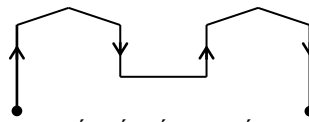
- Số cực $2p_1$ (tốc độ cao); $2p_2$ (tốc độ thấp): $2p_1 = \frac{1}{2} 2p_2$

Tính: - Bước dây quấn:

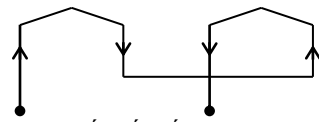
$$y = \frac{Z}{2p_2}$$

- Số rãnh/pha/ τ :

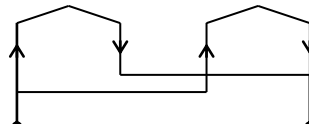
$$q = \frac{Z}{3(2p_1)}$$



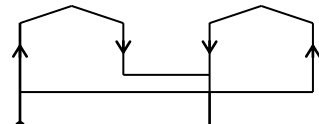
Nối tiếp tốc độ thấp



Nối tiếp tốc độ cao



Song song tốc độ thấp



Song song tốc độ cao

2.10.2 Thay đổi tần số:

$$n = (1 - s) n_1 = (1 - s) \frac{60f}{p}$$

□ Máy phát đồng bộ n_1 tức là f

□ Dùng biến tần: ngày nay được sử dụng nhiều.

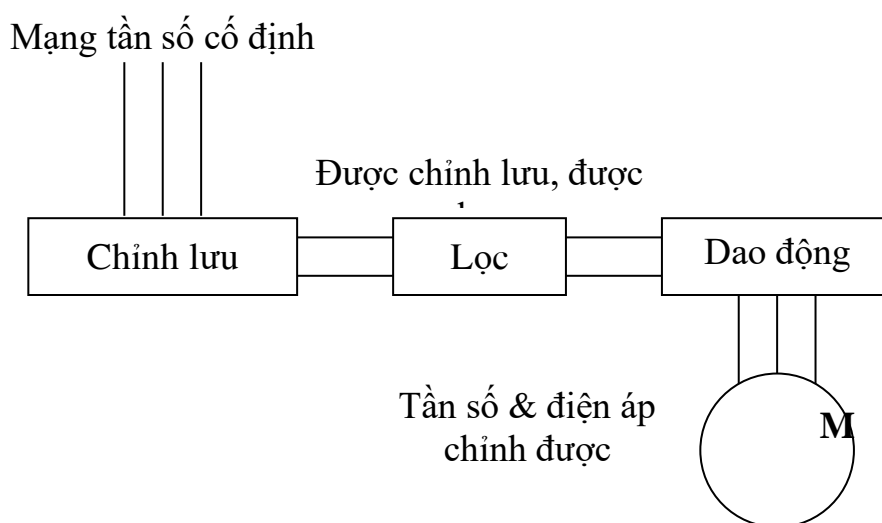
➤ Yêu cầu bộ biến tần:

□ Bộ biến tần phải chỉnh được điện áp & nguồn nuôi động cơ KĐB.

□ Làm sao đạt được moment động cơ không đổi bất chấp tốc độ động cơ => cần giữ cho Φ không đổi => tỉ số $\frac{U}{f}$ = hằng số.

Ta có: $M = C \cdot \Phi \cdot I \cdot \cos\varphi = \text{const} \Leftrightarrow \Phi = \text{const}$.

➤ Nguyên lý bộ biến tần:



Lưới nguồn xoay chiều 50Hz (1 pha hay 3 pha) được chỉnh lưu, san phẳng, sau đó được tách thành 2: biến tần số và điện áp 3 kiểu biến tần:

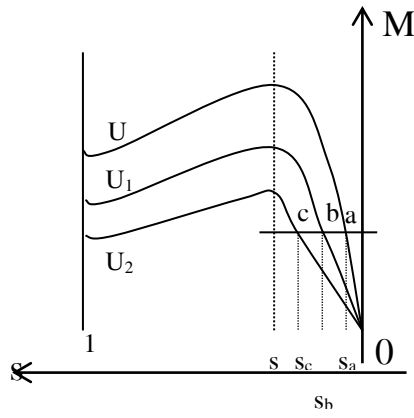
- Bộ dao động dùng nguồn dòng (CSI). Động cơ vận hành êm, không sử dụng cho nhiều động cơ đấu song song.

- Bộ điều biên xung (PAM). Cho nhiều động cơ đấu song song, nhưng gây ồn. Bộ điều rộng xung (PWM). Em, công suất hạn chế.

2.10.3 Phương pháp thay đổi điện áp:

Điện áp giảm k lần thì M giảm k^2 lần. Nếu $M_{\text{tải}}$ không đổi thì tốc độ giảm, hệ số trượt tăng từ $s_a \rightarrow s_b \rightarrow s_c$.

Do moment giảm nhiều nên giảm rõ rệt khả năng quá tải của động cơ, nếu điện áp thấp đến mức moment lớn nhất thấp hơn moment phụ tải \rightarrow động cơ không quay.



$$U_m > U_1 > U_2$$

Ngày nay người ta dùng bộ chỉnh nấc điện áp (dùng Thyristor) để thay đổi điện áp nguồn nuôi cho động cơ.

$$0 < n < n_{dm}$$

$$n_{dm} < n < n_{max}$$

2.10.4 Phương pháp thay đổi điện trở phụ trên mạch rotor:

$$\frac{r'_2}{s} = \frac{r'_2 + r'_p}{s'} \quad \rightarrow n' = n_1 (1 - s')$$

Với moment tải nhất định, R_p càng lớn thì hệ số trượt ở điểm làm việc càng lớn \rightarrow tốc độ quay giảm xuống.

Phương pháp này gây tổn hao trong biến trở nên làm giảm hiệu suất động cơ, tuy vậy, nó khá đơn giản, vận tốc được điều chỉnh liên tục nên được dùng nhiều trong các động cơ có công suất trung bình

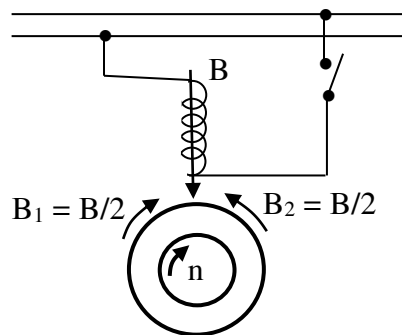
Ta có :
$$P_{dt} = m_1 I_2'^2 \frac{r'_2}{s} \quad \Rightarrow s = \frac{m_1 I_2'^2 r'_2}{P_{dt}} = \frac{m_1 I_2'^2 r'_2}{M_{dt} \omega}$$

2.11 Động cơ không đồng bộ 1 pha

2.11.1 CẤU TẠO

Về cấu tạo cơ bản động cơ điện không đồng bộ 1 pha có cấu tạo giống như động cơ điện không đồng bộ 3 pha. Chỉ khác là trên stator động cơ KĐB 1 pha có 2 dây quấn: dây quấn chính (hay dây quấn làm việc) và dây quấn phụ (hay dây quấn mở máy), rôto thường là rôto lồng sóc.

2.11.2 NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG



Khi dây quấn làm việc nối với điện áp 1 pha, thì dòng điện trong dây quấn sẽ sinh ra từ trường đập mạch B. từ trường này có thể phân thành 2 từ trường quay ngược chiều nhau B_1 và B_2 có tốc độ bằng nhau và biên độ bằng một nửa từ trường đập mạch.

$$B = B_1 + B_2$$

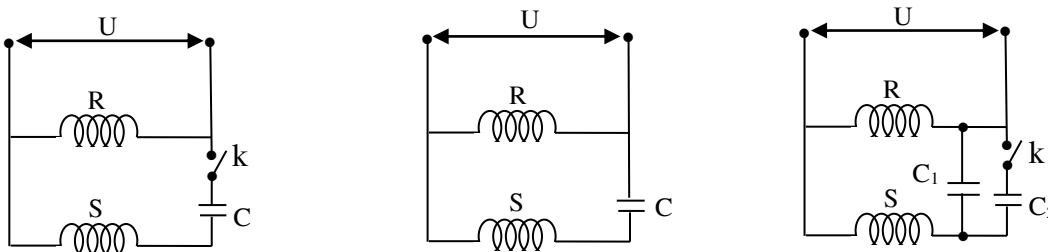
Tác dụng của các từ trường quay thuận nghịch đó với dòng điện ở rôto do chúng sinh ra tạo thành 2 mômen ngược nhau M_1 và M_2 , lúc mở máy ($s = 1$) thì hai mômen đó bằng nhau ($M_1 = M_2$) và ngược chiều nhau, do đó mômen mở máy bằng 0 ($M = 0$), động cơ không tự mở máy được. Nếu ta tác động làm cho động cơ quay ($s < 1$), lúc đó động cơ có mômen M, sẽ tiếp tục quay, nghĩa là tạo cho động cơ 1 pha mômen mở máy. Ta thường dùng dây quấn phụ, vòng ngắn mạch.

2.12 Động cơ 1 pha vòng ngắn mạch

Người ta chế cực từ ra và cho vào đó một vòng ngắn mạch bằng đồng. Vòng ngắn mạch coi như dây quấn pha phụ, tổng hợp hai từ trường của dây quấn chính và phụ sẽ sinh ra từ trường quay để tạo ra mômen mở máy.

Động cơ thường có công suất nhỏ 0,5 đến 30 W, có các nhược điểm $\cos\varphi$ thấp, tổn hao lớn, mômen nhỏ làm việc kém ổn định, khả năng quá tải kém. Tuy nhiên, nó có ưu điểm nhỏ gọn nên được sử dụng nhiều trong các hệ thống tự động và dân dụng (quạt điện, máy giặt, máy bơm nước công suất nhỏ.v.v...)

CÁC SƠ ĐỒ ĐẦU DÂY ĐCKĐB 1 PHA



2.12.1 VẬN HÀNH ĐCKĐB 3 PHA Ở LƯỚI ĐIỆN 1 PHA

Trong vận hành động cơ 3 pha, khi sự cố đứt 1 pha (ví dụ pha A), hai pha B và C tạo thành dây quấn 1 pha. Lúc ấy động cơ chuyển sang chế độ 1 pha. Nếu công suất tải không đổi, thì công suất điện đưa vào động cơ ở chế độ 3 pha và 1 pha là như nhau: $P_{3p} = P_{1p}$

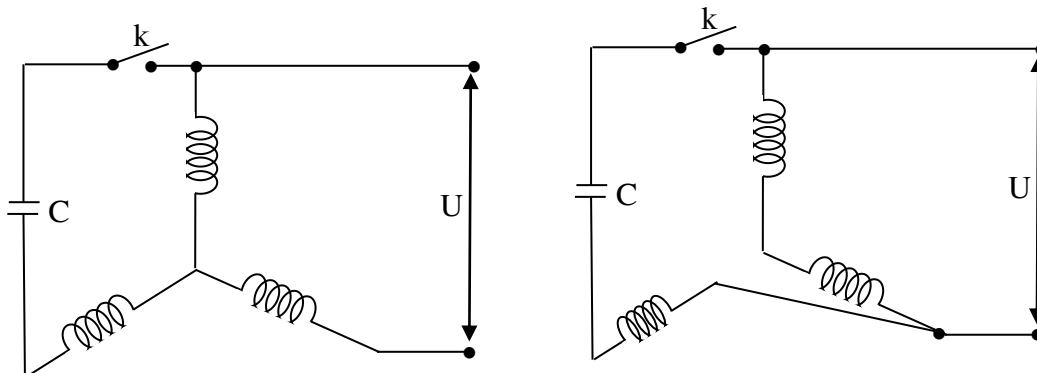
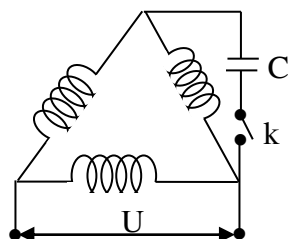
$$\sqrt{3} U_d I_3 = U_d I_1 \text{ suy ra: } I_1 = \sqrt{3} I_3$$

Trong đó: I_3 : dòng điện stator ở chế độ 3 pha

I_1 : dòng điện stator ở chế độ 1 pha

Vậy dòng điện ở chế độ 1 pha tăng $\sqrt{3}$ lần, nếu không cắt động cơ ra khỏi lưới điện động cơ sẽ bị hỏng.

Ngoài ra trong thực tế, động cơ 3 pha có thể nối dây quấn stator thích hợp để làm việc ở lưới điện 1 pha.



2.13 Xây dựng sơ đồ khai triển dây quấn động cơ kđb 3 pha

2.13.1 Dây quấn 1 lớp

1. Các thông số và công thức cơ bản:

- Z : Tổng số rãnh stator của động cơ.
- $2P$: Số từ cực của động cơ.
- P : Số đôi cực của động cơ.
- m : Số pha của động cơ.
- $T = \frac{Z}{2P}$: Bước cực từ [rãnh].
- $q = \frac{T}{m}$: Số rãnh của 1 pha dưới một bước cực từ [rãnh/pha/cực].
- $\alpha_d = \frac{180^\circ}{T}$: Góc độ điện giữa 2 rãnh kề nhau [độ].

- α : Khoảng cách giữa hai pha.

+ Khi $2P = 2$: $\alpha = \frac{120^0}{\alpha_d}$ [rãnh]

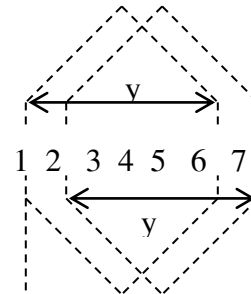
+ Khi $2P = 4$: $\alpha = \frac{240^0}{\alpha_d}$ [rãnh]

- $N_1 = \frac{60f}{P}$: Tốc độ từ trường quay bên trong stator [vòng/phút].

- N_2 : Tốc độ quay của rotor.

- F : Tần số lưới điện. Ở Việt Nam là 50 Hz.

- y : Bước dây quấn.



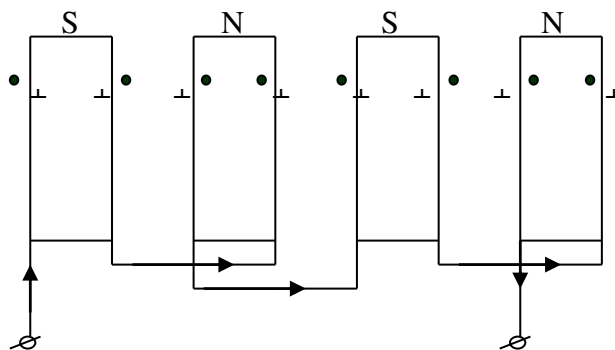
2. Các bước vẽ sơ đồ dây quấn 1 lớp:

Dây quấn 2 lớp 1 loại dây quấn trong mỗi rãnh đặt 2 cạnh tác dụng, loại này thường thực hiện bởi dây bước ngắn, do đó làm giảm sức điện động bậc cao cải thiện được dạng sóng, và thường sử dụng dây quấn xếp.

a. Các bước đấu dây:

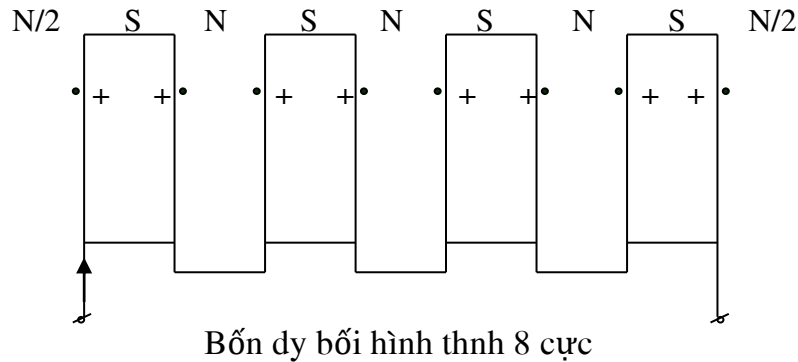
- *Đấu cực thật (đấu cùng đơn vị):*

Đầu cuối bởi dây này với cuối bởi dây kia và đầu bởi dây này với đầu bởi dây kia.



Bốn dây bởi hình thành 4 cực

- *Đấu cực giả (đấu khác đơn vị):*
Đấu cuối bó dây này với đầu bó dây kia.



b. Các bước thực hiện:

- **Bước 1:**

- Xác định các số liệu cần thiết Z và $2P$, dựa vào bước cực từ T để phân ra các cực từ trên stator:

$$T = \frac{Z}{2P} \quad [\text{rãnh}]$$

- Xác định số rãnh của 1 pha dưới 1 bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} \quad [\text{rãnh/pha/cực}]$$

- Xác định góc độ điện:

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} \quad [\text{độ}]$$

- Xác định khoảng cách giữa 2 pha:

$$+ \text{ Khi } 2P = 2 : \alpha = \frac{120^\circ}{\alpha_d} \quad [\text{rãnh}]$$

$$+ \text{ Khi } 2P = 4 : \alpha = \frac{240^\circ}{\alpha_d} \quad [\text{rãnh}]$$

- **Bước 2:**

- Vẽ các đường thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh stator và đánh số thứ tự từ rãnh số 1 đến rãnh cuối cng.
- Phân bước cực từ T trên các đường thẳng vừa vẽ.
- Xác định rãnh của mỗi pha trên 1 bước cực từ (dùng 3 màu khác nhau).

- **Bước 3:**

- Liên kết các cạnh tác dụng của pha A để tạo thành nhóm bối dây đồng tâm hay đồng khuôn và cách rải dây là tập trung, phân tán đơn giản hay phân tán phức tạp. Sau đó tiếp tục cho các pha B v C.

Ch ý:

- Các nhóm bối dây của từng pha được đấu theo cực thật nếu số nhóm bối dây bằng số cực từ 2P.
- Các nhóm bối dây của từng pha được đấu theo cực giả nếu số nhóm bối dây bằng số đôi cực P.

- **Bước 4:**

- Kiểm tra khoảng cách giữa mỗi pha (đầu của pha này cách đầu của pha kia).
- Vẽ chiều dòng điện vào đầu cuộn dây của 2 pha, pha còn lại thì vẽ chiều dòng điện vào cuối cuộn dây.
- Nếu chiều dòng điện trong các rãnh stator hướng lên và hướng xuống 2 lần đều nhau thì động cơ có 2 cực.
- Nếu chiều dòng điện trong các rãnh stator hướng lên và hướng xuống 4 lần đều nhau thì động cơ có 4 cực.
- Xác định cách vô dây (nhóm bối nào vô trước và nhóm bối nào vô sau theo thứ tự).

3. Các ví dụ:

a. Ví dụ 1:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn cho động cơ 3 pha với các yêu cầu $Z = 24$, $2P = 4$ (dạng đồng khuôn).

GIẢI

- **Bước 1:**

Bước cực từ T :

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad [\text{rãnh}]$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad [\text{rãnh/pha/cực}]$$

Góc độ điện giữa 2 rãnh kế nhau:

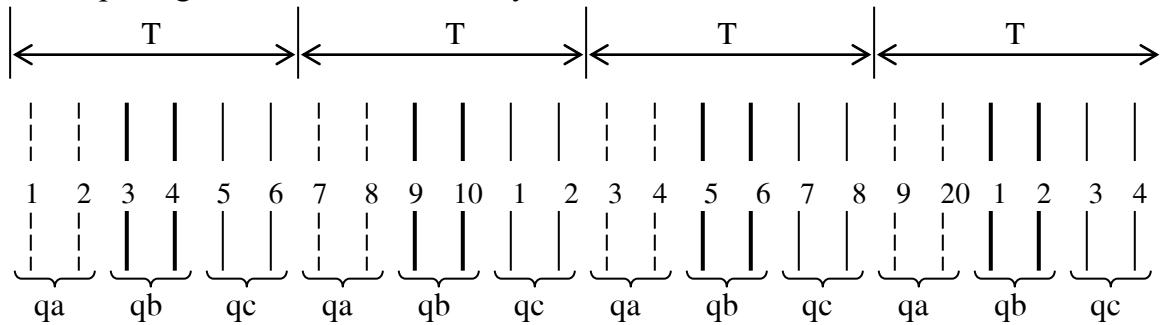
$$\alpha_d = \frac{180^0}{T} = \frac{180^0}{6} = 30^0$$

Khoảng cách đầu vào giữa mỗi pha liên tiếp:

$$\alpha = \frac{240^0}{\alpha_d} = \frac{240^0}{30^0} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

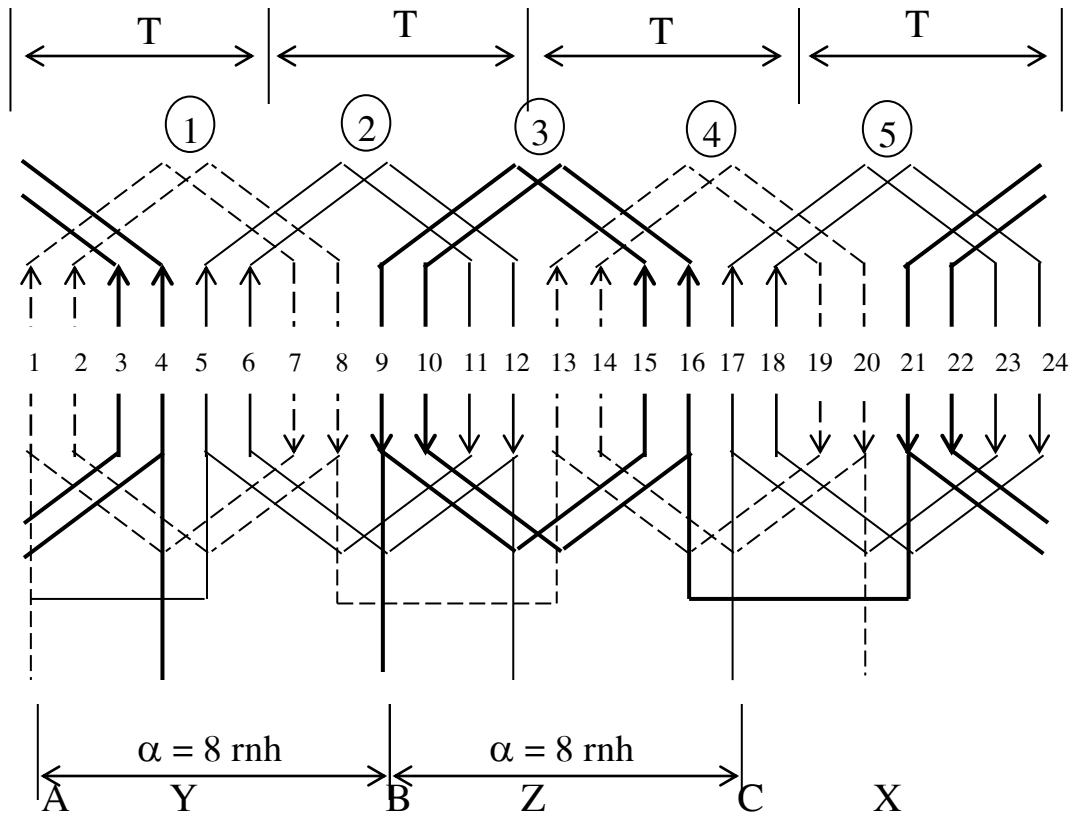
• **Bước 2:**

Lập bảng bố trí các nhóm bôi dây:



• **Bước 3:**

Cách vò dây theo thứ tự từng nhóm 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6. Trước khi vò nhóm bôi dây thứ 6 (cuối cùng) thì phải gỡ rãnh 1 – 2 của nhóm bôi thứ nhất, sau khi nhóm bôi 6 xong thì vò lại rãnh 1 – 2 cho nhóm bôi thứ nhất.



Dây quấn 3 pha 1 lớp, $Z = 24$, $2P = 4$ (dạng đồng khuôn)

b. Ví dụ 2:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn cho động cơ 3 pha với các yêu cầu $Z = 24$, $2P = 4$ (dạng đồng tâm hai mặt phẳng).

