BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CƠ ĐIỆN – XÂY DỰNG VÀ NÔNG LÂM TRUNG BỘ

GIÁO TRÌNH
MÁY ĐIỆN

NGHỀ : ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

TRÌNH ĐỘ : CAO ĐẲNG

Ban hành kèm theo Quyết định số 77/QĐ-CĐTB-ĐT *ngày 19 tháng 01 năm 2021 của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Cơ điện – Xây dựng và Nông lâm Trung bộ*

Năm 2021

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

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

Bản quyền thuộc về Khoa Điện –điện tử trường Cao đẳng CĐ- XD- & NLTB

Mọi chi tiết xin liên hệ về khoa Điện- điện tử

ĐT:

Email: khoad.dientu@gmail.com

Bài 1
Khái niệm chung về máy điện

Giới thiệu:

Trong tự nhiên luôn có sự chuyển hóa năng lượng từ dạng này sang dạng khác. Điện năng cũng là một dạng của năng lượng. Nó rất cần thiết trong sản xuất và giữ vai trò quyết định cho sự phát triển kinh tế đặc trong lĩnh vực điện khí hoá, tự động hoá trong công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải ngày càng đòi hỏi các thiết bị khác nhau.

Trong đó máy điện được sử dụng phổ biến để biến cơ năng, điện năng hoặc biến đổi dạng điện năng này thành dạng điện năng khác (xoay chiều đến 1 chiều). Biến đổi cơ năng thành điện năng nhờ máy phát điện có động cơ sơ cấp kéo như tua bin hơi, tua bin nước, động cơ đốt trong.

Biến đổi điện năng thành cơ năng dùng trong truyền động điện người ta dùng các loại động cơ điện. Việc truyền tải và phân phối điện năng xoay chiều từ trạm phát điện đến các hộ dùng điện …việc biến đổi được thực nhờ máy biến áp..

Mục tiêu thực hiện:

Học xong bài học này, học viên có năng lực:

- Phát biểu về sự khác nhau của các loại máy điện hiện đang hoạt động theo cấu tạo, theo nguyên tắc hoạt động, theo loại dòng điện...
- Giải thích quá trình phát nóng và làm mát của máy điện hiện đang hoạt động, theo nguyên tắc định luật về điện.

Nội dung chính:

- Các định luật điện từ dùng trong máy điện.
- Định nghĩa và phân loại máy điện.
- Nguyên lý máy phát điện và động cơ điện.
- Sơ lượt về các vật liệu chế tạo máy điện
- Phát nóng và làm mát máy điện.

Các hình thức học tập:

- Học trên lớp bài Khái niệm về máy điện.
- Học viên tự đọc tài liệu liên quan đến bài giảng,
- Học viên trả lời các câu hỏi và làm các bài tập.

<u>Hoạt động 1</u>: nghe thuyết trình trên lớp, có thảo luận

Khái niệm chung về máy điện

I. Các định luật điện từ dùng trong máy điện.

1. Định luật về lực điện từ .

Khi thanh dẫn có dòng điện chuyển động trong từ trường thì trong thanh dẫn sẽ chị tác dụng một lực điện từ có trị số:

$$F_{dt} = BlI$$

+Trong đó:

.B là cường độ tự cảm đo bằng T(tesla)

.I là chiều dòng điện chạy trong thanh dẫn tính bằng A

.v vận tốc chuyển động thanh dẫn m/s

.α góc hợp bởi $(\vec{I}, \vec{B})$ $F_{dt}=BI\ l \sin \alpha$

.Chiều sức lực điện từ xác định theo qui tắc bàn tay trái.

2.Định luật cảm ứng điện từ:

+ Mọi sự biến thiên từ thông móc vòng qua vòng dây, ống dây hay mạch điện sẽ tạo ra một sức điện động cảm ứng tỉ lệ với tỉ lệ với tốc độ biến thiên của từ thông.

$$e = -w\frac{d\phi}{dt}$$

+Trong đó :

. W số vòng dây dẫn.