GIẢI

• **Bước 1:**

Bước cực từ T :

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad [\text{rãnh}]$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad [\text{rãnh/pha/cực}]$$

Góc độ điện giữa 2 rãnh kế nhau:

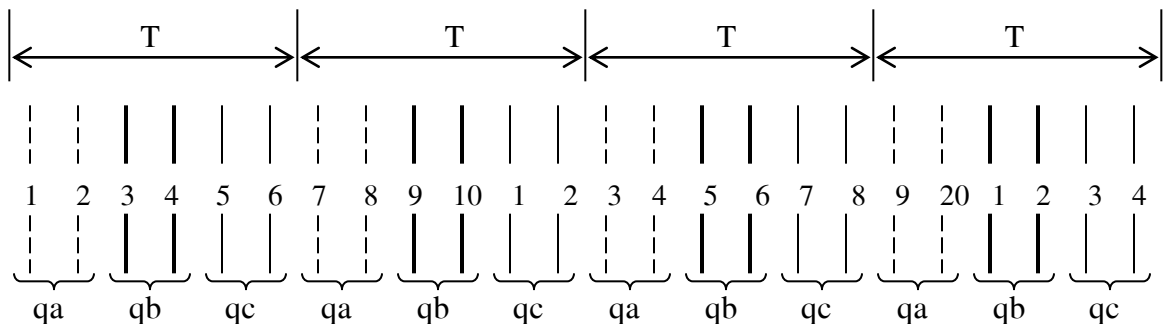
$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$$

Khoảng cách đầu vào giữa mỗi pha liên tiếp:

$$\alpha = \frac{240^\circ}{\alpha_d} = \frac{240^\circ}{30^\circ} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

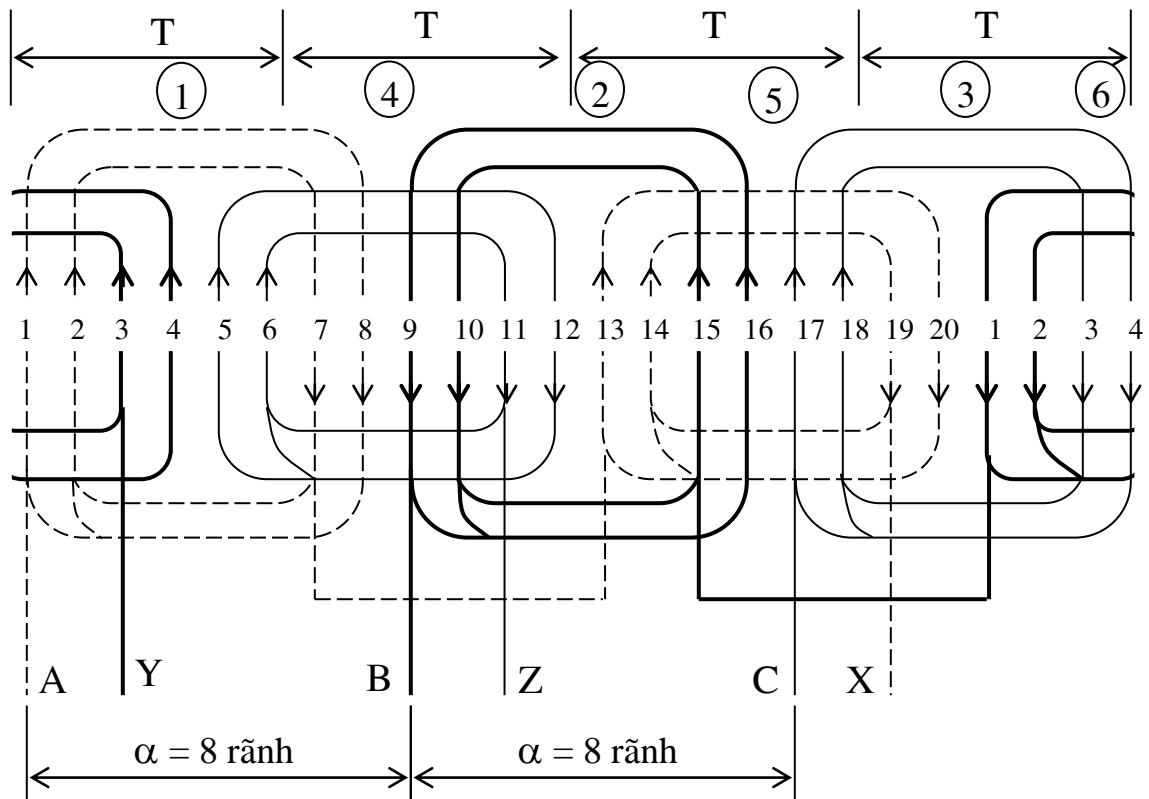
• **Bước 2:**

Lập bảng bố trí các nhóm bồi dây:



• **Bước 3:**

Cách vò dây theo thứ tự từng nhóm 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6. Trước khi vò nhóm bồi dây thứ 6 (cuối cùng) thì phải gỡ rãnh 1 – 2 của nhóm bồi thứ nhất, sau khi nhóm bồi 6 vò xong thì vò lại rãnh 1 – 2 cho nhóm bồi thứ nhất.



Dây quấn 3 pha 1 lớp $Z = 24, 2P = 4$ (dạng đồng tâm)

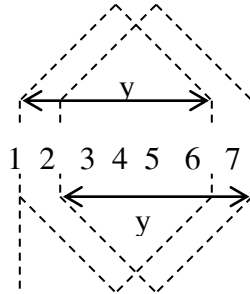
2.13.2 DÂY QUẤN 2 LỚP

➤ **Các thông số và công thức cơ bản:**

- Z : Tổng số rãnh stator của động cơ.
- $2P$: Số từ cực của động cơ.
- P : Số đôi cực của động cơ.
- m : Số pha của động cơ.
- $T = \frac{Z}{2P}$: Bước cực từ [rãnh].
- $q = \frac{T}{m}$: Số rãnh của 1 pha dưới một bước cực từ [rãnh/pha/cực].
- γ : Bước dây quấn.
- $\alpha_d = \frac{180^\circ}{T}$: Góc độ điện giữa 2 rãnh kề nhau [độ].
- α : Khoảng cách giữa hai pha.
 + Khi $2P = 2$: $\alpha = \frac{120^\circ}{\alpha_d}$ [rãnh]

+ Khi $2P = 4$: $\alpha = \frac{240^\circ}{\alpha_d}$ [rãnh]

- $N_1 = \frac{60f}{P}$: Tốc độ từ trường quay bên trong stator [vòng/phút].
- N_2 : Tốc độ quay của rotor.
- f : Tần số lưới điện. Ở Việt Nam là 50 Hz.
- y : Bước bó dây



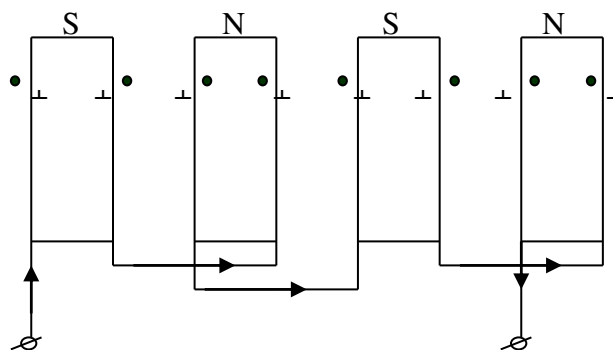
➤ **Các bước vẽ sơ đồ dây quấn 2 lớp:**

Dây quấn 2 lớp là loại dây quấn trong mỗi rãnh đặt 2 cạnh tác dụng, loại này thường thực hiện bó dây bước ngắn, do đó làm giảm sức điện động bậc cao cải thiện được dạng sóng, và thường sử dụng dây quấn xếp.

a. **Các bước đấu dây:**

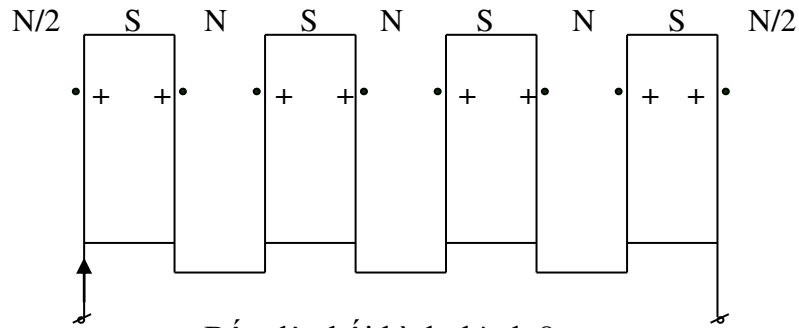
- **Đấu cực thật** (đấu cùng đơn vị):

Đầu cuối bó dây này với cuối bó dây kia và đầu bó dây này với đầu bó dây kia.



Bốn dây bó hình thành 4 cực

- **Đầu cực giả** (đầu khác đơn vị):
Đầu cuối mỗi dây nối với đầu mỗi dây kia.



Bốn dây nối hình thành 8 cực

b. Các bước thực hiện:

- **Bước 1:**

- Xác định các số liệu cần thiết Z và $2P$, dựa vào bước cực từ T để phân ra các cực từ trên stator:

$$T = \frac{Z}{2P} \text{ [rãnh]}$$

- Xác định số rãnh của 1 pha dưới 1 bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} \text{ [rãnh/pha/cực]}$$

- Xác định góc độ điện:

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} \text{ [độ]}$$

- Xác định khoảng cách giữa 2 pha:

+ Khi $2P = 2$: $\alpha = \frac{120^\circ}{\alpha_d}$ [rãnh]

+ Khi $2P = 4$: $\alpha = \frac{240^\circ}{\alpha_d}$ [rãnh]

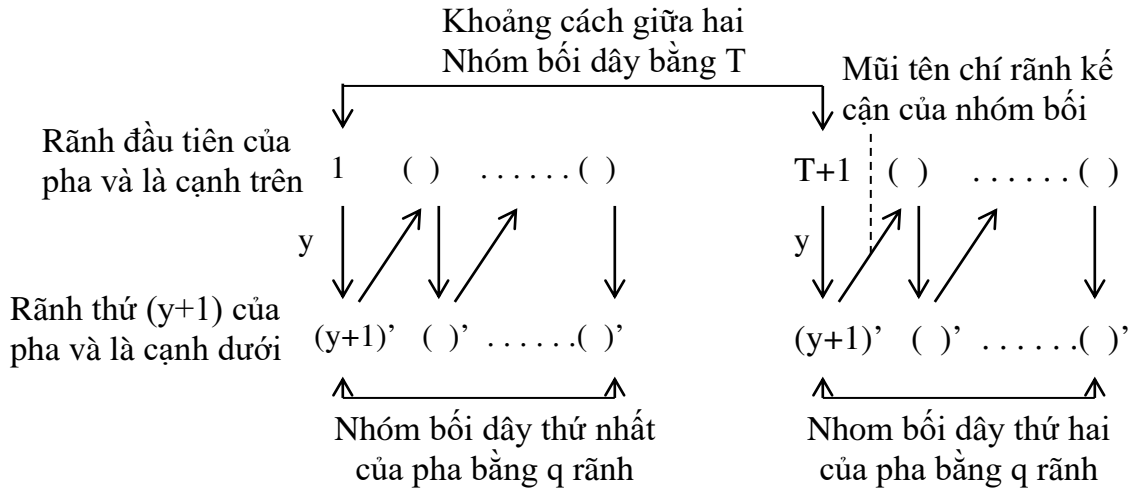
- Xác định bước dây quấn y :

Bước dây quấn y của dây quấn 2 lớp có thể được chọn trong khoảng $0.8T$ hoặc ở trong bảng dưới đây:

q	1	2	3	4	5	6
$T = \frac{Z}{2P}$	3	6	9	12	15	18
y	2	5	7	10	12	15

• **Bước 2:**

Sau khi xác định thông số q , T và y ta tiến hành lập bảng bố trí các nhóm bồi dây cho từng pha như sau:



- Sau khi xác định bảng bố trí các nhóm bồi dây cho pha A, ta tiếp tục cho pha B và pha C.

• **Bước 3:**

- Vẽ các đường thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh stator và đánh số thứ tự từ rãnh số 1 đến rãnh cuối cùng.
- Phân bước cực từ T trên các đường thẳng vừa vẽ.
- Xác định rãnh của mỗi pha dựa vào bảng bố trí các nhóm bồi dây.

• **Bước 4:**

- Xác định cách vô dây (nhóm bồi nào vô trước và nhóm bồi nào vô sau theo thứ tự).
- Liên kết các nhóm bồi dây của pha A để tạo thành nhóm bồi dây đồng khuôn (dây quấn xếp). Sau đó tiếp tục cho các pha B và C.

Chú ý:

- Các nhóm bồi dây của từng pha được đấu theo cực thật nếu số nhóm bồi dây bằng số cực từ $2P$.
- Các nhóm bồi dây của từng pha được đấu theo cực giả nếu số nhóm bồi dây bằng số đôi cực P .

• **Bước 5:**

- Kiểm tra khoảng cách giữa mỗi pha (đầu của pha này cách đầu của pha kia).
- Vẽ chiều dòng điện vào đầu cuộn dây của 2 pha, pha còn lại thì vẽ chiều dòng điện vào cuối cuộn dây.
- Nếu chiều dòng điện trong các rãnh stator hướng lên và hướng xuống 2 lần đều nhau thì động cơ có 2 cực.

- Nếu chiều dòng điện trong các rãnh stator hướng lên và hướng xuống 4 lần đều nhau thì động cơ có 4 cực.

Ghi ch:

Đối với dây quấn 2 lớp do thực hiện bước ngắn nên torong vài rãnh của động cơ có dòng điện ngược chiều nhau. Nếu cuộn dây có 2 cực thì có 2 vị trí dòng ngược chiều nhau hoặc 4 cực thì có 4 vị trí dòng ngược chiều nhau, nhưng phải phân bố đều nhau trong động cơ.

Ví dụ:

Ví dụ 1:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn 2 lớp cho động cơ 3 pha với $Z = 24, 2P = 4$.

GIẢI

• **Bước 1:**

Bước cực từ T :

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad [\text{rãnh}]$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad [\text{rãnh/pha/cực}]$$

Góc độ điện giữa 2 rãnh kế nhau:

$$\alpha_d = \frac{180^0}{T} = \frac{180^0}{6} = 30^0$$

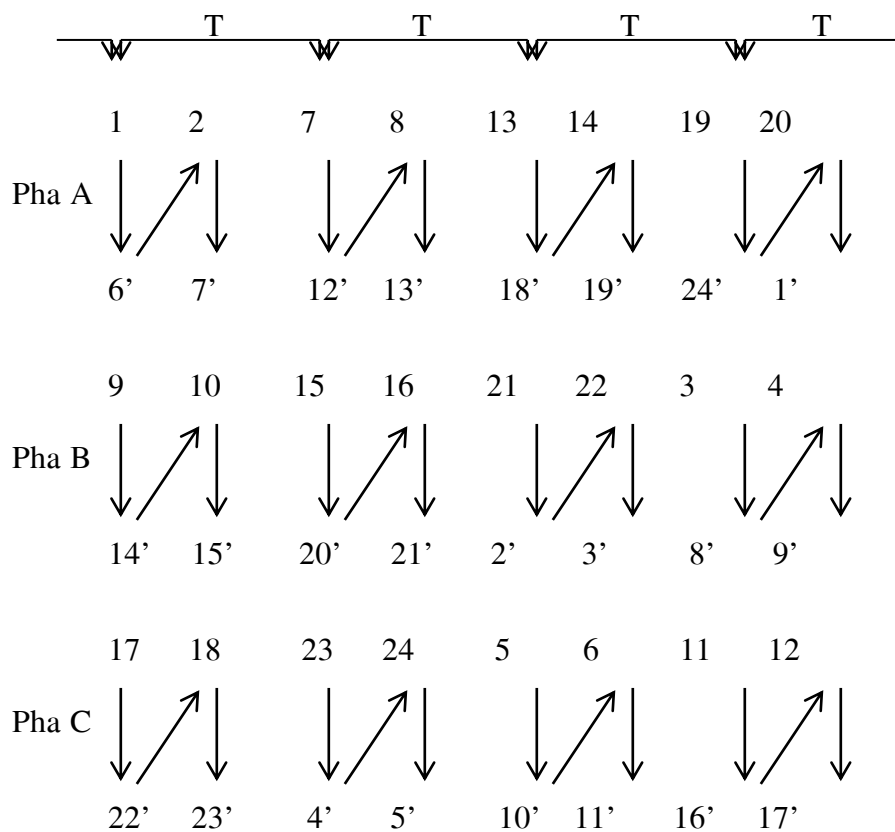
Khoảng cách đầu vào giữa mỗi pha liên tiếp:

$$\alpha = \frac{240^0}{\alpha_d} = \frac{240^0}{30^0} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

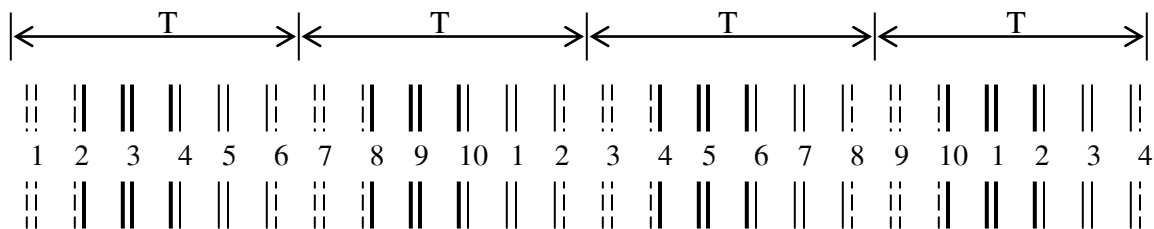
Bước dây quấn y, chọn trong bảng ta có $y = 5$ rãnh.

• **Bước 2:**

Lập bảng bố trí các nhóm bồi dây:

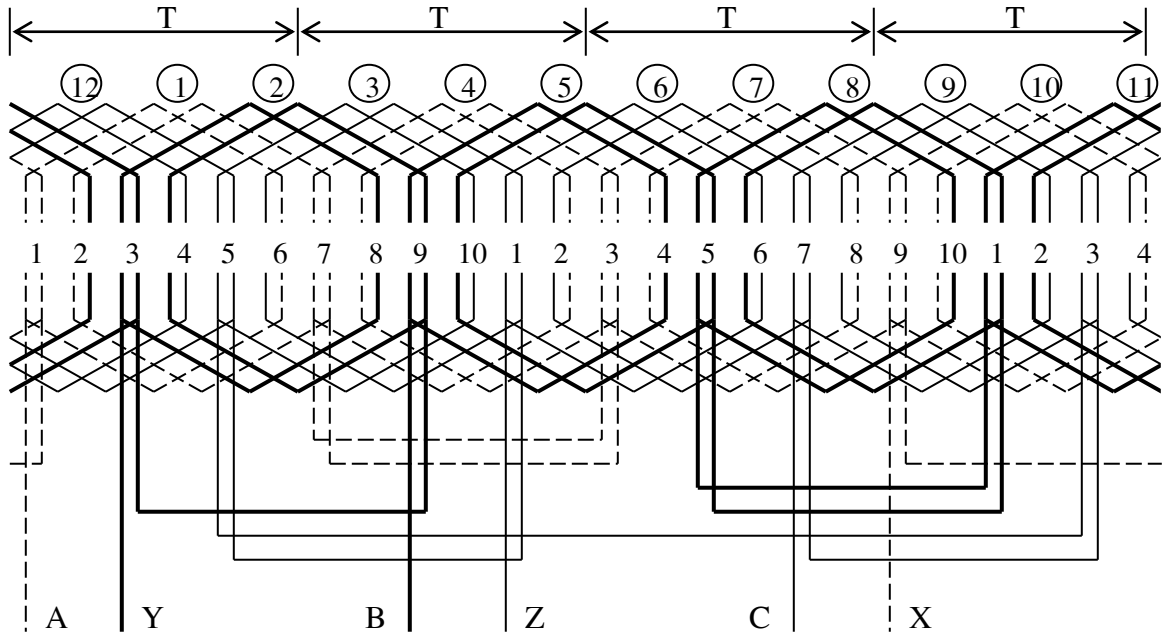


• **Bước 3:**



- **Bước 4:**

Cách vơ dây theo thứ tự từng nhóm 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12.



Dây quấn 2 lớp 3 pha cỡ $Z = 24$, $2P = 4$.

Ví dụ 2:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn 2 lớp cho động cơ 3 pha với $Z = 24$, $2P = 2$.

GIẢI

- **Bước 1:**

Bước cực từ T :

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12 \quad [\text{rãnh}]$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực từ:

$$q = \frac{T}{m} = \frac{12}{3} = 4 \quad [\text{rãnh/pha/cực}]$$

Góc độ điện giữa 2 rãnh kế nhau:

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} = \frac{180^\circ}{12} = 15^\circ$$

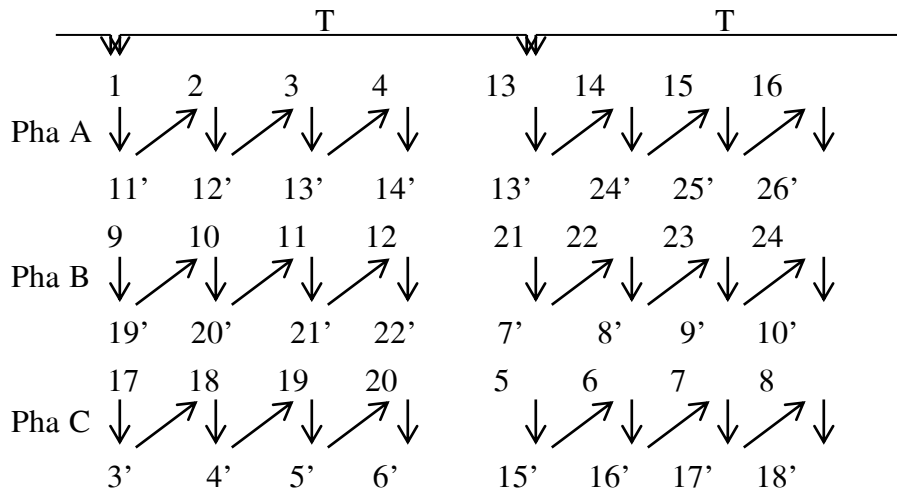
Khoảng cách đầu vào giữa mỗi pha liên tiếp:

$$\alpha = \frac{120^\circ}{\alpha_d} = \frac{120^\circ}{15^\circ} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

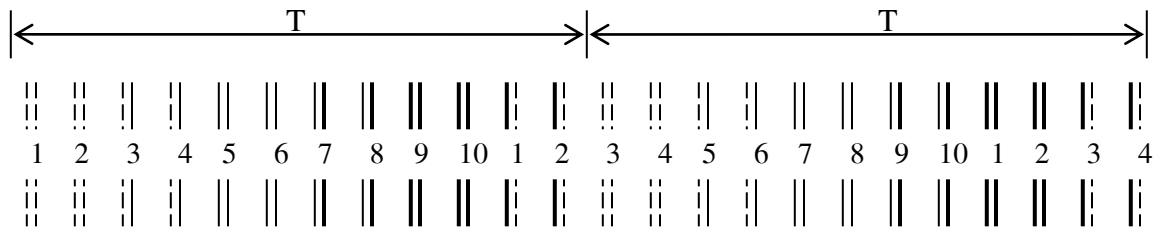
Bước dây quấn y , chọn trong bảng ta có $y = 10$ rãnh.

- **Bước 2:**

Lập bảng bố trí các nhóm dây:

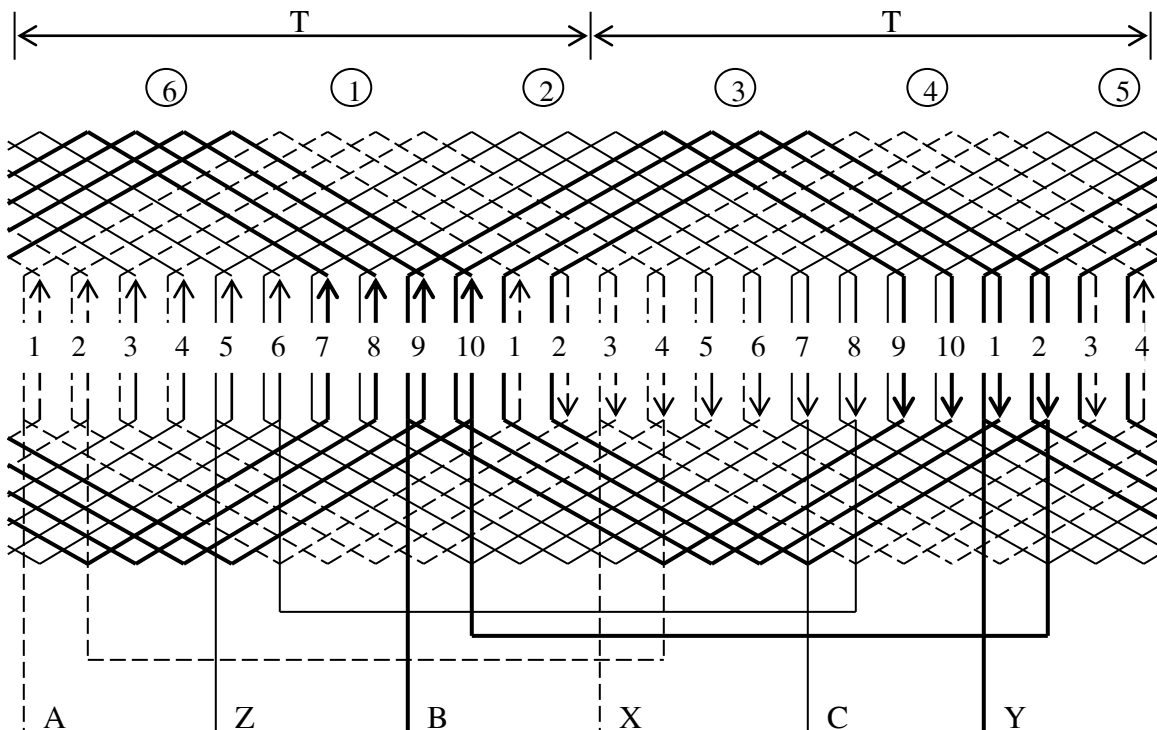


• **Bước 3:**



• **Bước 4:**

Cách vò dây theo thứ tự từng nhóm 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6.



Dây quấn 3 pha 2 lớp có $Z = 24$, $2P = 2$.

2.15 : Xây dựng sơ đồ khai triển dây quấn động cơ kđb 1 pha

2.15.1 Các thông số và công thức cơ bản

- Z : Tổng số rãnh stator.
- $2P$: Số từ cực.
- P : Số đôi cực.
- $T = \frac{Z}{2P}$: Bước cực từ [rãnh].

2.1.2

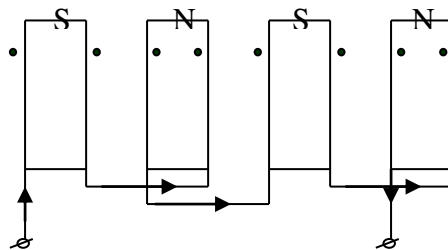
- Q_A : Số rãnh dành cho cuộn chạy [rãnh].
- Q_B : Số rãnh dành cho cuộn đề [rãnh].
- $q_A = \frac{Q_A}{2P}$: Số rãnh dành cho cuộn chạy dưới một bước cực T [rãnh].
- $q_B = \frac{Q_B}{2P}$: Số rãnh dành cho cuộn đề dưới một bước cực T [rãnh].
- γ : Bước dây quấn (số rãnh giữa 2 cạnh tác dụng của 1 bó dây)
- $\alpha_d = \frac{180^\circ}{T}$: Góc độ điện giữa 2 rãnh kế tiếp.
- $\alpha = \frac{Z}{4P}$: Góc lệch pha giữa tâm cuộn chạy và tâm cuộn đề.
- $\alpha \cdot \alpha_d = 90^\circ$: Góc lệch pha cho phép của cuộn chạy và cuộn đề.

2.15.2 CÁC BƯỚC VẼ SƠ ĐỒ:

2.15.2.1 Cách đấu dây:

Đấu cực thật (đấu cùng đơn vị):

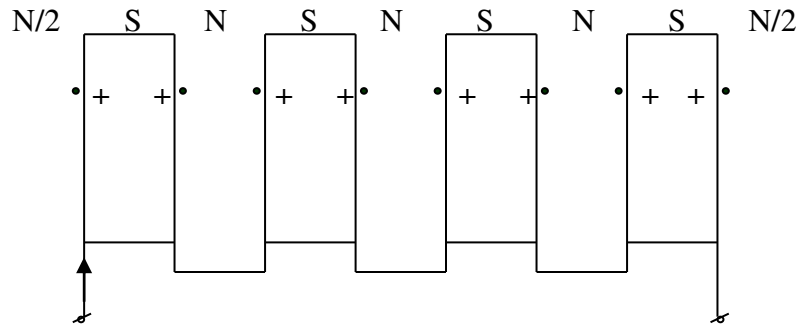
Đầu cuối bó dây này với cuối bó dây kia và đầu bó dây này với đầu bó dây kia.



Bốn bó dây hình thành bốn cực

Đầu cực giả (đầu khác đơn vị):

Đầu cuối bó dây này với đầu bó dây kia.



Bốn bó dây hình thành 8 cực

2.15.2.2 Các bước thực hiện:

• **Bước 1:**

Xác định các số liệu cần thiết Z và $2P$, dựa vào bước cực từ T để phân ra các bước cực từ trên Stator:

$$T = \frac{Z}{2P} \quad [\text{rãnh}]$$

• **Bước 2:**

Xác định động cơ mở máy theo nguyên tắc nào, có hay không dùng tụ. Từ đó chọn một phân bố cho Q_A , Q_B v tính ra q_A , q_B .

+ Nếu $T = 2K$ (T l bội số của 2, $K = 1, 2, 3, \dots$)

$$\text{Thì } Q_A = Q_B = \frac{Z}{2}.$$

+ Nếu $T = 3K$ (T l bội số của 3, $K = 1, 2, 3, \dots$)

$$\text{Thì } Q_A = 2Q_B$$

$$Q_A = \frac{2}{3}Z \quad \vee \quad Q_B = \frac{1}{3}Z.$$

+ Nếu $T = 4K$ (T l bội số của 4, $K = 1, 2, 3, \dots$)

$$\text{Thì } Q_A = 3Q_B$$

$$Q_A = \frac{3}{4}Z \quad \vee \quad Q_B = \frac{1}{4}Z.$$

Và ta tính được:

$$q_A = \frac{Q_A}{2P} \quad \vee \quad q_B = \frac{Q_B}{2P}$$

- **Bước 3:**

- Vẽ các đoạn thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh Stator \vee đánh số thứ tự từ rãnh 1 đến rãnh cuối cng.
- Căn cứ vào giá trị bước cực từ T , q_A , q_B ta phân bố rãnh cho cuộn chạy \vee cuộn đề dưới mỗi bước cực từ.

- **Bước 4:**

- Ta liên kết các cạnh tác dụng để tạo thành các nhóm bồi là đồng khuôn hay đồng tâm, và cách rải dây tập trung, phân tá đơn giản hay phân tán phức tạp.
- Liên kết hai nhóm bồi dây ở cuộn chạy và cuộn đề:
 - + Nếu tổng số nhóm bồi dây của một pha bằng số từ cực $2P$ thì ta đấu cực thật.
 - + Nếu tổng số nhóm bồi dây của một pha bằng số đôi cực P thì ta đấu cực giả.
 - + Kiểm tra Góc lệch giữa cuộn chính \vee cuộn phụ.

2.16 Dây quấn 1 lớp

1. Phân bố $Q_A = 2Q_B$:

a. Ví dụ 1:

Vẽ sơ đồ khai triển động cơ một pha với số liệu sau:

$$Z = 24 \text{ rãnh}$$

$$2p = 2 \text{ cực (Dạng đồng khuôn phân tán đơn giản).}$$

GIẢI

- **Bước 1:**

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12 \quad [\text{rãnh}]$$

- **Bước 2:**

Để $q_A \vee q_B$ l số nguyn, ta có thể chọn phân bố sau:

$$T = 12 = 3K, \quad (T \text{ l bội số của } 3 \text{ nn ta có thể p dụng phân bố } Q_A = 2Q_B)$$

+ Số rãnh4 của cuộn chạy \vee cuộn đề:

$$Q_A = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3}24 = 16 \quad [\text{rãnh}]$$

$$Q_B = \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}24 = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

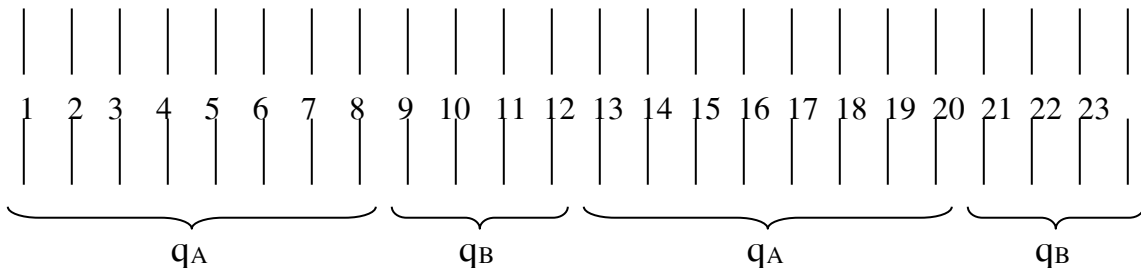
+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề dưới một bước cực từ;

$$q_A = \frac{Q_A}{2P} = \frac{16}{2} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

$$q_B = \frac{Q_B}{2P} = \frac{8}{2} = 4 \quad [\text{rãnh}]$$

• **Bước 3:**

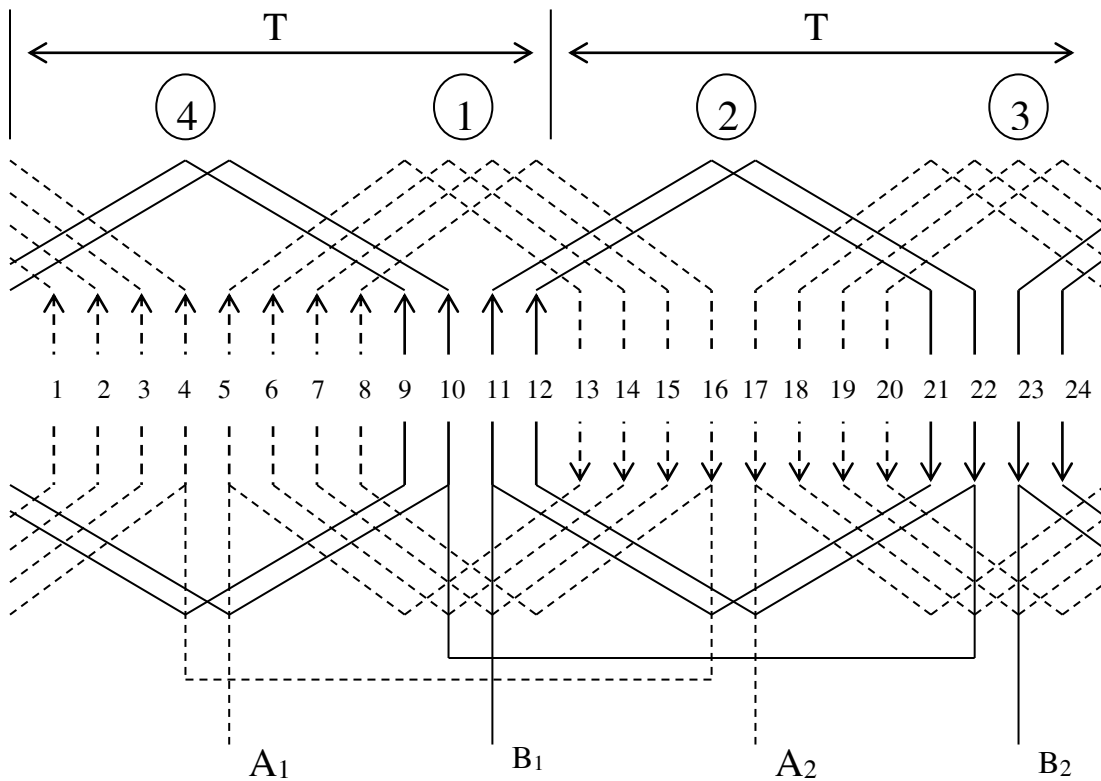
- Vẽ các đoạn thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh stator v đánh số thứ tự từ rãnh số 1 đến rãnh cuối cng.
- Căn cứ vào giá trị bước cực từ T, q_A , q_B ta phân bố rãnh cho cuộn chạy v cuộn đề dưới mỗi bước cực từ.



• **Bước 4:**

Liên kết các cạnh tác dụng để tạo thành các nhóm bối là đồng khuôn và cách rải dây dạng phân tán đơn giản.

- Góc độ điện giữa hai rãnh kế tiếp: $\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} = \frac{180^\circ}{12} = 15^\circ$.
- Góc lệch giữa hai cuộn dây: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{24}{4 \times 1} = 6 \quad [\text{rãnh}]$.
- Góc lệch cho phíp: $\alpha \cdot \alpha_d = 6 \times 15^\circ = 90^\circ$.



Sơ đồ khai triển đy quần 11 lớp đồng khuôn phân 2 cực
 với phân bố $Q_A = 2Q_B$, $Z = 24$, $2P = 2$

b. Ví dụ 2:

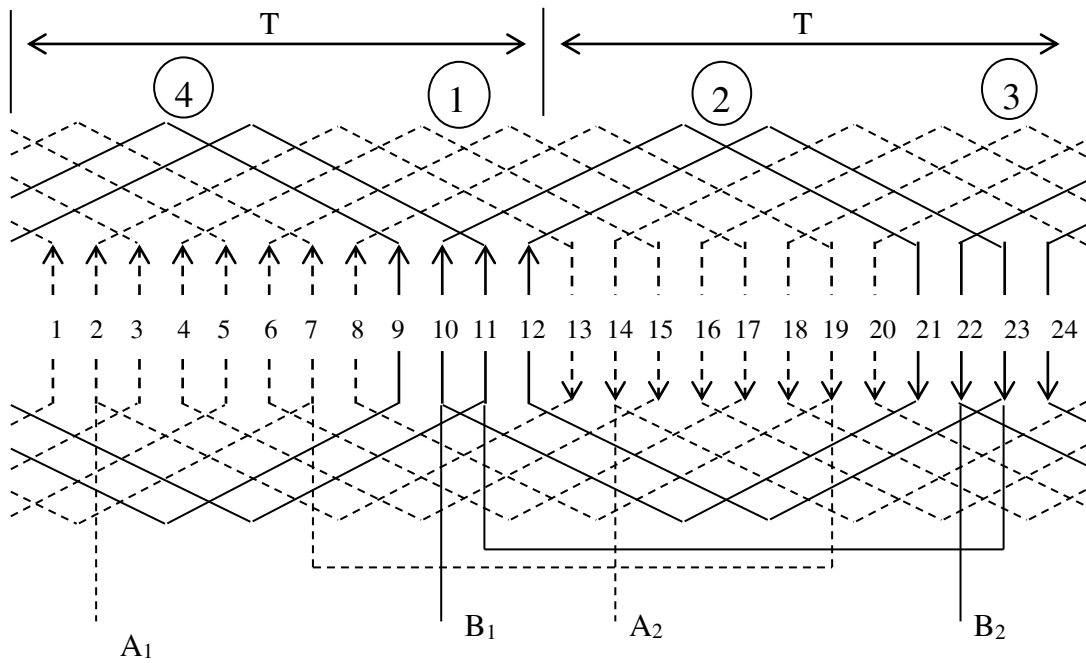
Vẽ sơ đồ khai triển động cơ một pha với số liệu sau:

$$Z = 24 \text{ rãnh}$$

$$2P = 2 \text{ cực (Dạng đồng khuôn móc xích)}$$

GIẢI

Tính toán như ví dụ 1.



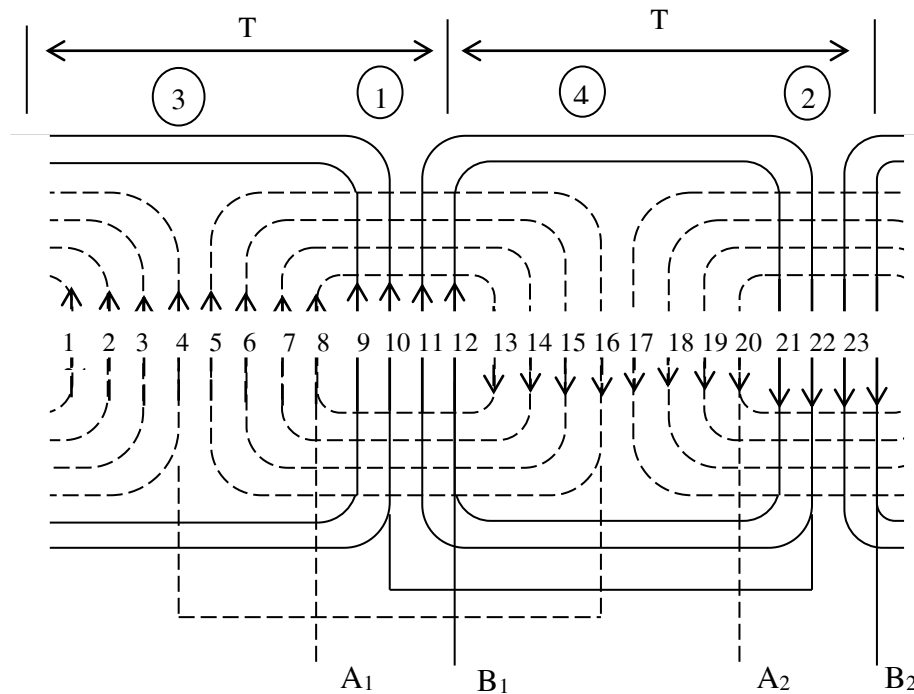
Sơ đồ khai triển dây quấn đồng khuôn móc xích

c. **Ví dụ 3:** với phân bố $Q_A = 2Q_B$, $Z = 24$, $2P = 2$

Vẽ sơ đồ khai triển động cơ một pha với số liệu sau : $Z = 24$ rãnh, $2P = 2$ cực (dạng đồng tâm 1 lớp kiểu phân tán, 2 mặt phẳng).

GIẢI

Tính toán như ví dụ 1



d. **Ví dụ 4:**

Vẽ sơ đồ khai triển động cơ một pha với số liệu sau $Z = 36$ rãnh, $2P = 4$ cực (dạng đồng tâm phân tán 2 mặt phẳng)

GIẢI

• **Bước 1:**

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{4} = 9 \quad [\text{rãnh}]$$

• **Bước 2:**

Để q_A v q_B l số nguyn, ta có thể chọn phn bố sau:

$$T = 9 = 3K, \quad (T \text{ l bội số của } 3 \text{ nn ta có thể p dụng phn bố } Q_A = 2Q_B)$$

+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề:

$$Q_A = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3}36 = 24 \quad [\text{rãnh}]$$

$$Q_B = \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}36 = 12 \quad [\text{rãnh}]$$

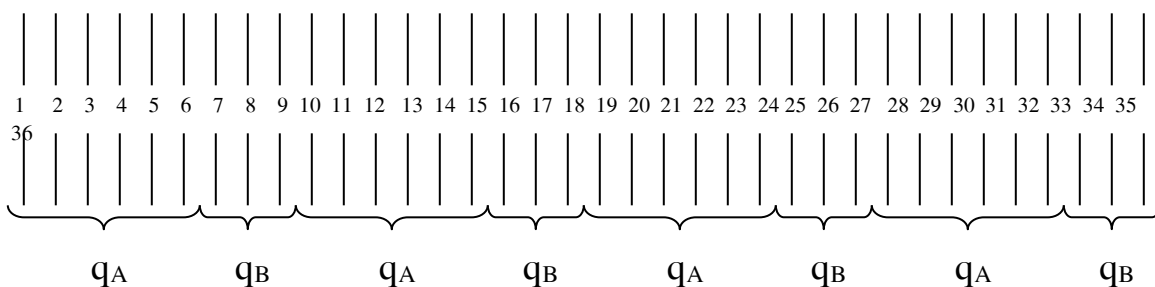
+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề dưới một bước cực từ;

$$q_A = \frac{Q_A}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad [\text{rãnh}]$$

$$q_B = \frac{Q_B}{2P} = \frac{12}{4} = 3 \quad [\text{rãnh}]$$

• **Bước 3:**

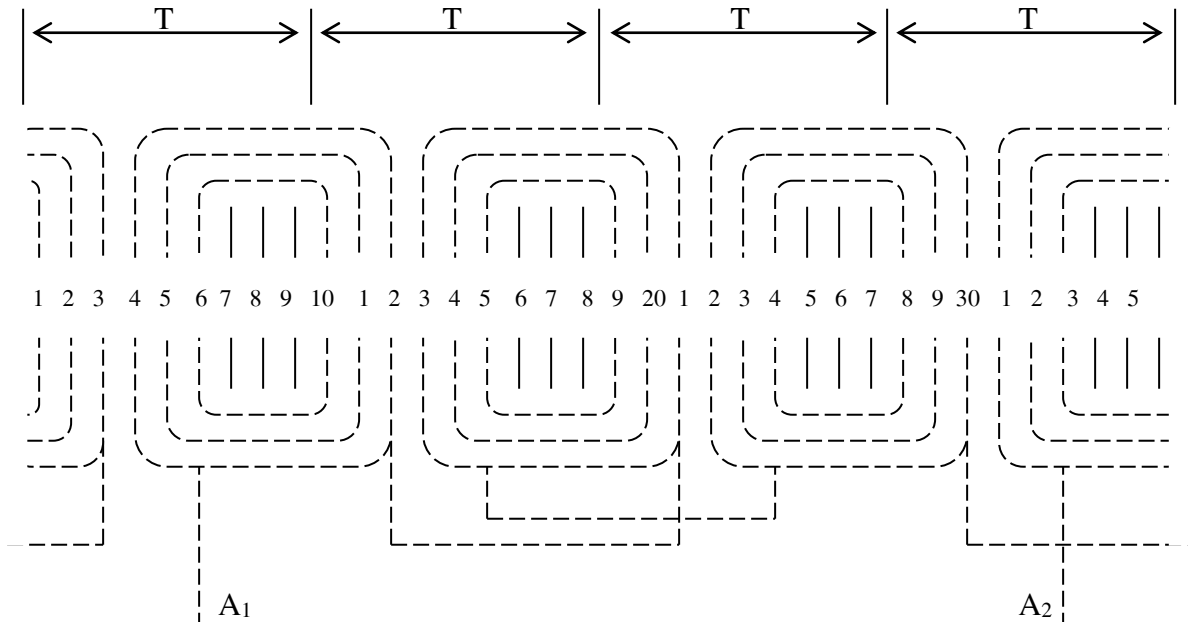
- Vẽ các đoạn thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh stator v đánh số thứ tự từ rãnh số 1 đến rãnh cuối cng.
- Căn cứ vào giá trị bước cực từ T , q_A , q_B ta phn bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề dưới mỗi bước cực từ.



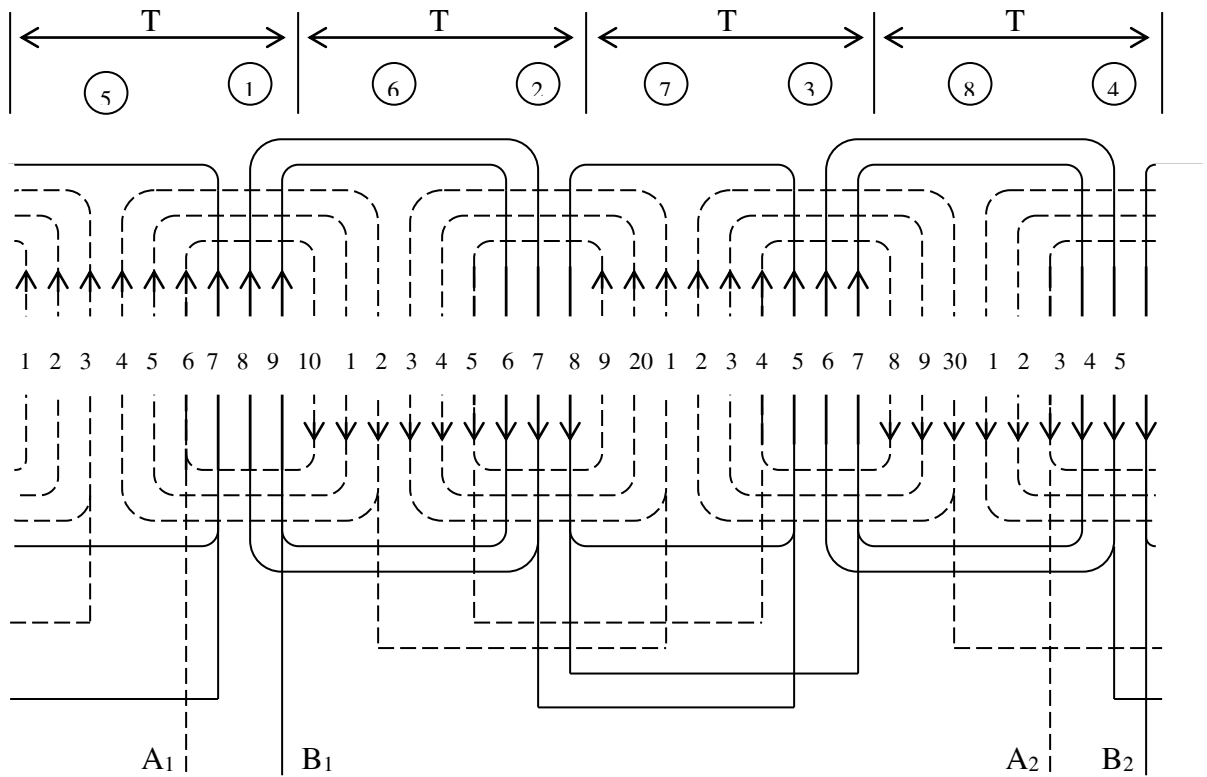
• **Bước 4:**

Liên kết các cạnh tác dụng để tạo thành các nhóm bó là đồng khuôn và cách rải dây dạng phân tán đơn giản.