. $\frac{d\phi}{dt}$ tốc độ biến thiên của từ thông theo thời gian.

. Dấu trừ (-) biểu thị sức điện động luôn luôn ngược chiều với từ thông sinh ra sức điện động cảm ứng .

3.**Sức điện động trong dây dẫn chuyển động cắt ngang từ trường**.

-Trường hợp thanh dẫn chuyển động trong từ trường thì trong thanh dẫn sẽ sinh ra sức điện động cảm ứng :

$$e = Blv\sin\alpha$$

+Trong đó:

.B là cường độ tự cảm đo bằng T(tesla)

.l là chiều dài thanh dẫn trong từ trường đo bằng m

.v vận tốc chuyển động thanh dẫn m/s

.α góc hợp bởi $(\vec{v},\vec{B})$ trong máy điện α là góc quay biến thiên α=ωt

.Chiều sức điện động cảm ứng xác định theo qui tắc bàn tay phải.

4. **<u>Định luật về sức từ động.</u>**

Trong mạch điện cuộn dây có lõi thép sức từ động trong mạch bằng tích số giữa số vòng dây và dòng điện chạy qua dây dẫn:

$$F_{td}=W\,I$$

Trong đó:

W là số vòng dây.

I là dòng điện chạy qua dây dẫn.

Chiều sức từ động xác định theo qui tắc vặn nút chai.

Năng lượng tích lũy trong cuộn dây tỉ lệ với hệ số tự cảm và dòng điện chay qua cuộn dây:

$$E_{tt}=\frac{1}{2}LI^2$$

Trong đó :

L là hệ số tự cảm.

I là dòng điện chạy trong cuộn dây.

Nếu mạch điện có hai hay nhiều cuộn dây hỗ cảm thì năng lượng từ trường trong mạch:

$$E_{tt}=\frac{1}{2}L_1I_1^2+\frac{1}{2}L_2I_2^2+M_{12}I_1I_2$$

Trong đó M_{12} hệ số hỗ cảm.

II.Định nghĩa và phân loại.

1. <u>Định nghĩa</u>.

-Máy điện là thiết bị điện- từ , nguyên lí làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

- Các bộ phận chính của máy điện gồm mạch từ (lõi thép) và mạch điện(dây quấn) 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 các thông số điện như: biến đổi điện áp, dòng điện, tần số, số pha…. Ngoài ra còn một số bộ phận khác như vỏ máy, tản nhiệt, giá đỡ…v.v…

Máy điện thường được sử dụng nhiều trong các nghành kinh tế công nghiệp, giao thông vận tải, trong các dịch <u>vụ</u> sinh hoạt gia đình….

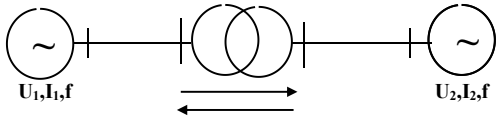
2. <u>Phân loại máy điện</u>.

- Máy điện có nhiều loại được phân loại theo nhiều cách khác nhau: theo công suất; theo cấu tạo; theo chức năng; theo nguyên lý làm việc …Tuy nhin nếu dựa theo nguyên lý biến đổi năng lượng ta có các loại máy điện sau:

a. **<u>Máy điện tĩnh</u>**:

- Là loại máy điện không có bộ phận thực hiện công bằng chuyển động cơ học thường gặp là máy biến áp.
- Máy điện tĩnh làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ do sự biến thiên từ thông giữa các cuộn dây không có sự chuyển động tương đối với nhau.
- Máy điện tĩnh thường dùng để biến đổi thông số điện năng. Do tính chất thuận nghịch của các quy luật cảm ứng điện từ, quá trình biến đổi năng lượng điện có tính chất thuận nghịch.