- Góc độ điện giữa hai rãnh kế tiếp: $\alpha_d = \frac{180^0}{T} = \frac{180^0}{9} = 20^0$.
- Góc lệch giữa hai cuộn dây: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{36}{4 \times 2} = 4.5$ [rãnh].
- Góc lệch cho phíp: $\alpha \cdot \alpha_d = 4.5 \times 20^0 = 90^0$.



Sơ đồ khai triển dây đề dạng đồng tâm phân tán, hai mặt phẳng với phân bố $Q_A = Q_B$, $Z = 36$, $2P = 2$ (dây đề không mượn rãnh)



Sơ đồ khai triển dây chạy và dây đề dạng đồng tâm phân tán, hai mặt phẳng với phân bố $Q_A = Q_B$, $Z = 36$, $2P = 2$ (dây đề không mượn rãnh)

2. Phân bố $Q_A = Q_B$:

a. Ví dụ 1:

Vẽ sơ đồ khai triển động cơ một pha với số liệu sau:

$$Z = 36 \text{ rãnh}$$

$$2P = 2 \text{ cực (Dạng đồng khuôn phân tn 1 lớp kiểu mĩc xích)}$$

GIẢI

- **Bước 1:**

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{2} = 18 \quad [\text{rãnh}]$$

- **Bước 2:**

Để q_A v q_B l số nguyn, ta có thể chọn phn bố sau:

$$T = 18 = 2K, \text{ (T l bội số của 2 nn ta có thể p dụng phn bố } Q_A = Q_B)$$

+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề:

$$Q_A = Q_B = \frac{Z}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ [rãnh]}$$

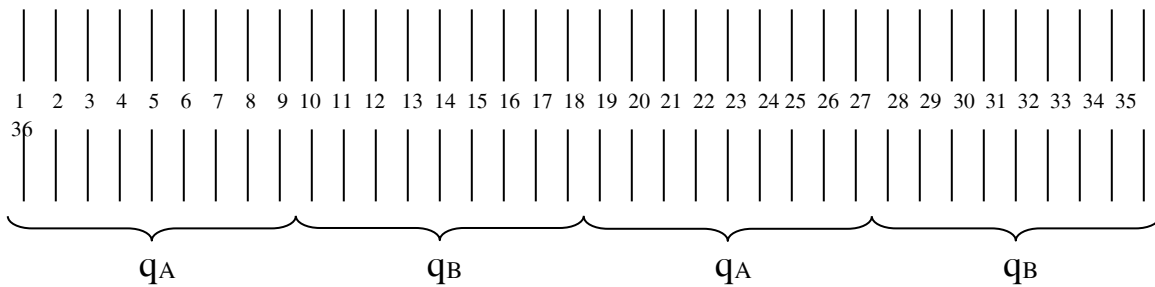
+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề dưới một bước cực từ;

$$q_A = \frac{Q_A}{2P} = \frac{18}{2} = 9 \text{ [rãnh]}$$

$$q_B = \frac{Q_B}{2P} = \frac{18}{2} = 9 \text{ [rãnh]}$$

• **Bước 3:**

- Vẽ các đoạn thẳng song song cách đều nhau ứng với tổng số rãnh stator v đánh số thứ tự từ rãnh số 1 đến rãnh cuối cng.
- Căn cứ vào giá trị bước cực từ T, q_A , q_B ta phn bố rãnh cho cuộn chạy v cuộn đề dưới mỗi bước cực từ.



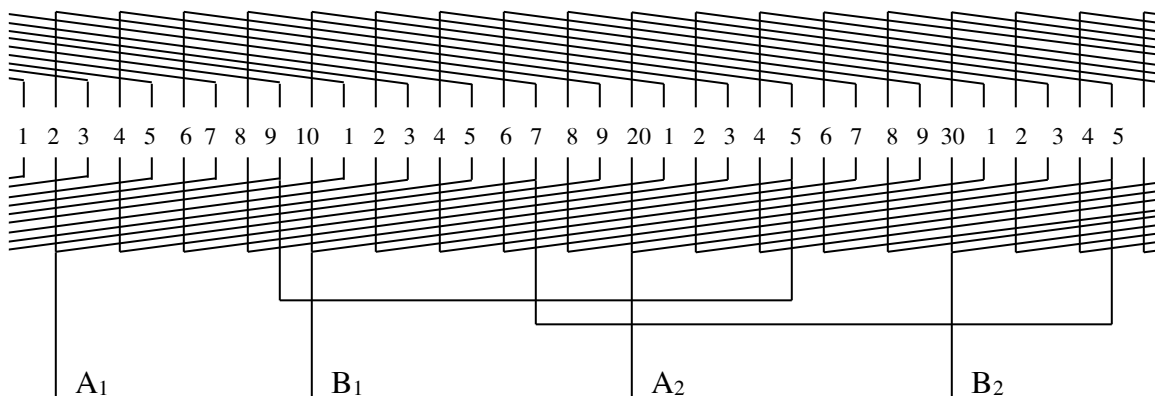
• **Bước 4:**

Liên kết các cạnh tác dụng để tạo thành các nhóm bối là đồng khuôn và cách rải dây dạng phân tán phức tạp (mức xích).

- Góc độ điện giữa hai rãnh kế tiếp: $\alpha_d = \frac{180^\circ}{T} = \frac{180^\circ}{18} = 10^\circ$.

- Góc lệch giữa hai cuộn dây: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{36}{4 \times 1} = 9 \text{ [rãnh]}$.

- Góc lệch cho phn: $\alpha \cdot \alpha_d = 9 \times 10^\circ = 90^\circ$.



2.17 Dây quấn 2 lớp

Các thông số và công thức cơ bản được áp dụng tương tự như dây quấn 1 lớp.

1. Các bước thực hiện:

- **Bước 1:**

Xác định các số liệu cần thiết Z và $2P$ (dựa vào cực từ T để phân ra các bước cực từ trên Stator), sau đó chọn phân bố hợp lý cho dây quấn. Xác định số liệu T, Q_A, Q_B, q_A, q_B như dây quấn 1 lớp.

- **Bước 2:**

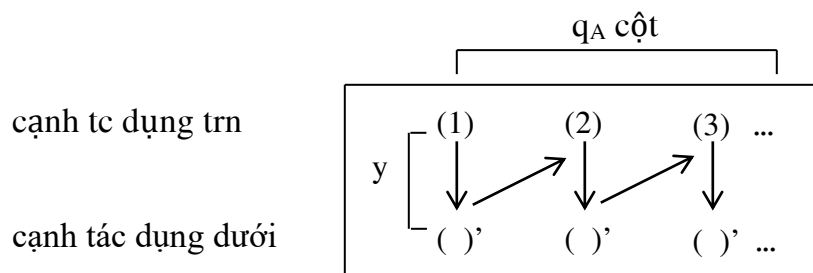
Lập bảng bố trí các nhóm bồi dây cho cuộn chạy và cuộn đề:

2P {	CUỘN CHẠY A	CUỘN ĐỀ B
	Ô căn bản cuộn chạy	Ô căn bản cuộn đề

+ Ô căn bản cuộn chạy là ô ở hàng đầu trong cột cuộn chạy.

+ Ô căn bản cuộn đề là ô ở hàng đầu trong cột cuộn đề.

+ Xy dựng nhóm bồi dây trong ô căn bản của cuộn chạy. Ô này có 2 hàng, hàng trên ghi số thứ tự của cạnh tác dụng trên cho các bồi dây trong nhóm, hàng dưới ghi số thứ tự của cạnh tác dụng dưới cho các bồi dây trong nhóm.



+ Cạnh tác dụng trên được ghi bằng ký hiệu số thông thường.

+ Cạnh tác dụng dưới được ghi thêm dấu phẩy cạnh chữ số vừa ghi.

+ Số cột của cuộn chạy có giá trị bằng q_A .

+ Số cột đầu tiên của cuộn đề ở ô căn bản luôn luôn là $(1+q_A)$, từ đó suy ra các thành phần còn lại cho ô. Tuy nhiên, mỗi ô chỉ có q_B cột.

+ Khoảng cách giữa 2 số thứ tự của 2 cạnh tác dụng trên và dưới là 1 bội dây, được tính cách nhau bằng bước Y (thường chọn $Y = 0.8T$).

+ Số thứ tự của cạnh tác dụng trên trong ô căn bản của cuộn chạy được đánh liên tiếp, bắt đầu từ số (1).

PHA CHÍNH		PHA PHỤ	
Y	(1) (2) (3) ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'	Y	(1+QA) (2) (3) ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'
Y	() () () ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'	Y	() () () ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'
Y	() () () ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'	Y	() () () ↓ ↗ ↓ ↗ ↓ ()' ()' ()'

Gián đồ bố trí các nhóm bội dây cho cuộn chạy và cuộn đề khi xây dựng dây quấn hai lớp.

• **Bước 3:**

Dựa theo bảng bố trí các nhóm bội dây thành lập sơ đồ khai triển dây quấn, ta dùng quy tắc cạnh tác dụng trên bảng vẽ bằng nét vẽ liên tục và cạnh tác dụng dưới cùng trong một rãnh đó bằng nét gián đoạn.

• **Bước 4:**

Kiểm tra Góc lệch giữa hai pha.

2. Một số ví dụ cho dây quấn 2 lớp:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn 2 lớp cho động cơ 1 pha có số liệu sau:

$$Z = 24 \text{ rãnh}, 2P = 2.$$

GIẢI

• **Bước 1:**

Bước cực từ

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12 \quad [\text{rãnh}]$$

($T = 12$ l bội số của 3 nn ta có thể p dụng phn bố $Q_A = 2Q_B$).

+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề:

$$Q_A = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3}24 = 16 \quad [\text{rãnh}]$$

$$Q_B = \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3}24 = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

+ Số rãnh của cuộn chạy v cuộn đề:

$$q_A = \frac{Q_A}{2P} = \frac{16}{2} = 8 \quad [\text{rãnh}]$$

$$q_B = \frac{Q_B}{2P} = \frac{8}{2} = 4 \quad [\text{rãnh}]$$

• **Bước 2:**

$Y = 0.8$; $T = 0.8 \times 12 = 9.6$; chọn $Y = 10$.

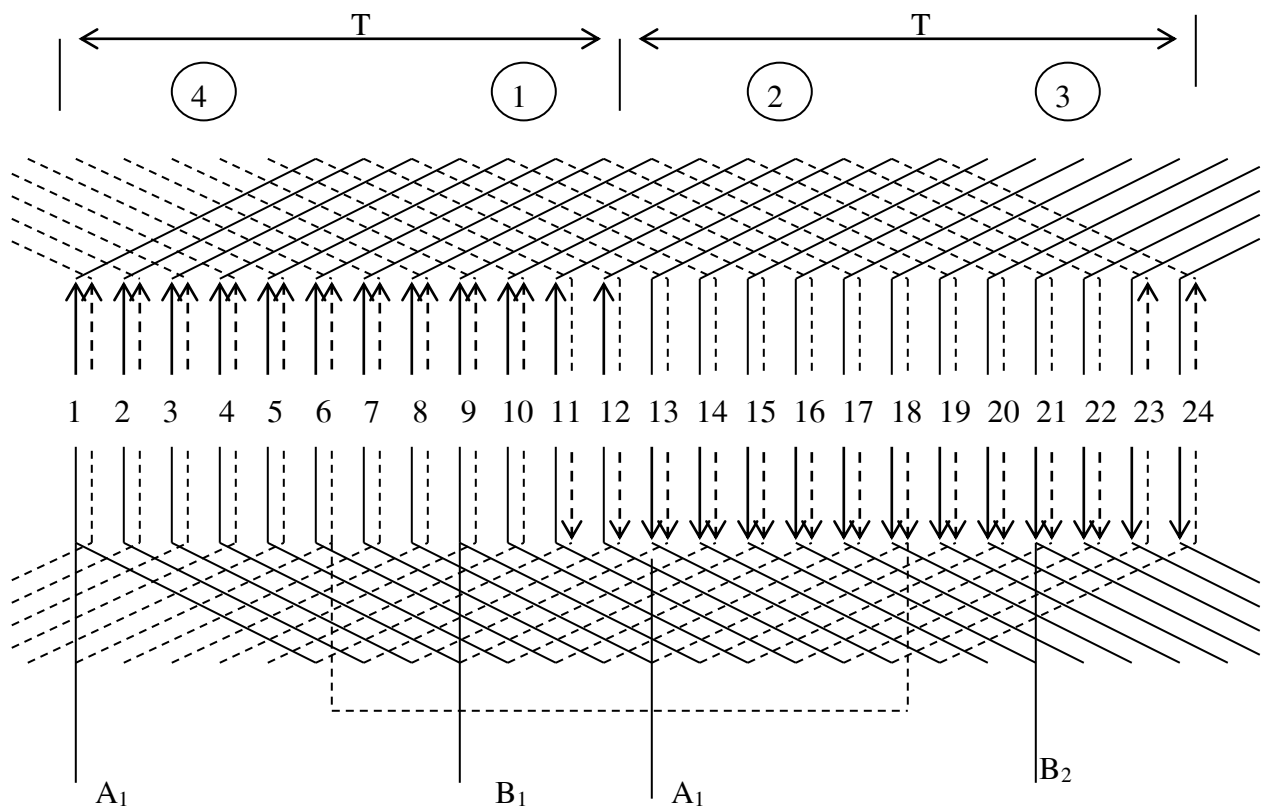
PHA CHÍNH							PHA PHỤ				
8	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12
Y=10	↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓						Y=10	↓↗↓↗↓↗↓			
18'	11' 12' 13' 14' 15' 16' 17'						19' 20' 21' 22'				
20	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24
Y=10	↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓↗↓						Y=10	↓↗↓↗↓↗↓			
6'	23' 24' 1' 2' 3' 4' 5'						7' 8' 9' 10'				

• **Bước 3:**

– Góc độ điện giữa 2 rãnh kế tiếp: $\alpha_d = \frac{180^0}{T} = \frac{180^0}{12} = 15^0$.

– Góc lệch giữa hai cuộn dây: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{24}{4 \times 1} = 6 \quad [\text{rãnh}]$.

– Góc lệch cho php: $\alpha \cdot \alpha_d = 6 \times 15^0 = 90^0$.



Dựa theo bảng bố trí ốc nhĩm bồi đĩ tĩnh lập sơ đồ khai triển đĩ quấn.

Sơ đồ khai triển đĩ quấn 2 lớp ộng cơ một pha.

$$(O_A = 2O_R, Z = 24, 2P = 2).$$

2.18 Xây dựng sơ đồ khai triển một số dạng dây quấn đặc biệt động cơ kđb 1 pha

2.18.1 Dây quấn sin

Dây quấn sin là loại dây quấn đặc biệt, thường có dạng nhóm bồi dây đồng tâm, số vòng dây ở mỗi bồi dây trong một nhóm bồi không giống nhau và được phân bố theo một quy luật nhất định, đồng thời giữa dây chạy và dây đề có một số rãnh chung. Nhờ sự phân bố như vậy mà sức từ động và mật độ từ thông ở khe hở không khí của động cơ phân bố gần như hình sin, có thể triệt tiêu hoặc giảm một cách đáng kể các sóng bậc cao (bậc 3, 5, 7).

Ở dây quấn sin, sự phân bố rãnh stator cho dây chạy, dây đề cũng không theo quy tắc $Z_A = Z_B$ hay $Z_A = 2Z_B$ mà theo một quy tắc riêng.

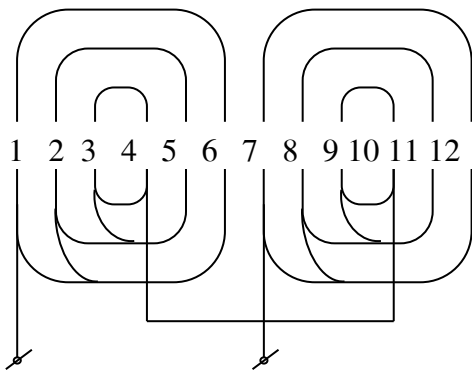
Ưu điểm của công nghệ dây quấn sin là các bồi dây trong cùng một dây quấn đặt trong cùng một mặt phẳng và dây đề thường (không phải luôn luôn) đặt ở mặt phẳng trên (gần miệng rãnh) thuận lợi cho việc sửa chữa bộ dây quấn.

Có nhiều phương pháp phân bố dây quấn sin, ở đây chúng ta tìm hiểu phương pháp VIENNOT là phương pháp được áp dụng phổ biến trong thực tế.

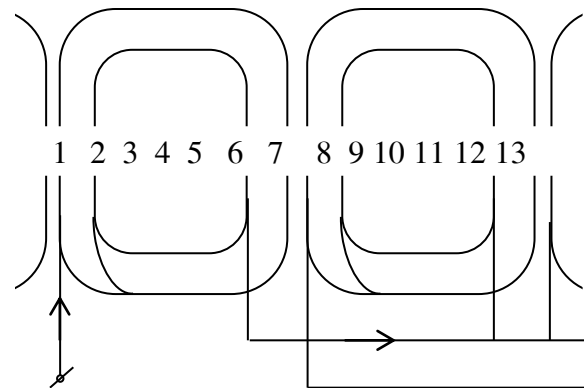
2.18.2 DÂY QUẤN ĐCKĐB 1 PHA DẠNG VIENNOT

2.18.2.1 Bảng phân bố VIENNOT

- + Các vị trí có chứa dây được ghi bằng các số khác 0.
- + Các vị trí không chứa dây được ghi bằng số 0 hoặc bỏ trống.
- + Dây quấn cuộn chạy được sử dụng những phân bố mà số 0 không có (hoặc số 0 ít hơn).
- + Dây quấn cuộn đề được sử dụng những phân bố mà số 0 nhiều hơn.
- + Nếu chọn phân bố có số cột bằng bước cực từ T thì dây quấn không mượn rãnh (hình a).
- + Nếu chọn phân bố có số cột bằng bước cực từ $T + 1$ thì dây quấn phải mượn rãnh (hình b).
- + Nếu dây chạy và dây đề cùng chọn một cách phân bố thì:



Hình a



Hình b

- **Khi T chẵn:**

- Nếu dây chạy không mượn rãnh thì dây đề cũng không mượn rãnh.
- Nếu dây chạy mượn rãnh thì dây đề cũng mượn rãnh.

- **Khi T lẻ:**

- Nếu dây chạy mượn rãnh thì dây đề không mượn rãnh.
- Nếu dây chạy không mượn rãnh thì dây đề mượn rãnh.

Bước cực từ T [rãnh]	Cách bố trí dây dẫn trong một nhóm bởi dưới một bước cực từ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

4	1	1	0	1	1								
	½	1	0	1	½								
	1	0	0	0	1								
6	1	0	0	0	0	1							
	1	1	0	0	1	1							
	1	1	1	1	1	1							
	½	1	½	0	½	1	½						
	1	1	1	0	1	1	1						
9	½	1	1	½	0	0	½	1	1	½			
	½	1	1	0	0	0	0	1	1	½			
	½	1	½	0	0	0	0	½	1	½			
	1	1	0	0	0	0	0	1	1				
	1	2/3	0	0	0	0	0	2/3	1				
	1	1	½	0	0	0	½	1	1				
	1	1	1	0	0	0	1	1	1				
	1	1	2/3	0	0	0	2/3	1	1				
	1	1	5/8	0	0	0	5/8	1	1				
12	1	½	½	0	0	0	0	0	0	½	½	1	
	1	1	½	½	0	0	0	0	½	½	1	1	
	1	1	1	1	0	0	0	0	½	½	1	1	
	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	
	½	1	1	½	½	0	0	½	½	1	1	½	
	½	1	½	½	0	0	0	0	0	½	½	1	½
	½	1	1	1	½	0	0	0	½	1	1	1	½
	½	1	½	0	0	0	0	0	0	0	½	1	½

BẢNG PHÂN BỐ VIENNOT

+ Chỉ số ghi trong bảng 1 một biểu thị số vòng dây trong bối đó bằng 1 đơn vị, từ đây suy ra số vòng cho các bối kch theo chỉ số ghi trong bảng VIENNOT.

+ Trong bảng cho ta 3 trường hợp bố trí dây quấn ứng với các động cơ có:

$$T = 4.5 \quad T = 6.9 \quad T = 9.9 \quad T = 12$$

Các bước thực hiện:

- **Bước 1:**

Từ giá trị Z, 2P chọn một kết cấu cho dây chạy và dây đề từ bảng VIENNOT.

$$T = \frac{Z}{2P} \text{ [rãnh]}$$

• **Bước 2:**

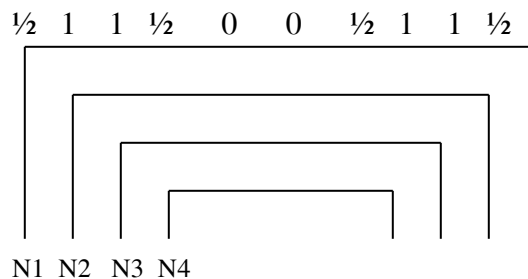
Tìm Góc lệch pha giữa 2 cuộn dây (từ tm cuộn chạy đến tâm cuộn đề).

$$\alpha = \frac{Z}{4P} \text{ [rãnh]}$$

• **Bước 3:**

Tính tỉ lệ số vòng cho mỗi bồi dây trong mỗi nhóm bồi.

Ví dụ:



Đặt N là tổng số vòng trong một nhóm bồi .

Ta có:

$$N_1 = \frac{1}{2} \text{ đơn vị}$$

$$N_2 = 1 \text{ đơn vị}$$

$$N_3 = 1 \text{ đơn vị}$$

$$N_4 = \frac{1}{2} \text{ đơn vị}$$

$$\Rightarrow N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = \frac{1}{2} + 1 + 1 + \frac{1}{2} = 3 \text{ đơn vị.}$$

(trong đó N_1, N_2, N_3, N_4 l số vòng rìn của từng nhóm bồi trong nhóm bồi).

Suy ra:

$$\frac{N_1}{N} = \frac{N_4}{N} = \frac{\frac{1}{2}}{3} = \frac{1}{6} = 0.166$$

$$\frac{N_2}{N} = \frac{N_3}{N} = \frac{1}{3} = 0.333$$

Bước 4: Vẽ sơ đồ.

Ví dụ 1: Vẽ sơ đồ dây quấn sin cho động cơ một pha có $Z = 24, 2P = 2$.

GIẢI

• **Bước cực từ:**

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12 \text{ [rãnh]}$$

$T = 12$ chẵn, ta chọn cùng một dạng phân bố cho dây chạy và dây đề là loại không mượn rãnh, nghĩa là số cột của phân bố sẽ chọn bằng bước cực từ T .

• Ta chọn:

+ Cuộn chạy: 1 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 0 0 0 0 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 1 1

+ Cuộn đề: 1 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ 0 0 0 0 0 0 $\frac{1}{2}$ 1 1

Góc lệch pha: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{24}{4} = 6$ [rãnh]

Tỷ lệ vòng dây cho mỗi bối:

+ Cuộn chạy: $N_1 = 1$ đơn vị

$N_2 = 1$ đơn vị

$N_3 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$N_4 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$\Rightarrow N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 3$ đơn vị.

$\Rightarrow \frac{N_1}{N} = \frac{N_2}{N} = \frac{1}{3} = 0.333$ v $\frac{N_3}{N} = \frac{N_4}{N} = \frac{\frac{1}{2}}{3} = \frac{1}{6} = 0.166$

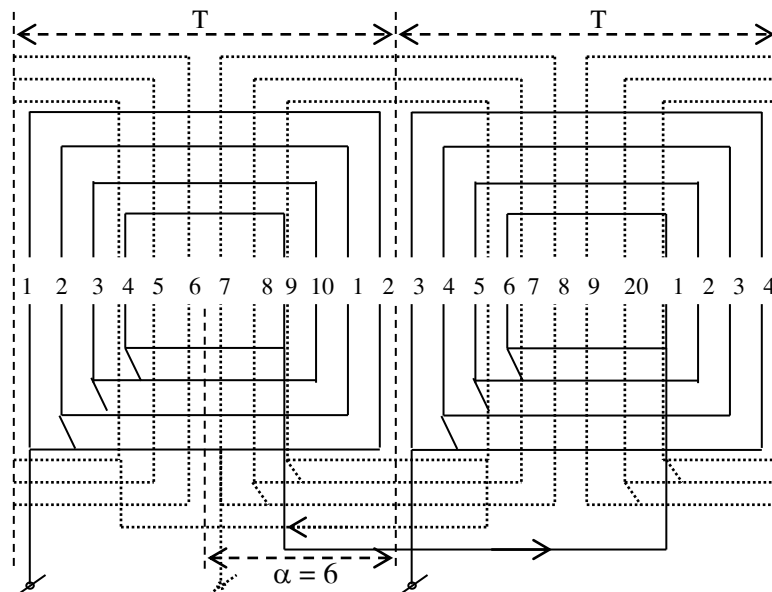
+ Cuộn đề: $N_1 = 1$ đơn vị

$N_2 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$N_3 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$\Rightarrow N = N_1 + N_2 + N_3 = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 2$ đơn vị.

$\Rightarrow \frac{N_1}{N} = \frac{1}{2} = 0.5$ v $\frac{N_2}{N} = \frac{N_3}{N} = \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4} = 0.25$



Sơ đồ dây quấn sin có $Z = 24, 2P = 2$.

Ví dụ 2: Vẽ sơ đồ dây quấn sin cho động cơ một pha có $Z = 24$, $2P = 4$.

GIẢI

- Bước cực từ:

$$T = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \text{ [rãnh]}$$

$T = 6$ chẵn, ta chọn cùng một dạng phân bố cho dây chạy và dây đề là loại mược rãnh, nghĩa là số cột của phân bố sẽ chọn bằng bước cực từ $T + 1$.

- Ta chọn:

+ Cuộn chạy: 1 1 1 0 1 1 1

+ Cuộn đề: ½ 1 ½ 0 ½ 1 ½

Góc lệch pha: $\alpha = \frac{Z}{4P} = \frac{24}{8} = 3 \text{ [rãnh]}$

Tỷ lệ vòng dây cho mỗi bối:

+ Cuộn chạy: $N_1 = 1$ đơn vị

$N_2 = 1$ đơn vị

$N_3 = 1$ đơn vị

$\Rightarrow N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 1 + 1 + 1 = 3$ đơn vị.

$\Rightarrow \frac{N_1}{N} = \frac{N_2}{N} = \frac{N_3}{N} = \frac{1}{3} = 0.333$

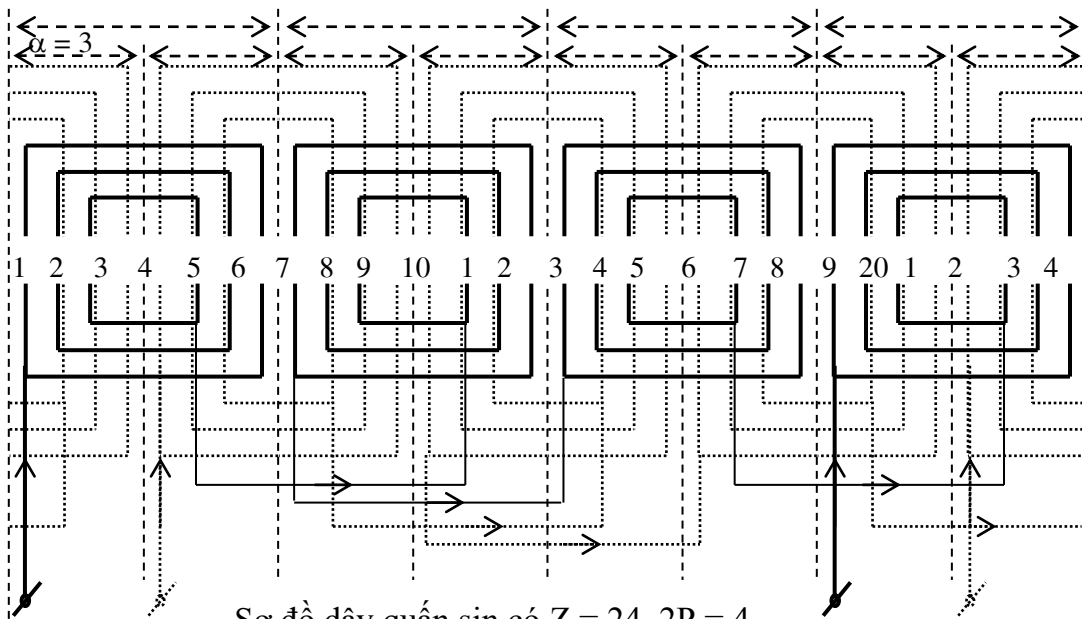
+ Cuộn đề: $N_1 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$N_2 = 1$ đơn vị

$N_3 = \frac{1}{2}$ đơn vị

$\Rightarrow N = N_1 + N_2 + N_3 = \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} = 2$ đơn vị.

$\Rightarrow \frac{N_1}{N} = \frac{N_3}{N} = \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4} = 0.25 \quad \vee \quad \frac{N_2}{N} = \frac{1}{2} = 0.5$

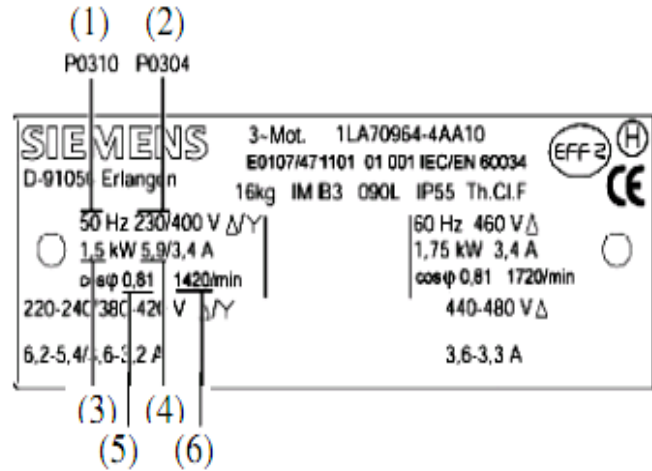


Sơ đồ dây quấn sin có $Z = 24$, $2P = 4$.

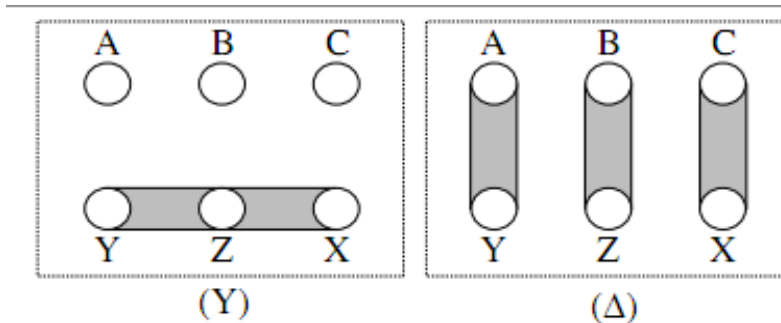
2.19 Đấu dây vận hành động cơ

2.19.1 Ý nghĩa các số liệu ghi trên biển máy

- (1) Tần số: $f = 50$ (Hz)
- (2) Điện áp dây đầu vào khi đấu (Y) hoặc (Δ)
- (3) Công suất: $P = 1.5$ (KW)
- (4) Dòng điện khi đấu (Y) hoặc (Δ)
- (5) Hệ số công suất
- (6) Tốc độ quay

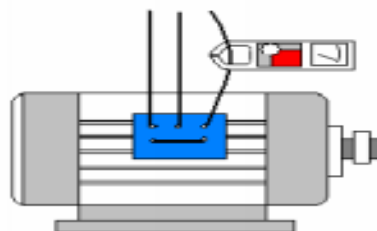


2.19.2 BỐ TRÍ ĐẦU DÂY RA - CÁCH ĐẤU DÂY VẬN HÀNH ĐỘNG CƠ CÁCH ĐẤU HÌNH SAO VÀ TAM GIÁC



2.19.3 KIỂM TRA DÒNG ĐIỆN KHÔNG TẢI

Vận hành thử động cơ: đấu X với Y với Z, đấu A, B, C vào nguồn đóng điện và dùng am – pe kim để đo dòng điện chạy qua động cơ

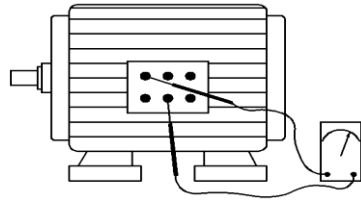


2.20 Tháo lắp động cơ

2.20.1 Các bước thực hiện

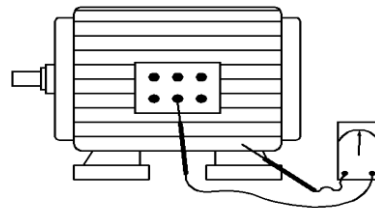
Kiểm tra phần điện

- **Bước 1:** Tháo dây dẫn điện đến động cơ và dây tiếp đất, tháo cầu nối trên hộp nối dây
- **Bước 2:** Đo điện trở từng cuộn dây pha. Ghi kết quả vào bảng



Đo điện trở
cuộn dây pha

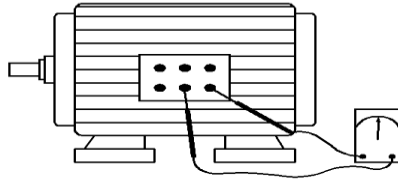
- **Bước 3:** Hướng dẫn kiểm tra độ cách điện giữa các cuộn dây pha với vỏ theo các bước sau:
 - **Kiểm tra pha A**
 - Dùng mê – gôm mét nối dây như hình vẽ (đầu que đỏ nối với A hoặc X, đầu que đen nối vào vỏ động cơ; tốt nhất là nối với vít tiếp đất của động cơ). Ghi kết quả vào phiếu thực hành



Đo cách điện
giữa cuộn dây và vỏ

- Tương tự ta đo cho pha B và pha C
- **Bước 4:** Hướng dẫn kiểm tra độ cách điện giữa các cuộn dây pha
 - **Kiểm tra cách điện giữa pha A và pha B**

- Dùng mê – gôm mét nối giữa hai pha ngay tại các đầu nối ở hộp đấu dây như hình vẽ. Đọc trị số trên mê – gôm mét và ghi kết quả vào phiếu thực hành
- Lập lại tương tự để đo cách điện giữa pha A với pha C và giữa pha B với pha C



Đo cách điện giữa các cuộn

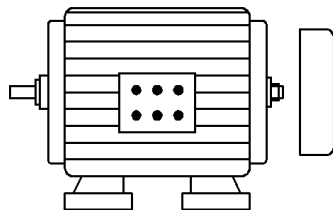
2.20.2 TRÌNH TỰ THÁO – RÁP ĐỘNG CƠ

Quy trình tháo động cơ

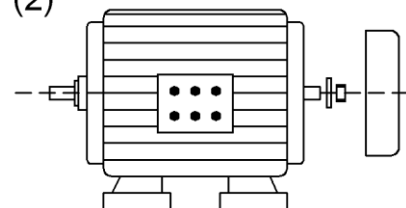
- **Bước 5:** Thực hiện hướng dẫn tháo các phụ kiện theo thứ tự sau:

- Tháo lồng bảo hiểm
- Tháo cánh quạt
- Pháo pu – li
- Tháo vít bắt vào nắp mỡ
- Tháo bu - lông liên kết giữa nắp với thân động cơ
- Đóng nhẹ vào trục rô – to để lấy ro- to ra
- Thôi, quét bụi
- Kiểm tra vòng bi, tra mỡ

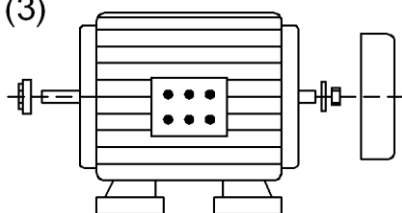
(1)



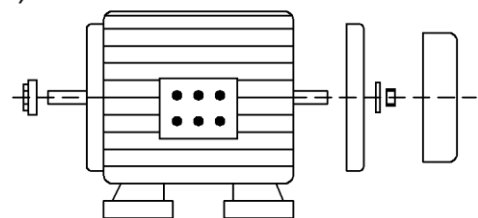
(2)

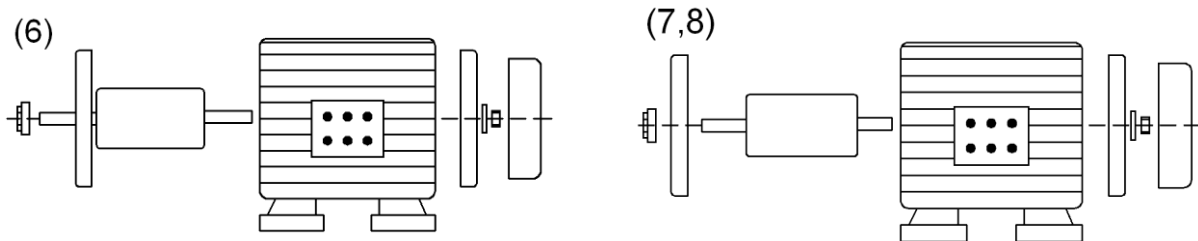


(3)



(4,5)





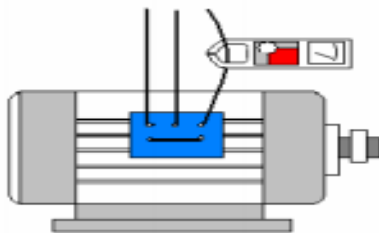
Qui trình ráp động cơ

Bước 6: Ráp động cơ: ngược lại với quá trình tháo

- Lắp vòng bi, lắp ro – ro vào stato, lắp nắp máy vào thân máy...

Bước 7: Kiểm tra lại phần điện sau khi đã lắp hoàn chỉnh động cơ,

Bước 8: Vận hành thử động cơ: đấu X với Y với Z, đấu A, B, C vào nguồn đóng điện và dùng am – pe kìm để đo dòng điện chạy qua động cơ



2.21 Các bước quấn dây động cơ không đồng bộ

Bước 1: Tháo gỡ cuộn dây stator, gia công cách điện rãnh stator.

Vệ sinh lõi thép:

- Trước khi tiến hành quấn dây động cơ ta phải vệ sinh động cơ, tháo động cơ kiểm tra phần cơ (bạc đạn, bi, trục động cơ...tra dầu mỡ bảo trì nếu cần thiết), tiếp đến kiểm tra, làm sạch lõi thép. Nếu lõi thép bị sét, rỉ phải dùng giấy nhám trà sạch vết rỉ sét, sau đó dùng gẻ lau sạch.

- Chọn đúng chiều dọc của thớ giấy trước khi đo, cắt.

- Cách đo, cắt giấy lót:

Chiều dài của miếng giấy lót = chiều dài thực của rãnh (ký hiệu là h) cộng 12mm cho 2 đầu mép gấp ngoài (mỗi bên mép gấp trừ 6mm)

Chiều rộng của miếng giấy lót

Bước 2: Làm khuôn quấn dây, đo khuôn và quấn dây.

- Cách đo: lấy 1 sợi dây điện từ mảnh (loại dây Ø 50 được dùng là tốt nhất) cạnh dây thứ 1 được đặt ở vị trí rãnh số 5 (do ta quy ước) cạnh dây thứ 2 đặt ở rãnh thứ 13, tại 2 đầu cạnh dây đầu được bẻ có phương tiếp tuyến với mặt cong ở đáy rãnh.

Yêu cầu: Khuôn được đo nhỏ so với kích thước thực của búi dây, khi lồng các búi dây vô rãnh ta sẽ gặp khó khăn rất lớn, nếu cưỡng bức sẽ làm biến dạng búi dây. Ngược lại nếu búi dây lớn so với kích thước thực của búi dây sẽ không tiết kiệm được dây, nếu khuôn đo quá lớn phần dư ở đầu dây sẽ chạm vào vỏ và nắp động cơ dễ gây ra hiện tượng chạm chập.

- Sử dụng khuôn quấn dây dạng đồng khuôn

- Vòng dây mẫu được đặt trên khuôn quấn

- Chú ý một số kỹ thuật khi quấn dây:

Số vòng dây quấn được quấn chính xác theo số liệu đã tính toán, quấn dây đều, những vòng dây song song tránh chùng chéo giữa các vòng dây.

Bộ dây 1pha được quấn liên tiếp, không được cắt ra thành nhiều cuộn, có như vậy mới hạn chế các mối nối trong động cơ.

Vòng dây mẫu được đo trên rãnh và được đặt trên khuôn quấn.

Bước 3: lồng dây.

Yêu cầu: Khuôn được đo nhỏ so với kích thước thực của búi dây, khi lồng các búi dây vô rãnh ta sẽ gặp khó khăn rất lớn, nếu cưỡng bức sẽ làm biến dạng búi dây. Ngược lại nếu búi dây lớn so với kích thước thực của búi dây sẽ không tiết kiệm được dây, nếu khuôn đo quá lớn phần dư ở đầu dây sẽ chạm vào vỏ và nắp động cơ dễ gây ra hiện tượng chạm chập.

- Trong trường hợp nếu đường kính stator nhỏ quá, ta phải làm nhỏ các búi dây lại bằng cách kéo nhẹ hai đầu cuộn dây.

- Trong quá trình lồng dây, ta phải tránh các trường hợp sau: nhiều vòng dây chéo nhau, sự xoắn của các cạnh dây, sự biến dạng của dây điện từ.

- Trong quá trình lồng dây, ta phải trải từ từ cạnh của búi dây xuống rãnh. Ngón tay cái và ngón trỏ nắm hai đầu của búi dây, các dây đồng riêng lẻ qua sự chuyển động của ngón cái và ngón trỏ cho dây điện từ xuống rãnh từ từ.

- Không được cưỡng bức búi dây trong bất kỳ trường hợp nào.

- Dùng dụng cụ lồng dây trải dây thẳng và đưa dây vào trở lại rãnh (nếu cần).

Bước 4: Đấu, hàn dây, cắt giấy lót cách pha và đai dây.

- Đầu dây: đầu cuối của pha chạy (đầu X) được đấu với đầu cuối của pha đề (đầu Y) và tại nút này được đấu ra nguồn. Đầu đầu của pha đề được đấu vào công tắc ly tâm được đấu vào tụ điện, đầu còn lại của tụ điện được đấu vào đầu đầu của pha chạy và tại nút này được đấu ra nguồn (như hình vẽ).

- Hàn dây (động cơ có công suất nhỏ).

- Cắt giấy lót cách pha.

Lót cách điện giữa các pha.

Hướng dẫn cắt giấy lót cách điện:

Tại những vị trí nơi bộ dây của 2 pha giao nhau ta đều phải lót giấy lót cách pha. Kích thước của giấy lót được đo bằng diện tích tiếp xúc chỗ giao nhau của 2 pha đo.

- Đai dây.

Bước 5: Kiểm tra thông số kỹ thuật động cơ sau khi quấn dây.

- Kiểm tra sự liên lạc của các cuộn dây trong một pha.

- Kiểm tra cách điện giữa các pha của dây quấn stator (đo bằng Mê – gôm mét)

- Kiểm tra cách điện giữa dây quấn stator và lõi thép stator (đo bằng Mê – gôm mét).

- Kiểm tra độ rò điện ra vỏ động cơ (V.O.M).

- Kiểm tra chỉ số dòng điện ra vỏ động cơ (Ampe kim).

- Kiểm tra tốc độ của động cơ (tốc độ kế).

Lưu ý: Theo nguyên tắc thiết kế máy phát điện, các loại động cơ cảm ứng (động cơ không đồng bộ) được gọi là 1pha khi hệ thống dây quấn stator của chúng gồm có dây quấn chính (dây chạy) và dây quấn phụ được tách ly ra khỏi nguồn điện sau khi động cơ đã khởi động và đạt được 75% tốc độ đồng bộ. Trong loại động cơ này, khi nó đang vận hành mang tải chủ yếu chỉ bộ dây chính được cung cấp điện, do đó ta gọi chúng là động cơ 1pha. Vậy tụ khởi động và cuộn đề chỉ tham gia vào quá trình khởi động mà thôi, tụ khởi động và pha phụ được ngắt ra khỏi nguồn điện nhờ công tắc ly tâm (công tắc ly tâm được gắn với rotor bên trong máy).

Đối với động cơ 1pha dùng tụ làm việc thường trực hệ thống dây quấn stator cũng có 2 bộ dây quấn chính và phụ. Tuy nhiên, lúc động cơ vận hành mang tải cả hai bộ dây đều đấu song song với nhau vào nguồn điện, nên ta gọi chúng là động cơ 2pha.

- Kiểm tra độ phát nhiệt của động cơ (nhiệt kế thủy ngân).

Điện trở các pha	
AX	
BY	

Dòng mm	Dòng k/tải	Dòng tải

Bước 6: Tẩy sấy verni cách điện cho động cơ.

Hướng dẫn thực hiện:

- Lựa chọn phương pháp tẩy: phương pháp tốt nhất là nhúng tức là đem toàn bộ dây quấn nhúng chìm hẳn vào thùng chứa sơn và giữ trong đó cho tới khi không thấy bọt khí nổi lên nữa. Ngoài ra có thể dùng phương pháp đơn giản quét sơn tức là dùng 1 cây chổi lông mềm nhúng sơn sau đó quét lên bộ dây.

- Trước khi tẩy, dây quấn được sấy sơ bộ ở nhiệt độ 100⁰c thời gian sấy từ 3 đến 12 giờ để làm khô cách điện, sơn dễ thấm. Bộ dây quấn được sấy xong để nguội đến 50 - 70⁰c sau đó đem tẩy sơn cách điện. Thời gian tẩy lần đầu kéo dài từ 0,1 – 0,5 giờ. Tùy theo loại và kích thước dây quấn. Nếu tẩy nhiều lượt thì lần tẩy sau ngắn hơn lần trước 5phút. Thường tẩy kỹ cũng chỉ 3 lượt.

- Sau khi tẩy xong dây quấn thường được đặt có độ dốc để sơn nhỏ giọt hết. Sau đó dùng giẻ sạch tẩy dung môi (xăng, nhựa thông...) để lau sạch hết các đầu dây ra. Dây quấn tẩy xong đem sấy khô.

- Các phương pháp sấy được trình bày như sau:

1. Phương pháp sấy bằng lò sấy hoặc bóng đèn, dùng bóng đèn là cách đơn giản khi sấy nên tháo Rotor và đưa bóng đèn vào trong lồng stator, đây nập lại để giữ nhiệt khi sấy.

1. Phương pháp sấy cảm ứng: dùng dòng điện xoáy trong lõi thép để đốt nóng máy phát điện. Quấn quanh tiết diện mạch từ 1 cuộn dây, đưa dòng điện xoay chiều vào cuộn dây để luyện từ trong lõi thép theo chiều chu vi. Dòng điện xoáy trong lõi thép sẽ đốt nóng động cơ đến nhiệt độ cần thiết.

2. Phương pháp sấy trực tiếp bằng dòng điện: đưa dòng điện vào dây quấn, có thể dùng dòng điện 1 chiều, xoay chiều 1pha, 3pha. Nếu dùng dòng điện 1 chiều, xoay chiều 1pha, 3 cuộn dây pha đấu thành hình tam giác hở. Còn nếu dùng nguồn 3pha, thì 3 cuộn dây đấu sau. Luôn theo dõi nhiệt độ của bộ dây bằng nhiệt kế thủy ngân để tránh quá nóng cuộn dây dẫn đến cháy.

Mục đích:

- Tránh bộ dây quấn bị ẩm.
- Nâng cao độ chịu nhiệt.
- Tăng độ bền cách nhiệt.
- Tăng độ bền cơ học.
- Chống được dầu mỡ bôi trơn bám vào bộ dây quấn.

Các bước thực hiện:

- Sấy khô trước khi tẩm verni (thông thường làm nóng bộ dây bằng cách cho quạt hoạt động từ 5 đến 7 phút).
- Tẩm verni cách điện lên bộ dây quấn.
- Sấy khô verni bằng sự tỏa nhiệt của loại đèn có tim.

3. Bài tập trên xưởng thực hành quấn dây.

1. Vẽ sơ đồ dây quấn động cơ 1 pha dạng đồng khuôn phân tán đơn giản 2 mặt phẳng $Q_A = Q_B$, $Z = 36$, $2p=2$
2. Nêu cách lồng dây của sơ đồ câu 1.

4. Bài tập về nhà:

1. Vẽ sơ đồ dây quấn động cơ 1 pha dạng đồng khuôn 2 lớp có $Z = 24$, $2p = 2$, $y = 10$.
2. Nêu cách lồng dây của sơ đồ câu 1.
3. Nêu ưu khuyết điểm của việc quấn dây dạng đồng khuôn 2 lớp đối với động cơ mở máy bằng tụ khởi động.

MỘT SỐ VẤN ĐỀ CẦN LƯU Ý

- Cách tháo ráp động cơ.
- Cách phát hiện cuộn dây nào bị chạm vỏ, ngắn mạch, hở mạch.
- Cách lót giấy cách điện khi rãnh quá hẹp, quá đầy dây.

Một số vấn đề khác cần nhắc trong quá trình thực hành.

LƯU Ý BỔ SUNG ĐỒ NGHỀ THEO MỤC DỤNG CỤ HỌC TẬP

Bảng dự trù này lập cho 1 lớp học có 20 sinh viên, được chia thành 10 nhóm thực hành (mỗi nhóm 02 sinh viên).