Ví dụ: máy biến áp biến đổi điện năng có thông số : U_1,I_1,f thành hệ thống điện U_2 ,I_2 ,f

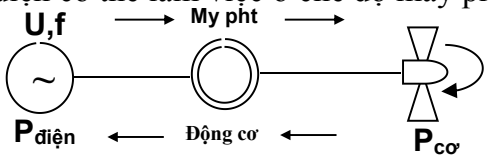


Máy điện quay:

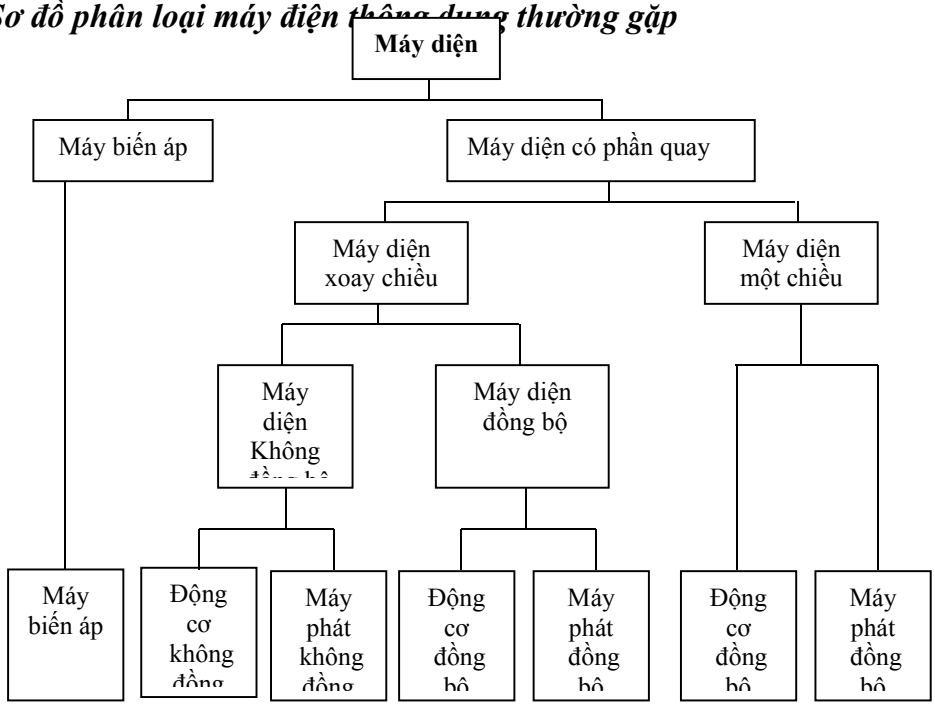
Là loại máy điện luôn có bộ phận chuyển động quay gọi là phần quay (Rô tor), phần còn lại là phần tĩnh (Stator). Giữa phần tĩnh và phần quay có một khoảng cách nhỏ gọi là khe hở không khí.

Nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ.

Máy điện quay thường dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng(động cơ điện) hoặc ngược lại biến đổi cơ năng thành điện năng(máy phát điện). Quá trình biến đổi có tính thuận nghịch tức máy điện có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện.



-Sơ đồ phân loại máy điện thông dụng thường gặp



III.Nguyên lý máy phát điện và động cơ điện.

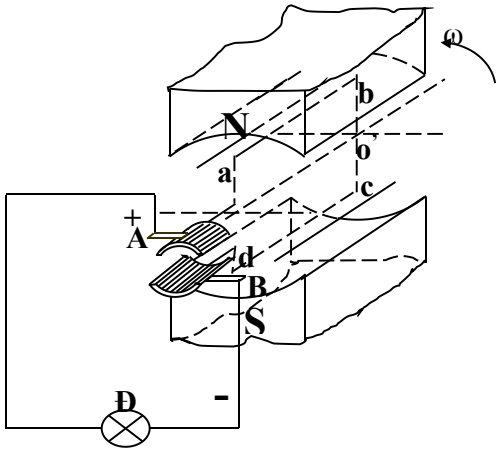
1. Nguyên lý máy phát điện và động cơ điện.