BẢNG DỰ TRÙ VẬT TƯ CHO BUỔI HỌC

Stt	Tên vật tư	Số Vật tư/1nhóm	Đơn vị	Số VT/1 buổi học
1	Động cơ 1 pha (loại công suất ½ HP)	01	Cái	10
2	Dây emay(loại dây Ø = 40%mm)	01	Kg	10

3	Giấy cách điện	0,1	m ²	1,5
4	Ống ghen cách điện loại Ø 0,2	01	Sợi	10
5	Ống ghen cách điện loại Ø 0,4	01	Sợi	10
6	Dây điện dây ruột mềm	0,6	M	9
7	Chì hàn			
8	Tụ khởi động 20 μ F, 220 – 350V			1
9	Dây đai			

CÁC DẠNG SAI HỒNG – NGUYÊN NHÂN VÀ BIỆN PHÁP PHÒNG TRÁNH

Nguyên nhân	Biện pháp khắc phục
1. Đo khuôn – Quán dây chưa chính xác	
<ul style="list-style-type: none"> - Bộ dây quá nhỏ hoặc quá lớn - Số vòng dây quán không chính xác, dây quán chùng chéo 	<ul style="list-style-type: none"> - Kiểm tra khuôn, nếu khuôn rộng hoặc quá nhỏ ta phải tháo bộ dây ra đo khuôn và quán lại, trước khi quán lại phải căng dây thật thẳng. - Trong quá trình quán dây phải chú ý đếm chính xác số vòng dây quán và quán đúng kỹ thuật.
2. Vô dây không đúng kỹ thuật	
<ul style="list-style-type: none"> - Do trong quá trình lồng các bó dây vô rãnh sử dụng, cưỡng bức bó dây gây trầy, sứt làm mất lớp sơn cách điện bọc bên ngoài dây điện từ gây chạm chập giữa các vòng dây trong 1pha làm nóng động cơ, nếu giữa ngắn mạch có thể dẫn đến hiện tượng chạm chập. - Trường hợp vô các bó dây không đúng dạng đồng khuôn móc xích, nguyên nhân do lồng các bó dây không đúng trình tự, chú ý khi lật các bó dây. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quán dây và vô dây theo đúng kỹ thuật đã được hướng dẫn không được cưỡng bức bó dây trong bất kỳ trường hợp nào. - Tháo bó dây lồng sai ra vô lại theo đúng trình tự, khi tháo ra phải nắn bó dây cho thật chuẩn rồi mới vô lại.
3. Đấu dây chưa đúng	
<ul style="list-style-type: none"> - Xác định cách đấu sai - Đấu dây chưa đúng kỹ thuật 	<ul style="list-style-type: none"> - Các bó dây liên kết với nhau bằng các đầu cực thật. - Kiểm tra: đo liên lạc của các cuộn dây trong 1pha thấy không liên lạc ta phải

	kiểm tra lại các mối đầu nối. - Tháo các mối nối ra, cạo sạch cách điện, xi chì trước khi đấu nối các đầu dây pha lại thì phải hàn. - Chú ý các vị trí đầu nối phải xử lý cách điện.
4. Cách điện giữa các pha chưa đạt	
- Giấy lót chưa cách điện được giữa các bó dây của các pha do cắt giấy lót quá nhỏ so với diện tích tiếp xúc thực của 2 bó dây pha. - Trường hợp giấy lót được cắt lớn hơn so với diện tích tiếp xúc thực của 2 bó dây pha, sẽ hao phí giấy cách điện không cần thiết. Mặt khác, phần giấy lót dư bị đai lại sẽ làm cho bó dây không tỏa nhiệt được gây nóng bộ dây.	- Kiểm tra lại kích thước của giấy lót và vị trí tiếp xúc của 2 pha cắt lại giấy lót cho đúng.

2.22 Câu hỏi ôn tập:

Bài 1

Các tham số mỗi pha của mạch tương đương của một động cơ cảm ứng ba pha, 4 cực, được mắc hình Y; điện áp 400 V; 60 Hz là: $R_1 = 2$; $R_2' = 0.2$; $X_1 = 0.5$; $X_2' = 0.2$; $X_m = 20$

Nếu tổng tổn hao cơ và sắt tại vận tốc 1755 rpm là 800 W. Hãy tính:

1. Dòng điện vào
2. Công suất vào
3. Công suất ra
4. Hiệu suất.

Bài 2

Một động cơ không đồng bộ ba pha bốn cực được cấp điện từ nguồn 50 Hz.

1. Tính vận tốc đồng bộ
2. Trên nhãn động cơ có ghi vận tốc định mức là 1425 vòng/phút. Tính hệ số trượt định mức
3. Giả sử tải của động cơ giảm xuống và hệ số trượt còn 0.02. tính vận tốc mới của động cơ.
4. Tính vận tốc trượt trong hai câu: 2 và 3.

Bài 3

Một động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn, 220 V, 50 Hz, 4 cực, có dây quấn stator đấu tam giác và dây quấn rotor đấu sao. Giả sử số vòng dây rotor bằng 40% số vòng dây stator và hai hệ số dây quấn bằng nhau. Khi vận tốc rotor bằng 1425 vòng/phút, hãy tính:

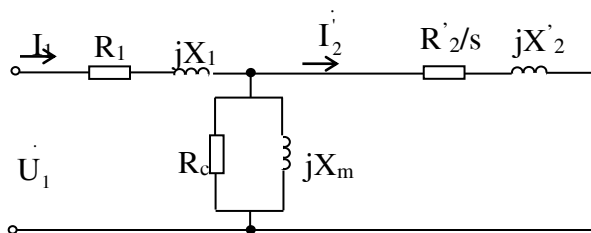
5. Hệ số trượt.
6. Sức điện động cảm ứng trong mỗi pha rotor khi rotor đứng yên
7. Sức điện động cảm ứng trong mỗi pha rotor khi rotor quay
8. Điện áp giữa hai chổi than khi rotor đứng yên
9. Tần số của điện áp và dòng điện trong rotor.

Bài 4

Các thông số định mức của động cơ: 460V; 60 Hz; bốn cực; $s = 0.022$; $P = 14$ hp
 $R_1 = 0.641 \Omega$; $R_2' = 0.332 \Omega$; $X_1 = 1.106 \Omega$; $X_2' = 0.464 \Omega$; $X_m = 26.3 \Omega$

Bỏ qua tổn hao lõi thép ($R_c = 0$). Tính:

1. Tốc độ
2. Dòng điện stator
3. Hệ số công suất
4. Momen ngõ ra.



Bài 5

Một động cơ không đồng bộ ba pha đấu sao nối vào lưới $U_d = 380V$. biết $R_n = 0.122 \Omega$; $X_n = 0.4 \Omega$; $f = 50$ Hz.

1. Tính dòng điện mở máy
2. Dùng điện kháng mở máy $I_{mmĐK} = 300$ A. tính điện cảm L của cuộn điện kháng mở máy.

Bài 6

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha $P_{đm} = 45$ kW; $f = 50$ Hz; Y/ Δ 380/220V;

$\frac{I_{mm}}{I_{\bar{m}}} = 6$; $\frac{M_{mm}}{M_{\bar{m}}} = 2.7$; $\cos\varphi_{đm} = 0.86$; $\eta_{đm} = 0.91$; $n_{đm} = 1460$ vòng/ phút. Động cơ làm việc

với lưới điện 380V.

1. Tính $I_{đm}$; $M_{đm}$; I_{mm} ; M_{mm}
2. Để mở máy với tải có momen cản ban đầu $M_c = 0.45M_{đm}$, người ta dùng biến áp tự ngẫu để $I_{mmBA} = 100A$. xác định hệ số biến áp k, và động cơ có thể mở máy được không?
3. Cũng với tải trên, dùng điện kháng mở máy với $I_{mmĐK} = 200A$. Xác định điện áp đặt lên động cơ lúc mở máy và động cơ có thể mở máy được không?

Bài 7

Một động cơ không đồng bộ ba pha, đấu sao, có các số liệu sau :

Công suất định mức 25 ngựa, bốn cực, điện áp định mức 220 V, dòng điện định mức 64A, tần số 50Hz, tốc độ định mức 1410 vòng/phút. Khi đầy tải thì công suất đầu vào là 20,8Kw, tính :

- 1/ Hệ số trượt
- 2/ Hệ số công suất.
- 3/ Momen
- 4/ Hiệu suất .

Bài 8

Động cơ không đồng bộ ba pha có công suất định mức là 7 HP(1HP = 750W); Y/ Δ 380V/220V; 50Hz; bốn cực; tốc độ định mức là 1430vòng/phút; $\cos\varphi_{dm} = 0,8$; vận hành ở lưới điện 220V. Tổng tổn hao của động cơ là 1050W. Tỷ số $\frac{M_{mm}}{M_{\bar{m}}} = 1,3$ (M_{mm} : momen

khi mở máy trực tiếp) Tính:

- 1/ Hệ số trượt định mức
- 2/ Hiệu suất của động cơ
- 3/ Dòng điện định mức của động cơ
- 4/ Momen mở máy khi mở máy bằng phương pháp đổi nối Y- Δ .

Bài 9

Động cơ không đồng bộ ba pha có các thông số định mức sau: dòng điện 29A; Y/ Δ 380V/220V; tần số 50Hz; bốn cực; $\cos\varphi = 0,853$; $\eta\% = 86\%$; $s = 0,0333$; điện áp lưới 380V;. Tính:

- 1/ Tốc độ trên trục động cơ.
- 2/ Công suất điện động cơ tiêu thụ.
- 3/ Công suất đầu ra của động cơ.
- 4/ Tổng tổn hao của động cơ.
- 5/ Momen quay của động cơ.

Bài 10

Động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn, bốn cực; hệ số quy đổi sức điện động và dòng điện $k_e = k_i = 2$. điện trở và điện kháng pha rotor lúc đứng yên $R_2 = 0.2 \Omega$; $X_2 = 3.6 \Omega$; Y/ Δ 380V/220V; $f = 50$ Hz.

Động cơ đóng vào lưới điện $U_d = 380V$, xác định cách đấu dây động cơ. Cho rằng sức điện động pha stator gần bằng điện áp đặt vào, tổn hao đồng trong dây quấn stator bằng tổn hao đồng trong dây quấn rotor, tổn hao sắt từ $\Delta P_{st} = 145$ W, tổn hao ma sát và phụ $\Delta P_{msf} = 145$ W; hệ số trượt $s = 0.05$.

Tính dòng điện rotor, công suất cơ hữu ích, hiệu suất của động cơ điện
Với lưới điện $U_d = 380$ V động cơ đấu sao.

$$E_{1p} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$$

Sức điện động pha rôto lúc đứng yên.

$$E_2 = \frac{E_{1p}}{k_e} = \frac{220}{2} = 110V$$

Dòng điện pha rôto lúc quay:

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} = \frac{0,05 \cdot 110}{\sqrt{0,2^2 + (0,05 \cdot 3,6)^2}} = 20,43A$$

Dòng điện pha stato

$$I_1 = \frac{I_2}{k_i} = \frac{20,43}{2} = 10,21A$$

Công suất điện từ:

$$P_{dt} = \frac{3R_2 I_2^2}{s} = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot (20,43)^2}{0,05} = 5008V$$

Tổn hao đồng ở stato và rôto:

$$\Delta P_{d1} = \Delta P_{d2} = 3R_2 I_2^2 = 3 \cdot 0,2 \cdot (20,43)^2 = 250,4W$$

Công suất cơ (toàn bộ):

$$P_{co} = P_{dt} - \Delta P_{d2} = 5008 - 250,4 = 4757,6W$$

Công suất cơ hữu ích trên trục:

$$P_2 = P_{co} - \Delta P_{msf} = 4757,6 - 145 = 4612,6W$$

Công suất điện cung cấp cho động cơ:

$$P_1 = P_2 + \Delta P_{msf} + \Delta P_{d2} + \Delta P_{st} + \Delta P_{d1} = 4612,6 + 145 + 250,4 + 145 + 250,4 = 5403,4W$$

hiệu suất động cơ điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{4612,6}{5403,4} = 0,85$$

Bài 11

Động cơ cảm ứng ba pha, 60 Hz, 6 cực, tiêu thụ công suất 48 kW với vận tốc 1140 rpm. Tổn hao đồng stator là 1.4 kW, tổn hao lõi thép là 1.6 kW, tổn hao cơ rotor là 1 kW. Tính hiệu suất của động cơ. (87%)

Bài 12

Một động cơ cảm ứng ba pha rotor dây quấn $E_2 = 157$ V; $p = 4$; $f = 50$ Hz; $n_{đm} = 728$ vòng / phút; $R_2 = 0.105$; $X_2 = 0.525$. Tính momen điện từ của động cơ.

Giải

$$P_{đt} = \frac{3R_2 I_2^2}{s} = \frac{3 \times 0.105 \times (42.9)^2}{0.029} = 20002W$$

Trong đó:

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} = 42.9A$$

$$M_{đt} = \frac{P_{đt}}{\frac{2\pi n_1}{60}} = \frac{20002}{\frac{2 \times 3.14 \times 750}{60}} = 254.8Nm$$

BÀI 3: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Giới thiệu:

- Những máy điện xoay chiều có tốc độ quay rôto n bằng đúng tốc độ quay của từ trường stato n_1 gọi là Máy điện đồng bộ
- Ở chế độ xác lập, Máy điện đồng bộ có tốc độ quay rôto luôn không đổi khi tải thay đổi.

Mục tiêu của bài:

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý, các phản ứng phần ứng xảy ra trong máy phát điện đồng bộ.
- Điều chỉnh được điện áp máy phát đúng phương pháp đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật.
- Vận dụng được các phương pháp hòa đồng bộ máy phát điện đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật và an toàn.
- Bảo dưỡng và sửa chữa được những hư hỏng thông thường của máy điện đồng bộ theo tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Rèn luyện tính cẩn thận, tỉ mỉ, chính xác, tư duy khoa học và sáng tạo.

Nội dung chính:

3.1. Khái quát chung và phân loại máy điện đồng bộ.

Máy điện đồng bộ là loại máy điện xoay chiều mà tốc độ quay rotor bằng tốc độ từ trường quay (n_1) trong máy.

Hầu hết nguồn điện chính của lưới điện quốc gia đều được máy phát điện đồng bộ phát ra. Trong đó, động cơ sơ cấp là các tuabin hơi, tuabin khí hoặc tuabin nước, ... Điện áp của máy phát thường từ 13 kv đến 28kv, công suất có thể đến 1000 MVA. Hệ thống điện năng bao gồm một số nhà máy điện liên kết thành lưới điện và làm việc song song. Ở các lưới điện công suất nhỏ, máy phát điện đồng bộ được kéo bởi động cơ diezen, có thể làm việc đơn lẻ hoặc hai ba máy làm việc song song.

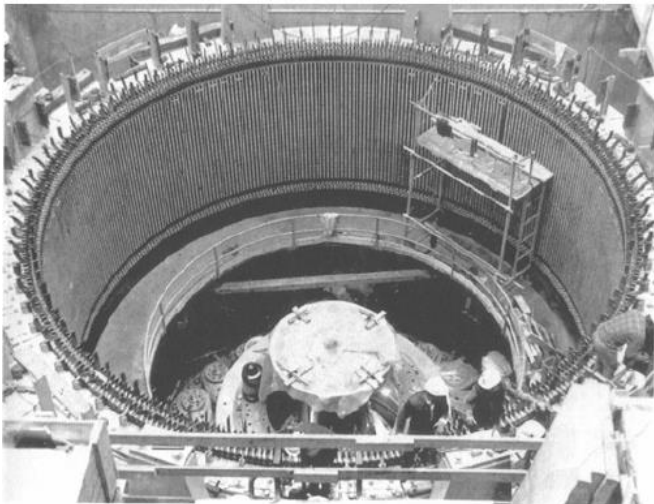
Máy điện đồng bộ có tính thuận nghịch, nghĩa là nó có thể làm việc như động cơ: nhận điện năng từ lưới để biến thành cơ năng. Động cơ điện đồng bộ được sử dụng trong truyền động điện công suất lớn,...

Một chế độ làm việc quan trọng khác của máy là chế độ máy bù đồng bộ, lúc đó nó là một động cơ đồng bộ không tải để cung cấp hoặc tiêu thụ công suất phản kháng, nhằm mục đích cải thiện hệ số công suất của lưới điện.

3.2. Cấu tạo, nguyên lý làm việc máy điện đồng bộ.

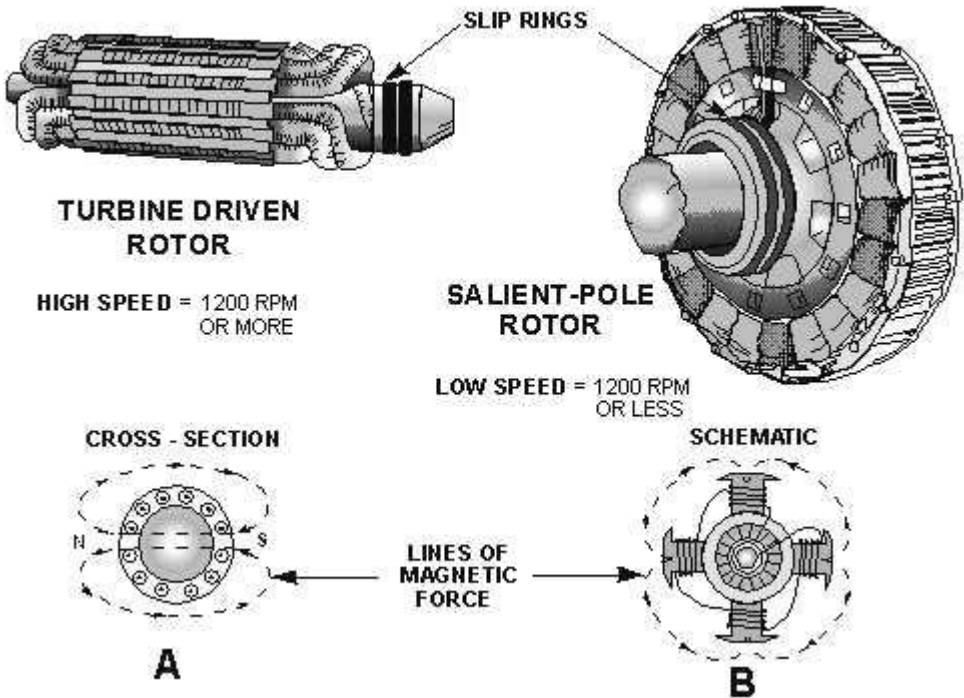
3.2.1 Stator:

Stator của máy điện đồng bộ giống như stator của máy điện không đồng bộ, gồm có lõi thép và dây quấn. Lõi thép làm bằng vật liệu sắt từ tốt, nghĩa là có từ trở nhỏ và điện trở suất lớn. Loại vận tốc chậm có chiều dài dọc trục ngắn, loại vận tốc nhanh chiều dài dọc trục lớn gấp đường kính nhiều lần. Ngoài ra trong stator còn có hệ



Stator of a 3-phase, 500 MVA, 0.95 power factor, 15 kV, 60 Hz, 200 r/min generator. Internal diameter: 9250 mm; effective axial length of iron stacking: 2350mm; 378

3.2.2 Rotor:



Là một nam châm điện gồm lõi thép và dây quấn kích từ dùng để tạo ra từ trường cho máy, nguồn kích thích vào dây quấn kích thích là nguồn điện một chiều. Đối với máy nhỏ rotor là nam châm vĩnh cửu.

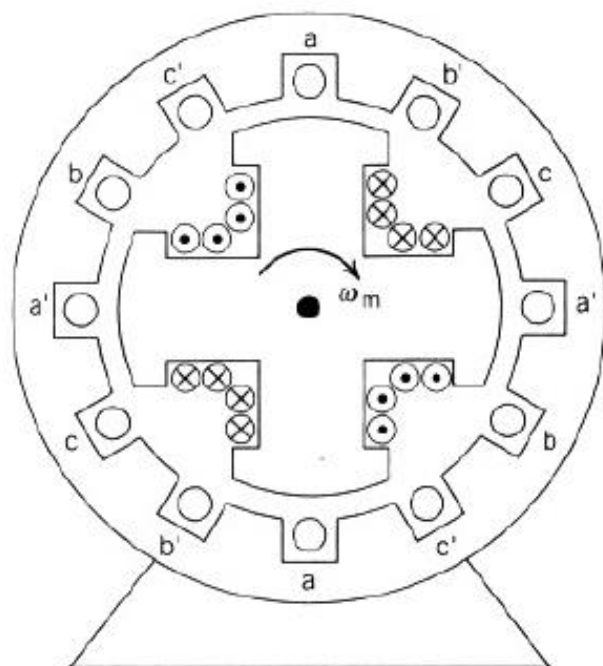
Rotor máy điện đồng bộ có hai kiểu là rotor cực lồi và rotor cực ẩn.

3.2.2.1 Rotor cực lồi:

Dạng của mặt cực được thiết kế sao cho khe không khí không đều, mục đích để từ cảm trong khe không khí có phân bố hình sin và do đó sức điện động cũng có hình sin. Dây quấn trên các cực từ, hai đầu của nó được nối với hai vành trượt, qua hai chổi than tới nguồn điện một chiều.

Loại rotor cực lồi được dùng trong máy đồng bộ có tốc độ quay thấp, (được kéo bởi tuabin vận tốc chậm như tuabin thủy điện)

Salient Pole Rotor

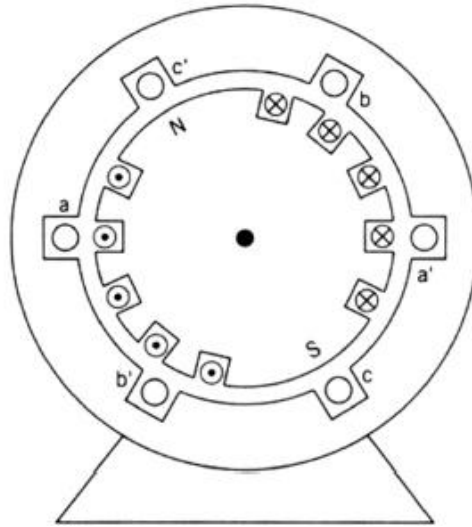


A four-pole synchronous machine.

3.2.2.2 Rotor cực ắc:

Khe không khí đều, lõi thép là một khối thép hình trụ, mặt ngoài phay thành rãnh để đặt dây quấn kích thích, rotor cực ắc có độ bền cơ khí cao, dây quấn kích thích vững chắc. Vì vậy thường được sử dụng ở những máy điện đồng bộ có tốc độ từ 1500v/phút trở lên, công suất lớn (1000 – 1500 MVA)

Hai đầu của dây quấn kích từ được nối với hai vành trượt đặt ở hai đầu trục thông qua hai chổi than để nối với dòng kích từ 1 chiều.



3.2.2.3 Bộ kích từ: (nguồn kích thích)

Nguồn cung cấp dòng điện một chiều cho dây quấn kích thích (dòng một chiều dùng để tạo ra từ thông không đổi theo thời gian). Bộ nguồn kích thích có các dạng sau:
Máy phát 1 chiều:

Đa số là máy phát điện một chiều kích thích song song, có công suất khoảng 0,3÷2% công suất máy điện đồng bộ, máy phát này được gắn ở đầu trục của máy đồng bộ.

Bộ kích từ dùng chỉnh lưu:

Điện áp 3 pha của máy phát đồng bộ (ban đầu được sinh ra do từ dư) được chỉnh lưu thành một chiều, xong đưa đến dây quấn kích từ qua hệ thống chổi than, vành trượt.

Một số ít các máy điện công suất nhỏ thì phần quay lại đóng vai trò phản ứng, phần tĩnh đóng vai trò phần cảm.

3.2.4 Nguyên lý làm việc:

Khi động cơ sơ cấp quay, kéo rotor máy phát đồng bộ và máy phát một chiều quay theo tới tốc độ định mức, máy phát kích thích thành lập được điện áp và cung cấp dòng điện

một chiều vào dây quấn phần cảm máy đồng bộ, phần cảm trở thành nam châm điện. Do rotor (phần cảm) quay nên từ trường phần cảm cắt các thanh dẫn dây quấn phần ứng (stator) làm cảm ứng trong dây quấn sức điện động hình sin. Nếu phần cảm máy phát có p đôi cực từ, tốc độ quay rotor là n thì tần số sức điện động cảm ứng là:

$$f = \frac{pn}{60}$$

trị số hiệu dụng sức điện động cảm ứng trong mỗi pha dây quấn phần ứng là:

$$E_0 = 4,44.f.k_{dq}.w_1.\Phi_0.$$

Trong đó: w_1 : số vòng dây 1 pha stator

K_{dq} : hệ số dây quấn stator

Φ_0 : từ thông dưới mỗi cực từ rotor.

Dây quấn 3 pha stator có trục lệch nhau trong không gian một góc 120° điện, cho nên sức điện động các pha lệch nhau 1 góc 120° .

$$e_A = E_0 \sqrt{2} \sin \omega t$$

$$e_B = E_0 \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = E_0 \sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ)$$

các sức điện động này có thể ghép hình Y hoặc Δ .

Khi phần ứng cung cấp điện cho tải, dòng điện 3 pha chạy trong dây quấn phần ứng sẽ sinh ra từ trường quay với tốc độ:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Ta thấy tốc độ từ trường quay n_1 bằng tốc độ quay rotor $n \rightarrow$ gọi là máy phát điện đồng bộ.

3.3. Các phương trình và sơ đồ thay thế máy điện đồng bộ.

3.3.1 Phản ứng phần ứng.

Khi máy điện đồng bộ chạy không tải chỉ có dòng kích từ chạy qua dây quấn rotor, không có dòng chạy qua dây quấn stator, trong máy chỉ có từ thông chính (Φ_0) do phần cảm gây ra, từ thông này cắt dây quấn stator cảm ứng ra sức điện động E chậm pha so với từ thông Φ_0 góc 90° .

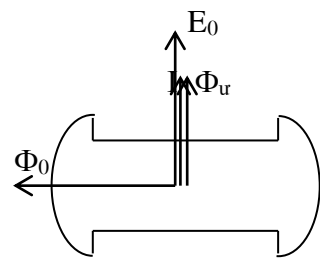
Khi máy mang tải, dòng điện tải qua dây quấn phần ứng gây nên từ trường gọi là từ trường phần ứng (Φ_r) và tương tự từ trường thứ cấp máy biến áp và máy điện không

đồng bộ. Tuy vậy, từ trường thứ cấp của 2 loại máy trên làm thay đổi từ trường trong máy. Ngược lại, từ trường phản ứng máy điện đồng bộ không làm biến thiên dòng điện 1 chiều vào dây quấn phần cảm (rotor), do đó nó sẽ có tác dụng làm thay đổi về trị số và sự phân bố từ trường trong máy. Tác dụng của từ trường phản ứng lên từ trường chính (từ trường phần cảm) gọi là phản ứng phản ứng.

Trong máy điện đồng bộ phản ứng phản ứng phụ thuộc vào tính chất của tải

- Tải thuần trở:

Khi tải thuần trở, sức điện động E và dòng tải I cùng pha. Dòng điện I sinh ra từ trường phản ứng và cùng pha với dòng điện. Từ trường phản ứng theo hướng ngang trục, làm méo từ trường cực từ, gọi là phản ứng phản ứng ngang trục, từ thông tổng hợp bị giảm chút ít khiến sức điện cũng giảm theo.

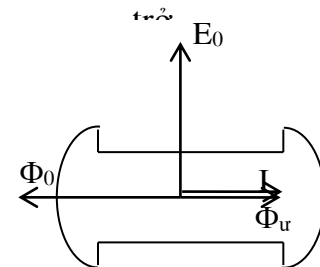


1) tải

ngang
động

- Tải cảm (L):

Sức điện động E vượt trước dòng điện I một $+90^0$. Dòng điện I sinh ra từ trường phản ứng Φ_r cùng nhưng ngược chiều với Φ_0 , từ thông tổng hợp giảm và động giảm theo. Phản ứng phản ứng là dọc trục khử từ.

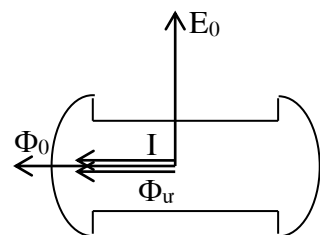


2) tải cảm

góc
phương
sức điện

- Tải dung (C):

Sức điện động chậm pha sau dòng điện một 90^0 . Dòng điện I sinh ra từ trường phản ứng Φ_r cùng cùng chiều với Φ_0 , từ trường tổng hợp tăng và sức điện tăng theo. Phản ứng phản ứng là dọc trục trợ từ.



3) tải

dung

góc 90^0 .
phương
động

- Tải hỗn hợp:

Tải R, L ($0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$) : phản ứng phản ứng ngang trục

Tải R, C ($0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$) : phản ứng phản ứng ngang trục

khử từ.

trợ từ.

Đây là trường hợp thường gặp trong thực tế và trong máy có cả hai phản ứng dọc và ngang. Hậu quả cuối cùng tùy thuộc giá trị và dấu của góc hệ số công suất φ của tải.

Các tải trong thực tế hầu hết mang tính cảm kháng, do đó phản ứng phần ứng thường có tác dụng khử từ, làm từ trường trong máy giảm, gây ra sụt áp trên cực máy phát.

3.3.2 Phương trình cân bằng điện áp phần ứng máy phát.

3.3.2.1 Cực ẩn:

Gọi U : điện áp hai đầu cực của máy phát.

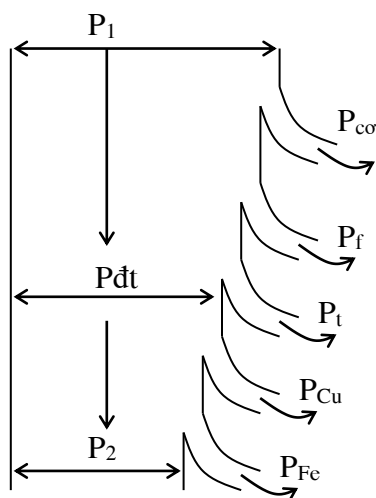
$$U = E_0 - I(r_r + jX_{đb})$$

3.3.2.2 Cực lồi:

$$U = E_0 - jI_d X_d - jI_q X_q - I r_r$$

3.4. Quá trình biến đổi năng lượng của máy điện đồng bộ.

3.4.1 Máy phát:



+ Công suất cơ do máy phát nhận từ động cơ sơ cấp:

$$P_1 = M\omega$$

+ Tổn hao cơ (P_{co}): do ma sát, quạt gió, không phụ thuộc tải vì vận tốc không đổi.

+ Tổn hao phụ (P_f): do dòng xoáy trong dây dẫn phần ứng & do tổn hao lõi vì từ trường bị xoắn dạng.

+ Tổn hao kích từ P_t (dây quấn kích từ).

$$P_t = U_t I_t = I_t^2 r_t.$$

+ Tổn hao dây đồng trong dây quấn phản ứng:

$$P_{cu} = mI^2r_r \quad m: \text{số pha.}$$

+ P_{Fe} : tổn hao sắt từ do dòng xoáy & từ trễ trong mạch từ.

$$\Rightarrow \eta\% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \left(\frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{\Sigma P}{P_1} \right) \cdot 100$$

$$\Sigma P = P_{c\sigma} + P_f + P_t + P_{cu} + P_{Fe}$$

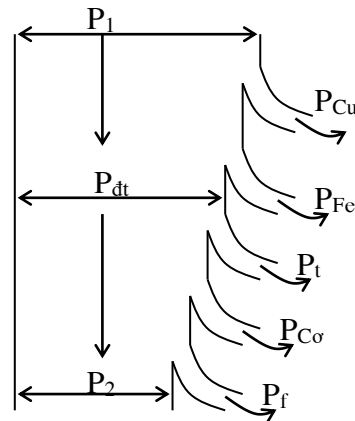
3.4.2 Động cơ:

□ P_1 : công suất đầu vào;

$$P_1 = \sqrt{3} U_d I_d \cos\varphi$$

□ P_2 : công suất cơ đầu ra

$$P_2 = M\omega$$



3.5. Các chế độ làm việc của máy điện đồng bộ.

3.5.1 Máy phát điện đồng bộ làm việc ở tải không đối xứng

Trong khi cung cấp điện có thể xảy ra trường hợp tải của các pha không bằng nhau,... và như vậy máy phát điện đồng bộ sẽ làm việc với tải không đối xứng, trong máy điện đồng bộ sẽ sinh ra một số hiện tượng bất lợi như điện áp không đối xứng, các sóng điều hòa sđđ và dòng điện bậc cao xuất hiện làm tổn hao tăng lên, rotor máy nóng và máy rung,...

Các tham số của máy phát điện khi làm việc ở tải không đối xứng:

3.5.1.1 Tổng trở thứ tự thuận: $Z_1 = r_1 + jx_1$:

Dòng điện thứ tự thuận sinh ra trong máy điện đồng bộ 3 pha sức từ động quay có sóng cơ bản quay đồng bộ với rotor giống như trường hợp làm việc ở tải đối xứng.

3.5.1.2 Tổng trở thứ tự ngược: $Z_2 = r_2 + jx_2$.

Hệ thống dòng điện thứ tự ngược sinh ra sức từ động quay ngược chiều quay rotor với tốc độ đồng bộ.

3.5.1.3 Tổng trở thứ tự không: $Z_0 = r_0 + jx_0$.

Ảnh hưởng của tải không đối xứng đối với máy phát điện đồng bộ:

Khi làm việc với tải không đối xứng, trong máy phát điện chỉ có các dòng điện thứ tự thuận và ngược còn dòng điện thứ tự không có trị số rất nhỏ hoặc không tồn tại vì dây quấn phần ứng thường nối hình sao có điểm trung tính nối đất hoặc không nối đất.

3.5.1.3.1 Điện áp không đối xứng:

Khi làm việc ở tải không đối xứng, dòng điện thứ tự sẽ gây nên những điện áp rơi $I_2 Z_2$, hậu quả là điện áp ở đầu máy phát điện sẽ không đối xứng, nghĩa là trị số sẽ không khác nhau và góc lệch pha với nhau khác 120° . Tình trạng đó ảnh hưởng xấu đến hộ dùng điện không đồng bộ và động cơ điện đồng bộ.

Nếu trong máy có đặt dây quấn cảm hoặc rotor và cực từ bằng thép nguyên khối thì Z_2 có trị số nhỏ nên điện áp không đối xứng ít hơn (do dòng điện cảm ứng trong dây quấn cảm và thép rotor nguyên khối tương đối lớn sẽ sinh ra từ thông làm giảm bớt từ trường quay ngược khiến cho Z_2 nhỏ hơn, kết quả là điện áp được cải thiện).

3.5.1.3.2 Tổn hao và rotor nóng:

Khi tải không đối xứng, từ trường ngược sinh ra dòng điện ở rotor gây thêm tổn hao ở rotor, rotor bị nóng hơn và hiệu suất của máy giảm.

3.5.1.3.3 Hiện tượng máy rung:

Do tác dụng giữa từ trường của cực từ với từ trường quay ngược của stator cũng như từ trường quay thuận stator với từ trường do dòng điện cảm ứng rotor sinh ra (dòng điện này do từ trường ngược sinh ra) → tạo ra moment quay có dấu thay đổi và có lực đập mạnh → rung mạnh và ồn.

Kết luận: Các hiện tượng điện áp mất đối xứng, rotor phát nóng dữ dội và máy rung càng nghiêm trọng nếu mức độ không đối xứng của tải càng nhiều. Để hạn chế các hiện tượng trên, thường cho phép máy phát điện làm việc lâu dài với tải không đối xứng nếu dòng điện các pha không vượt quá định mức và sự chênh lệch dòng điện giữa các pha không quá 10% dòng định mức đối với máy phát điện tuabin hơi và 20% đối với máy phát điện tuabin nước.

3.5.2 Máy phát điện đồng bộ làm việc song song.

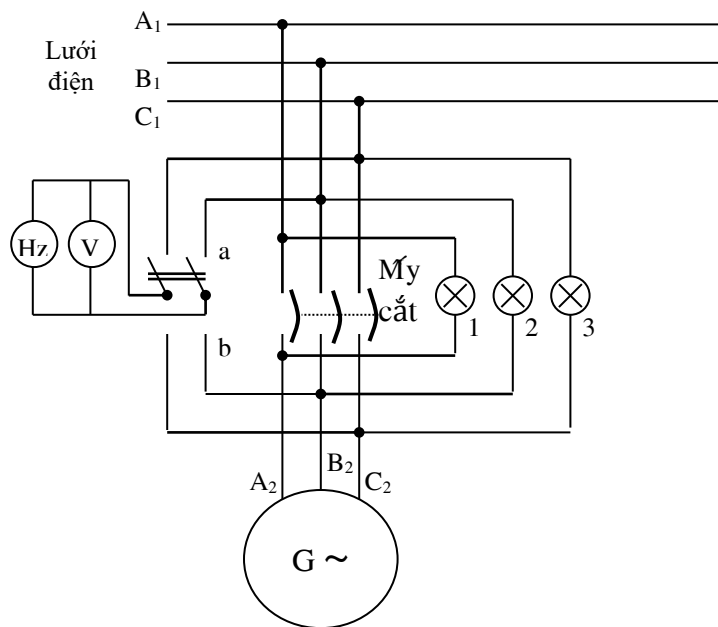
Trong mỗi nhà máy điện, các máy phát điện thường làm việc song song và cùng đấu lên một lưới điện chung. Điều đó làm cho việc vận hành các máy phát được kinh tế vì có thể tận dụng được công suất của chúng. Hơn nữa, việc cung cấp điện cho phụ tải cũng sẽ được đảm bảo liên tục.

Hòa đồng bộ các máy phát:

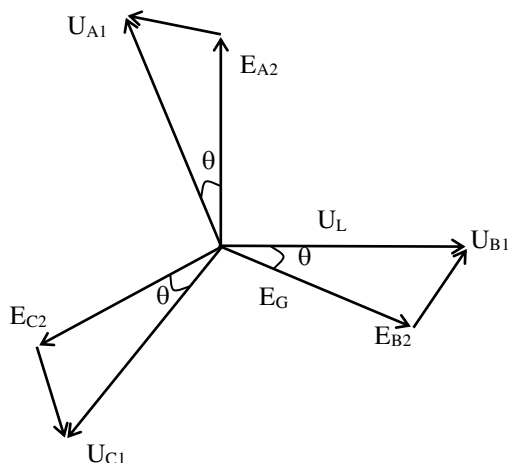
➤ Điều kiện hòa đồng bộ:

- Tần số của máy phát phải bằng tần số lưới điện, nghĩa là máy phải được quay đúng vận tốc đồng bộ $f_G = f_L$
- Sức điện động của máy phát phải bằng điện áp của hệ thống lưới điện: máy phải được kích từ sao cho $E_G = U_L$.
- Thứ tự pha của các sức điện động (E) của máy phát phải cùng thứ tự pha của lưới (U)
- Sức điện động của máy phát và điện áp của lưới phải trùng pha nhau, nghĩa là góc pha θ giữa E & U phải bằng 0.

Khi các điều kiện trên được thỏa, điện áp 2 đầu máy cắt bằng 0, ta đóng máy cắt để hòa.



Hòa đồng bộ MÁY PHÁT bằng phương pháp đèn tối



➤ **Hòa đồng bộ chính xác:**

• **Ánh sáng đèn:**

Gọi: U_{A1}, U_{B2}, U_{C1} : điện áp pha của lưới.

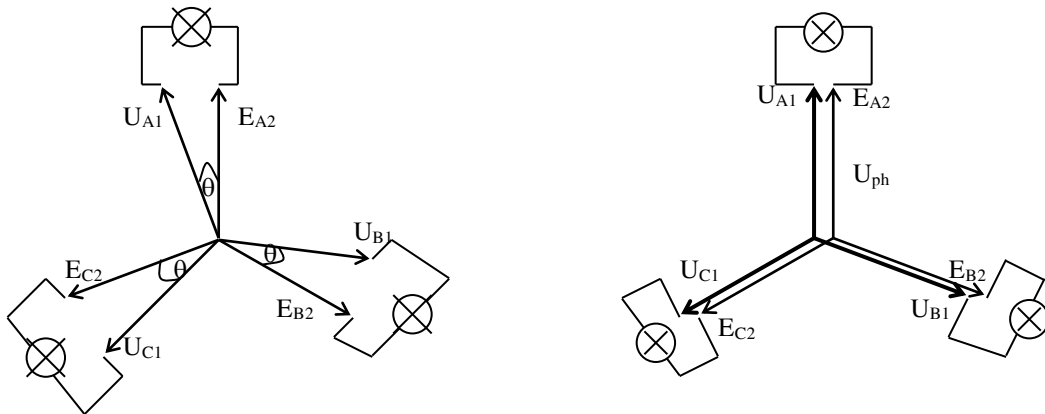
E_{A1}, E_{B2}, E_{C1} : sđđ pha của máy phát.

Ta có :

$$\dot{U}_{d1} = \dot{U}_{A1} - \dot{E}_{A2}$$

$$\dot{U}_{d2} = \dot{U}_{B1} - \dot{E}_{B2}$$

$$\dot{U}_{d3} = \dot{U}_{C1} - \dot{E}_{C2}$$



Đầu tiên quay máy phát đồng bộ lên tới tốc độ đồng bộ và điều chỉnh kích thích để tăng dần điện áp máy phát. Ta có thể kiểm tra trị số của sđđ và tần số máy phát bằng V và Hz (đóng cầu dao sang a, sang b). sau đó theo dõi sự sáng tối của các đèn để điều chỉnh tần số và thứ tự pha.

Khi điện áp lưới và máy phát chưa trùng pha thì vector điện áp đặt lên các đèn có độ lớn đúng bằng khoảng cách giữa 2 đầu mút các vector biểu diễn điện áp lưới và máy phát, các đèn sẽ sáng. Khi điện áp lưới và máy phát trùng pha thì điện áp đặt lên các đèn bằng 0, đèn tối. Nếu tần số máy phát và lưới không bằng nhau thì các vector điện áp lưới và máy phát sẽ quay với các tốc độ góc khác nhau, góc θ sẽ thay đổi từ $0 \div 180^\circ$, điện áp đặt lên các đèn sẽ thay đổi từ 0 đến 2 lần điện áp pha ($0 \leq \Delta U_d \leq 2U_{ph}$) và 3 ngọn đèn sẽ cùng sáng, tối. Nếu $f_L \neq f_G$ nhiều thì các đèn chớp, tắt càng nhanh. Ta điều chỉnh tần số của máy phát sao cho xảy ra càng chậm càng tốt cho đến khi cả 3 đèn tắt hẳn trong khoảng từ (3÷5) giây, sau đó đóng máy cắt vào lưới điện.

Chọn đèn: $\theta = 0^\circ \div 180^\circ \rightarrow 0 \leq U_d \leq 2U_{ph} \Rightarrow$ chọn đèn = $2U_{ph}$.

Khi mắc dây theo sơ đồ nối tối má ánh sáng lại là ánh sáng quay khi ta điều chỉnh f_G để đạt 4 yêu cầu trên thì sẽ có 1 đèn tối & 2 đèn sáng như nhau, trường hợp này cần phải trao đổi 2 trong 3 pha của máy phát.

3.6. Máy điện đồng bộ làm việc chế độ động cơ.

3.6.1 So sánh với động cơ không đồng bộ:

Động cơ không đồng bộ:

Cấu tạo đơn giản, làm việc chắc chắn, bảo trì dễ dàng, giá thành hạ, thay đổi tốc độ bằng nhiều phương pháp.

Moment động cơ không đồng bộ thay đổi nhiều khi điện áp thay đổi (tỉ lệ U^2), hiệu suất thấp hơn động cơ đồng bộ.

Động cơ đồng bộ:

Động cơ điện đồng bộ do được kích thích bằng dòng điện một chiều nên có thể làm việc với $\cos\varphi = 1$ và không cần lấy công suất phản kháng từ lưới điện, kết quả là hệ số công suất của lưới điện được nâng cao, làm giảm được điện áp rơi & tổn hao công suất trên đường dây.

Động cơ đồng bộ ít chịu ảnh hưởng đối với sự thay đổi điện áp của lưới điện (moment tỉ lệ

với U : $M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega} = m \frac{UE_0}{\omega X_{db}} \sin\theta$ với $\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi f}{p}$).

→ Khi áp lưới bị sụt, khả năng giữ tải của động cơ điện đồng bộ lớn hơn, nếu tăng kích thích, động cơ đồng bộ có thể làm việc an toàn và cải thiện được điều kiện làm việc của cả lưới điện.

Hiệu suất cao hơn động cơ không đồng bộ.

Cấu tạo phức tạp, giá thành cao (do có máy kích từ), mở máy phức tạp hơn & việc thay đổi tốc độ chỉ có thể thực hiện bằng cách thay đổi tần số nguồn điện.

3.6.2 Mở máy động cơ điện đồng bộ:

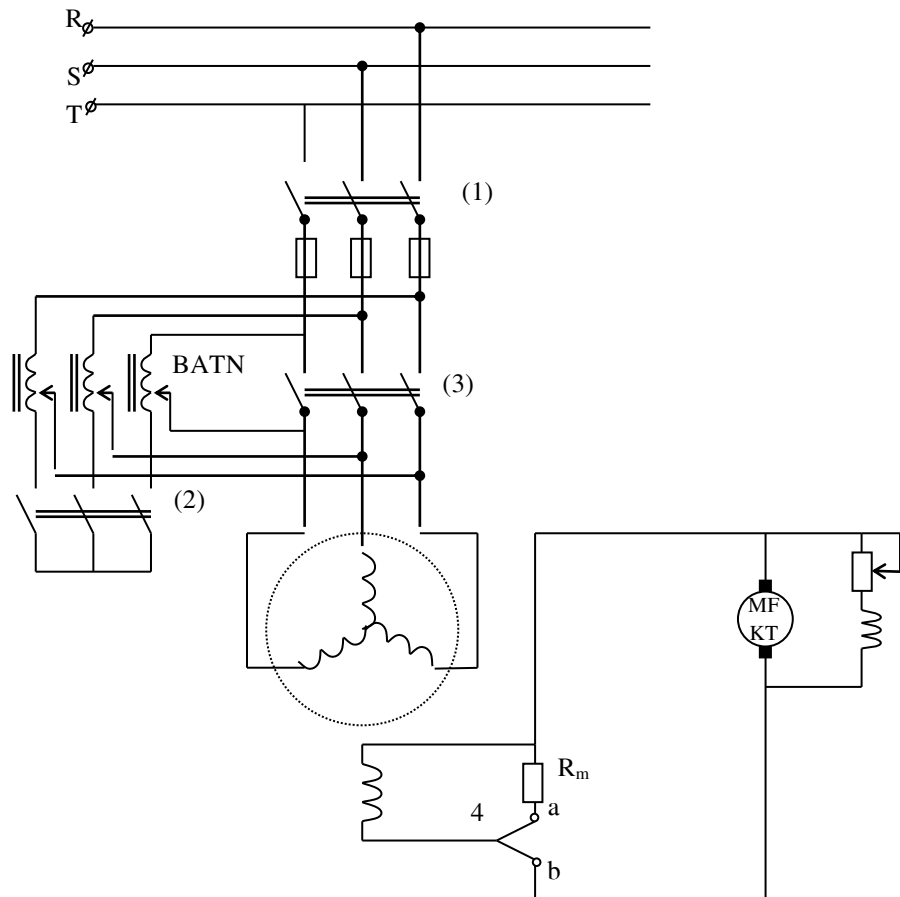
3.6.2.1 Mở máy theo phương pháp không đồng bộ:

Để có thể tự mở máy được, các động cơ đồng bộ đều có cấu tạo thêm một dây quấn gọi là dây quấn mở máy. Dây quấn mở máy gồm các thanh dẫn đặt trên mặt các cực từ rotor cực lồi, hai đầu nối với hai vòng ngắn mạch. (tương tự như rotor lồng sóc máy điện không đồng bộ).

Quá trình mở máy gồm hai giai đoạn:

Giai đoạn mở máy không đồng bộ: dây quấn stator (phần ứng) đóng vào lưới điện xoay chiều 3 pha, dây quấn kích thích nối với điện trở r_m lớn gấp 10÷12 lần điện trở bản thân dây quấn kích từ. Tốc độ động cơ tăng đến gần tốc độ đồng bộ n_1 của từ trường quay. Động cơ được mở máy như một động cơ không đồng bộ lồng sóc.

Khi quay rotor đã quay đến $n \approx n_1 \rightarrow$ tiến hành **giai đoạn 2**: đóng cầu dao 4 sang phía b để nối cuộn dây kích thích với nguồn 1 chiều. Rotor động cơ sẽ được kéo vào tốc độ đồng bộ.



Trong giai đoạn mở máy không đồng bộ, dây quấn kích thích không được để hở mạch mà phải nối qua điện trở r_m vì từ trường quay phản ứng có thể cảm ứng trong dây quấn kích thích sức điện động lớn, nếu để hở mạch sẽ nguy hiểm cho cách điện của dây quấn.

Để giảm dòng điện khi mở máy động cơ, người ta thường dùng máy tự biến áp để hạ điện áp đặt vào dây quấn phản ứng khi mới mở máy.