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

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

a 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- Strong thanh dẫn sẽ cảm ứng sức điện động e:



Hình 1.2 Nguyên lý của máy phát

Nếu nối vào thanh dẫn điện trở R của tải sẽ có 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:

$$P_đ = ui = ei$$

.Dòng điện I nằm trong thanh dẫn đặt trong từ trường sẽ chịu tác dụng của lực điện từ:

$$F_{đt}=BI\ l \sin \alpha$$

Khi máy quay với tốc độ không đổi lực điện từ sẽ cân bằng với lực cơ của động cơ sơ cấp:

$$F_{cơ} = \boldsymbol{F}_{đt}$$

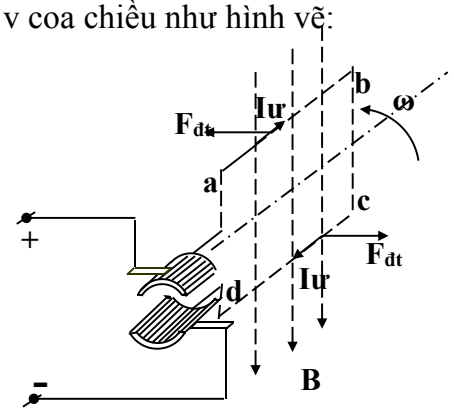
Nhân 2 vế với v ta có :

$$F_{cơ}.v = F_{đt}.v = Bilv = ei$$

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

b . Chế độ động cơ điện

Cung cấp điện cho máy phát phát điện , điện áp u của nguồn sẽ gay ra dòng điện I trong thanh dẫn . Dưới tác dụng của từ trường sẽ có lực điện từ $F_{đt} = Bil$ tác dụng lean thanh dẫn làm thanh dẫn chuyển động với tốc độ v coa chiều như hình vẽ:



Hình 1.3 Nguyên tắc cấu tạo và làm việc của động cơ điện

Như vậy công suất điện $P_đ = ui$ đưa vào động cơ đã biến thành công suất cơ $P_{cơ} = F_{đt}.v$ trên trục động cơ . điện năng đã biến thành cơ năng.

c.Tính thuận nghịch của máy điện:

Ta nhận thấy cùng một thiết bị điện từ tùy theo năng lượng đưa vào máy điện có thể làm việc ở chế độ động cơ hoặc máy phát điện .

-Nếu năng lượng đưa vào máy là cơ năng và năng lượng đầu ra là điện năng ta có máy điện làm việc ở chế độ máy phát.

-Nếu năng lượng đưa vào máy là điện năng và năng lượng đầu ra là cơ năng ta có máy điện làm việc ở chế độ động cơ.

Như vậy cùng 1 máy điện quay nó có hoạt động ở chế độ máy phát và thểcũng có thể làm việc ở chế độ động cơ.Đo chính là tính thuân nghịch của máy điện.

1.4.Sơ lược về vật liệu chê tạo máy điện.

Vật liệu dùng trong máy điện chia làm ba loại : vật liệu tác dụng, vật liệu cách điện và vật liệu kết cấu.

1.4.1.**Vật liệu tác dụng**.

Đây là vật liệu dẫn từ và vật liệu dẫn điện,các vật liệu này được dùng để tạo điều kiện cần thiết sinh ra biến đổi điện từ.

a.Vật liệu dẫn từ.

Vật liệu dẫn từ được dùng để chế tạo mạch từ của máy điện.Người ta thường dùng thép kỹ thuật điện có hàm lương si líc không vượt quá 4,5% . Hàm lượng Si líc này để hạn chế tổn hao do tuwf trễ và dòng điện xoáy.Đối MBA thường dùng thép dày 0,35mm ,máy điện quay dùng thép dày 0,5mm, các lá thép này được phủ sơn cách điện và ghép lại với nhau để hạn chế tổ hao do dòng điện xoáy.