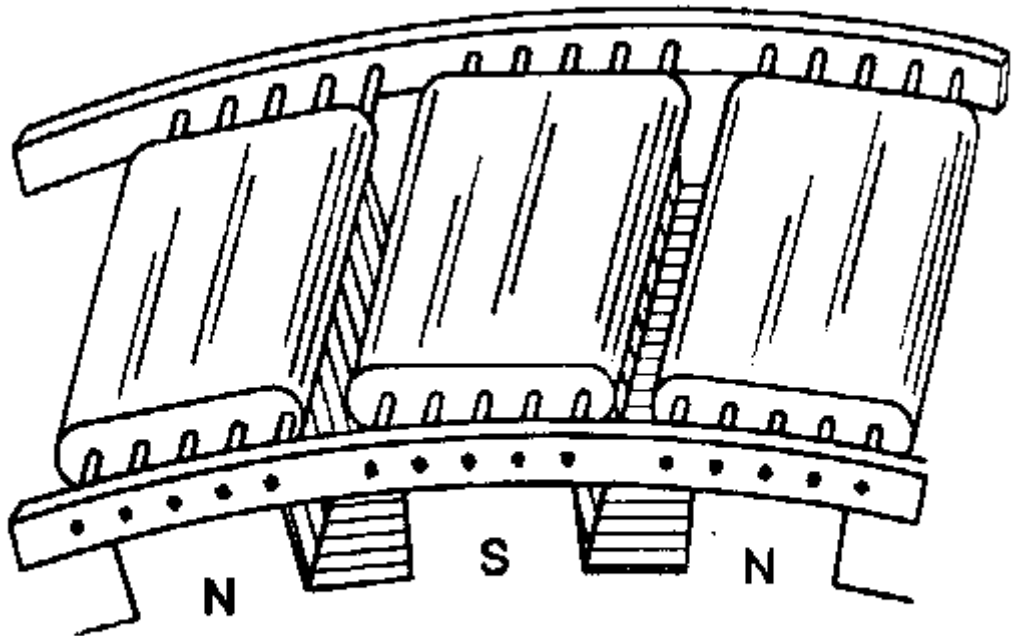
3.6.2.2 Mở máy theo phương pháp hoà đồng bộ:

Khi động cơ đồng bộ quay không tải, nó cũng tiêu thụ 1 ít công suất để bù vào các tổn hao. Công suất này rất nhỏ nên thành phần $I \cos \varphi$ rất nhỏ. Nếu động cơ làm việc thừa kích từ với I khá lớn thì I sớm gần 90° so với U , nghĩa là động cơ gần giống tụ điện & được dùng để nâng cao hệ số công suất của lưới điện. Trong các nhà máy sử dụng nhiều động cơ không đồng bộ, chúng sẽ tiêu thụ công suất phản kháng. Khi đầu song song 1 động cơ đồng bộ làm việc không tải & quá kích từ, nó sẽ phát ra công suất phản kháng & đem lại các điều lợi như sau:

- Điện áp không bị sụt nhiều.
- Tăng được khả năng cung cấp của máy biến áp & đường dây.

□ Giảm được giá điện.

Động cơ đồng bộ làm việc như trên gọi là máy bù đồng bộ. Máy bù đồng bộ thường có cấu tạo theo kiểu cực lồi.



Dây quấn mở máy của rotor động cơ đồng bộ

3.7 Quấn lại dây quấn động cơ đồng bộ

3.7.1 Xây dựng sơ đồ khai triển dây quấn sóng

1. Yêu cầu để quấn từng cặp bội song song:

- Tổng số rãnh rotor 1 số chẵn.
- Bước bôi dây là bước ngắn nhỏ hơn bước đủ một rãnh.
- Khi bước bôi dây là số chẵn, các cặp bội song song được quấn liên tục theo nhau và cách nhau hai rãnh.
- Khi tổng số rãnh chia cho 2 có giá trị 1 số lẻ (ví dụ $14 : 2 = 7$) các nhóm bội song song được quấn lổn tục cách nhau ba rãnh (tính từ đầu ra của bôi thứ 2 ở nhóm song song đầu đến đầu vào bôi thứ nhất của nhóm song song kế tiếp).
- Khi bước bôi dây là số lẻ, bộ dây quấn có hai nhóm bôi dây độc lập và từng cặp bội song song được quấn liên tục và cách nhau hai rãnh.
- Khi tổng số rãnh chia cho 2 có giá trị 1 số chẵn (ví dụ $12 : 2 = 6$) các cặp bội song song được quấn liên tục theo hai nhóm độc lập nhau. Khoảng cách giữa đầu ra của bôi cuối trong nhóm độc lập thứ nhất đến bôi đầu của nhóm độc lập thứ hai cách nhau hai rãnh.

2. Ví dụ:

Quấn dây cho rotor động cơ vạn năng với các yêu cầu sau:

- $Z = K = 12, 2P = 2$.
- Tính toán và vẽ sơ đồ khai triển dây quấn.
- Cách quấn dây từng cặp bội song song.

GIẢI

- Bước 1:**

Ta có $Z = K = 12, m = 1$

$$m = \frac{K}{Z} = \frac{12}{12} = 1$$

Vì $Z_e = Z = K = 12$, một rãnh thực chỉ chứa một rãnh phân tử.

- Bước 2:**

Xác định các bước dây quấn:

$$Y_1 = \frac{Z_e}{2P} \pm b = \frac{12}{2} \pm b = 6 \pm b$$

Nếu chọn $+b$ thì dây quấn có bước dài (ít gặp trong thực tế).

Nếu chọn $b = 0$, dây quấn là loại bước đủ.

Nếu chọn $-b$ thì dây quấn có bước ngắn (thường sử dụng) và nên chọn sao cho Y_1 có bước ngắn hơn bước cực từ đúng 1 rãnh thực.

Trong trường hợp này, ta chọn :

$$Y_1 = 6 - b \text{ v } b = 1 \Rightarrow Y_1 = 5 \text{ rãnh thực.}$$

Ta có $m = 1$ nên $Y_e = \pm 1$ là tối đa, nếu bố trí bước tiến thì $Y_e = 1$.

Ta được bước tổng hợp $Y = Y_e = 1$, suy ra bước thứ 2 của dây quấn có giá trị như sau:

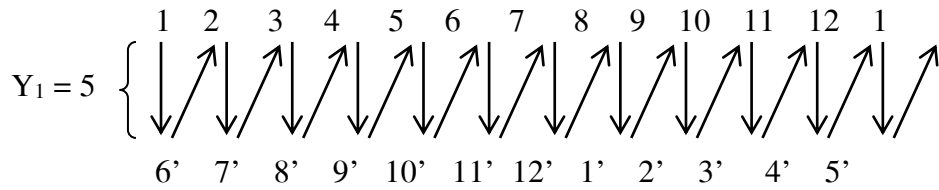
$$Y_2 = Y - Y_1 = 1 - 5 = -4 \text{ rãnh thực.}$$

Số nhánh song song rotor 1 :

$$A = 2P \times Y_e = 2 \times 1 = 2 \text{ nhánh song song.}$$

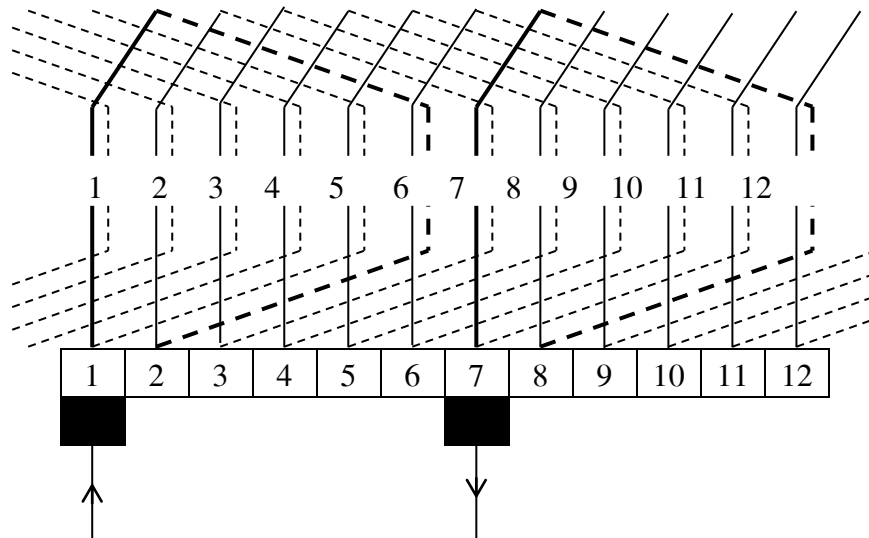
• **Bước 3:**

Lập bảng xác định các bó dây trên rotor:



• **Bước 4:**

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn rotor:



Dv quấn xếp tiến hai mạch nhnh ($K = Z = 12, 2P = 2$)

• **Bước 5:**

Xác định các nhóm bó song song theo yêu cầu của phần 1, và vẽ dây theo từng bước.

3.7.2 XÂY DỰNG SƠ ĐỒ KHAI TRIỂN DÂY QUẤN V

1. Yêu cầu để quấn khi bó dây có bước chẵn:

- Bó dây bắt đầu và bó dây cuối cùng của mỗi nhóm độc lập tạo thành hình chữ V. Chữ V này có 2 nhánh đối xứng nhau qua trục của rotor.
- Nhóm bó dây thứ hai mở đầu bằng bó dây song song và đối xứng qua tâm rotor với bó dây mở đầu ở nhóm bó dây thứ nhất.
- Một bó dây mang số thứ tự chẵn thuộc nhóm bó dây đầu tiên sẽ song song với bó dây mang số thứ tự lẻ thuộc nhóm bó dây thứ hai. Tương tự cho trường hợp ngược lại.
- Các bước bó dây quấn bằng phương pháp này luôn là loại có bước ngắn hơn bước đủ một rãnh.

2. Ví dụ:

Quấn dây cho rotor động năng với các yêu cầu sau:

- $Z = K = 14, 2P = 2$.
- Tính toán và vẽ sơ đồ khai triển dây quấn.
- Cách quấn dây theo hình V (có bôi dây bước sẵn).

GIẢI

• Bước 1:

Ta có $Z = K = 14$ nn

$$m = \frac{K}{Z} = \frac{14}{14} = 1$$

V $Z_e = Z = K = 14$, một rãnh thực chỉ chứa một rãnh phần tử.

• Bước 2:

Xác định các bước dây quấn:

$$Y_1 = \frac{Z_e}{2P} \pm b = \frac{14}{2} \pm b = 7 \pm b$$

Nếu chọn $+b$ thì dây quấn có bước dài (ít gặp trong thực tế).

Nếu chọn $b = 0$, dây quấn là loại bước đủ.

Nếu chọn $-b$ thì dây quấn có bước ngắn (thường sử dụng) và nên chọn sao cho Y_1 có bước ngắn hơn bước cực từ đúng 1 rãnh thực.

Trong trường hợp này, ta chọn :

$$Y_1 = 7 - b \text{ v } b = 1 \Rightarrow Y_1 = 6 \text{ rãnh thực.}$$

Ta có $m = 1$ nn $Y_e = \pm 1$ là tối đa, nếu bố trí bước tiến thì $Y_e = 1$.

Ta được bước tổng hợp $Y = Y_e = 1$, suy ra bước thứ 2 của dây quấn có giá trị như sau:

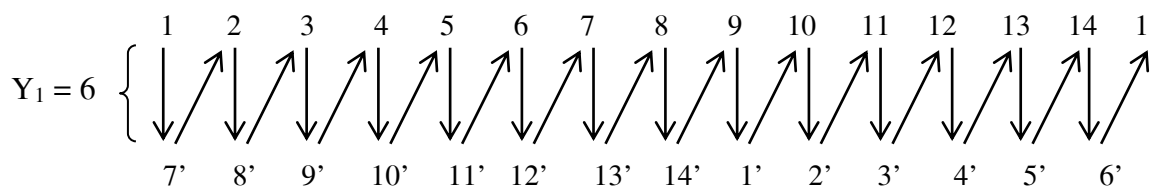
$$Y_2 = Y - Y_1 = 1 - 6 = -5 \text{ rãnh thực.}$$

Số nhánh song song trong rotor 1 :

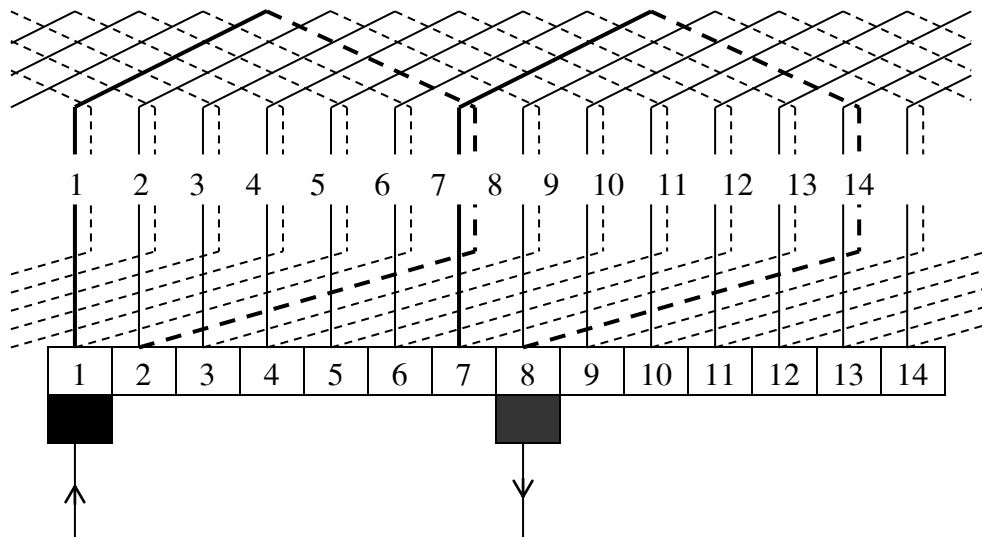
$$A = 2P \times Y_e = 2 \times 1 = 2 \text{ nhánh song song.}$$

• Bước 3:

Lập bảng xác định các bôi dây trên rotor:



• Bước 4:



Dây quấn hình V hai mạch nhnh ($K = Z = 14, 2P = 2$, bước lẻ).

• **Bước 5:**

Xác định các nhóm bôi theo yêu cầu của phần 1 để tạo các nhóm bôi theo hình chữ V, v vơ dây theo từng bước.

3. Yêu cầu để quấn dây khi bôi dây có bước lẻ:

- Khi số rãnh rotor chẵn v bước bôi dây lẻ, bộ dây không tạo thành hai nhóm dây độc lập mà được quấn liên tục.
- Khi quấn bôi dây chữ V, hai nhánh của chữ V tạo bởi hai bôi dây cách nhau hai rãnh.
- Bôi dây bắt đầu của nửa bộ dây còn lại sẽ song song với bôi dây đầu tiên khi quấn bộ dây này.
- Bôi dây cuối cùng trong bộ dây sẽ song song với bôi dây cuối trong nửa bộ dây đầu.

4. Ví dụ:

Quấn dây cho rotor động cơ vạn năng với các yêu cầu sau:

- a) $Z = K = 16, 2P = 2$.
- b) Tính toán và vẽ sơ đồ khai triển dây quấn.
- c) Cách quấn dây theo hình chữ V (có bôi dây bước lẻ).

GIẢI

• **Bước 1:**

Ta có $Z = K = 16$ nn

$$m = \frac{K}{Z} = \frac{16}{16} = 1$$

V $Z_e = Z = K = 16$, một rãnh thực chỉ chứa một rãnh phân tử.

• **Bước 2:**

Xác định các bước dây quấn:

$$Y_1 = \frac{Z_e}{2P} \pm b = \frac{16}{2} \pm b = 8 \pm b$$

Nếu chọn $+b$ thì dây quấn có bước dài (ít gặp trong thực tế).

Nếu chọn $b = 0$, dây quấn là loại bước đủ.

Nếu chọn $-b$ thì dây quấn có bước ngắn (thường sử dụng) và nên chọn sao cho Y_1 có bước ngắn hơn bước cực từ đúng 1 rãnh thực.

Trong trường hợp này, ta chọn :

$$Y_1 = 8 - b \text{ v } b = 1 \Rightarrow Y_1 = 7 \text{ rãnh thực.}$$

Ta có $m = 1$ nn $Y_e = \pm 1$ là tối đa, nếu bố trí bước tiến thì $Y_e = 1$.

Ta được bước tổng hợp $Y = Y_e = 1$, suy ra bước thứ 2 của dây quấn có giá trị như sau:

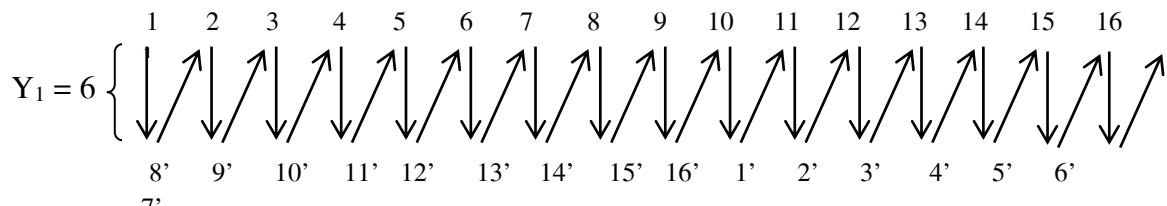
$$Y_2 = Y - Y_1 = 1 - 7 = -6 \text{ rãnh thực.}$$

Số nhánh song song trong rotor 1 :

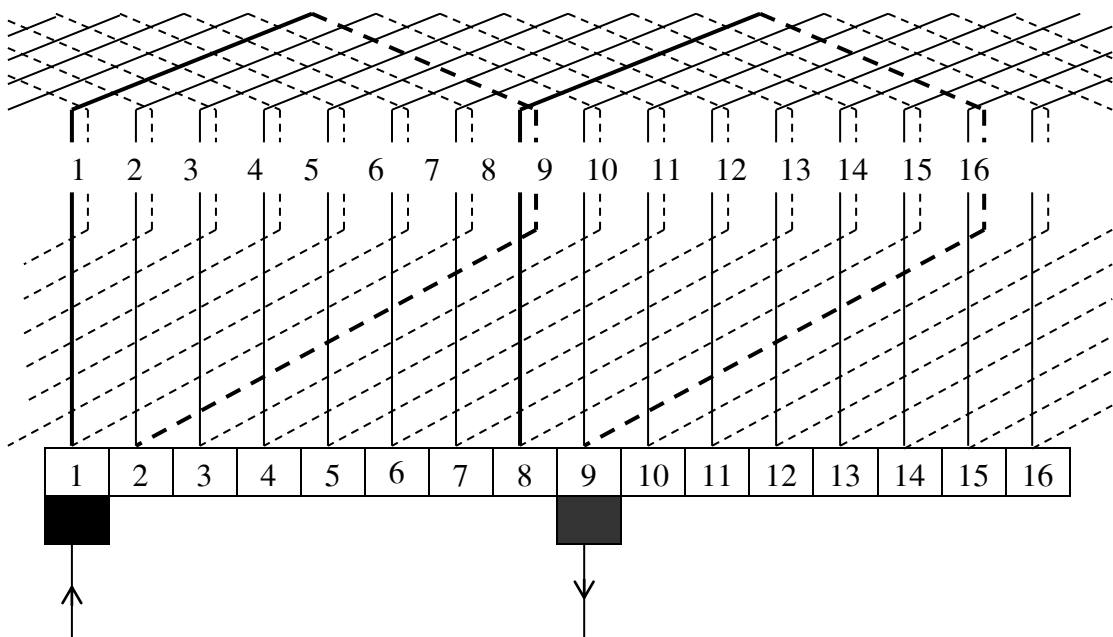
$$A = 2P \times Y_e = 2 \times 1 = 2 \text{ nhánh song song.}$$

• **Bước 3:**

Lập bảng xác định các bồi dây trên rotor:



• **Bước 4:**



Dây quấn hình V hai mạch nhánh ($K = Z = 16, 2P = 2$), bước chẵn

3.8 Câu hỏi ôn tập:

Bài 1 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 1750 kVA; điện áp 2300V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là 2.65Ω / pha; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 2 : Một động cơ đồng bộ ba pha cực ẩn 1270V, đấu tam giác, có điện kháng đồng bộ $2,6 \Omega$ / pha, điện trở phần ứng không đáng kể, bỏ qua các tổn hao, công suất vào là 820 kW, dòng kích từ được điều chỉnh sao cho sức điện động bằng 1617 V. Tính :

- 1/ Góc momen (góc tạo bởi U và E)
- 2/ Dòng điện dây.

Bài 3 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 500 kVA; điện áp 2400V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là 4Ω / pha; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,866$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 4 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 1250 kVA; điện áp 4160V; $2p = 10$; 50Hz; điện trở phần ứng là 0.126Ω / pha; điện kháng đồng bộ là 3Ω / pha; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0.8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 5 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 1750 kVA; điện áp 2300V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là $2,65 \Omega$ / pha; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 6: Một động cơ đồng bộ ba pha cực ẩn 1270V, đấu tam giác, có điện kháng đồng bộ $2,6 \Omega$ / pha, điện trở phần ứng không đáng kể, bỏ qua các tổn hao, công suất vào là 820 kW, dòng kích từ được điều chỉnh sao cho sức điện động bằng 1617 V. Tính :

- 1/ Góc momen (góc tạo bởi U và E)
- 2/ Dòng điện dây.

Bài 7: Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 40 kVA; điện áp 208V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là $0,45 \Omega/\text{pha}$; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 8 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 1500 kVA; điện áp 2300V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là $1,95 \Omega/\text{pha}$; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 9 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 500 kVA; điện áp 2400V; bỏ qua điện trở phần ứng; điện kháng đồng bộ là $4 \Omega/\text{pha}$; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,866$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 10 : Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn công suất 1250 kVA; điện áp 4160V; $2p = 10$; 50Hz; điện trở phần ứng là $0,126 \Omega/\text{pha}$; điện kháng đồng bộ là $3 \Omega/\text{pha}$; đấu sao; tải có $\cos\varphi = 0,8$ trễ. Tính :

- 1/ sức điện động pha của máy phát.
- 2/ phần trăm thay đổi điện áp.

Bài 11: Máy phát đồng bộ cực từ ẩn ba pha $S_{\text{đm}} = 20\text{KVA}$, $U_{\text{đm}} = 220\text{V}$, $\cos\varphi = 0,85$. Điện trở ở đầu cực là không đáng kể, điện kháng đồng bộ là $X_{\text{đb}} = 0,5 \Omega/\text{pha}$. Nối Y, điện áp kích từ là 110VDC, dòng kích từ 10A, $\Delta P_{\text{Fe}} = 700\text{W}$, $\Delta P_{\text{ma st, quạt gió...}} = 600\text{W}$. Xác định:

- 1/ Sức điện động pha trên dây quấn phần ứng.
- 2/ Độ thay đổi điện áp %.
- 3/ Hiệu suất của máy phát ở chế độ định mức.

Bài 12: Máy phát điện đồng bộ ba pha, $S_{\text{đm}} = 110\text{MVA}$, $\cos\varphi_{\text{đm}} = 0,8$, $U_{\text{đm}} = 66\text{KV}$, $\eta = 90\%$, nối Y, $f = 60\text{Hz}$, $n_{\text{đm}} = 360\text{v}/\text{ph}$.

- 1/ Số cực của máy phát.
- 2/ Công suất máy phát cấp cho tải.
- 3/ Tính dòng điện định mức của máy phát.
- 4/ Công suất cơ cần cung cấp cho máy phát.
- 5/ Moment cơ cần cung cấp cho máy phát.

Tài liệu cần tham khảo:

- [1]- Nguyễn Đức Sĩ, *Công nghệ chế tạo Máy điện và Máy biến áp*, NXB Giáo dục 1995.
- [2]- Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy điện 1*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2001.
- [3]- Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu, *Máy điện 2*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 2001.
- [4]- Châu Ngọc Thạch, *Hướng dẫn sử dụng và sửa chữa Máy biến áp, Động cơ điện, Máy phát điện công suất nhỏ*, NXB Giáo dục 1994.
- [5]- Nguyễn Xuân Phú, Nguyễn Công Hiền, *Tính toán cung cấp và lựa chọn thiết bị, khí cụ điện*, NXB Giáo dục 1998.
- [6]- Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh, *Kỹ thuật điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 1999.
- [7]- Nguyễn Trọng Thắng, Nguyễn Thế Kiệt, *Tính toán sửa chữa các loại Máy điện quay và Máy biến áp - tập 1, 2*, NXB Giáo dục 1993.
- [8]- Nguyễn Trọng Thắng, Nguyễn Thế Kiệt *Công nghệ chế tạo và tính toán sửa chữa Máy điện - tập 3*, , NXB Giáo dục 1993.
- [9]- Minh Trí, *Kỹ thuật quấn dây*, NXB Đà Nẵng 2000.
- [10]- Nguyễn Xuân Phú, Tô Đăng, *Quấn dây sử dụng và Sửa chữa Động cơ điện xoay chiều thông dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật 1989.