Thép kỹ thuật điện hiện nay có hai loại đó là thép cán nóng và thép cán nguội. Thép cán nguội có từ tính tốt hơn và thường được sử dụng.

b.Vật liệu dẫn điện.

Vật liệu dẫn điện được dùng để chế tạo các bộ phận dẫn điện.Vật liệu dẫn điện thường dùng trong máy điện là đồng vì đòng có điện trở suất nhỏ $\rho=0,0172\ \Omega mm^2/m$.Ngoài ra nhôm cũng được cũng được sử dụng rộng rãi trong máy điện ,tuy nhiên điện trở suất của nhôm lớn gấp hai lần điện trở suất của đồng $\rho=0,0282\ \Omega mm^2/m$.

1.4.2.Vật liệu cách điện.

Vật liệu cách điện dùng để cách ly các bộ phận dẫn điện và bộ phận không dẫ điện, hoặc giữa các bộ phận dẫn điện với nhau.Những vật liệu này đòi hỏi phải có độ cách điện cao,chịu nhiệt tốt,tản nhiệt tốt,chống ẩm và bền về cơ học.Độ bền vững của cách điện bọc dây dẫn quyết định nhiệt độ cho phép của dây dẫn.

Nếu tính năng của chất cách điện cao thì lớp cách điện có thể mỏng và kích thước của máy điện giảm.Chất cách điện chủ yếu ở 4 nhóm:

-Chất hữu cơ tự nhiên như giấy,vải lụa.

-Chất vô cơ như ami ăng,mica, sợi thủy tinh.

-Chất tổng hợp.

-Các loại men,sơn các điện.

Chất cách điện tốt nhất là mica,nhưng mica lại đắt nên chỉ dùng trong máy điện có điện áp cao.Thông thường dùng vật liệu như có sợi như giấy ,vải,...các loại này có độ bền cơ cao nhưng dẫn nhiệt ,hút ẩm và cách điện kém.Do đó cách điện sợi phải ddueoecj tẩm sấy để cải thiện tính năng của vật liệu cách điện.

1.4.3.Vật liệu kết cấu.

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

Các cấp cách điện trong máy điện

Cấp cách điện	Vật liệu	Nhiệt độ giới hạn cho phép vật liệu (^{0}C)	Nhiệt độ cho phép trung bình dây quấn(^{0}C)
A	Sợi xen lu lô, bông hoặc tơ tẩm trong vật liệu hữu cơ lỏng	105	100
E	Vài loại màng tổng hợp	120	115
B	Ami ăng, sợi thủy tinh có chất kết dính và vật liệu gốc mica.	130	120
F	Ami ăng,vật liệu gốc mica, sợi thủy tinh có chất kết dính và	155	140

	tổng hợp		
H	Vật liệu gốc mica, sợi thủy tinh phối hợp chất kết dính và tẩm silic hữu cơ	180	165

1.5. Phát nóng và làm mát MĐ:

1.5.1 Đại cương:

Các tổn thất trong quá trình biến đổi năng lượng của MĐ biến thành nhiệt năng làm nóng các bộ phận cấu tạo MĐ. Tổn hao nhiều và khi tải nặng thì máy càng nóng. Nhiệt độ của MĐ phụ thuộc vào chế độ làm việc: liên tục, ngắn hạn hoặc ngắn hạn lặp lại. Vì kích thước và chế độ làm việc nhất định nên khi sử dụng không vượt quá giá trị định mức trên máy. Nếu máy được tản nhiệt ra môi trường tốt thì công suất tăng, khả năng mang tải nhiều hơn.

Các máy điện thường làm việc ở nhiều chế độ khác nhau và rất đa dạng.

a. Làm việc với toàn bộ công suất trong thời gian dài.
b. Làm việc ngắn hạn.
c. Làm việc theo chu kì.
d. Làm việc với tải thay đổi.

Do chế độ làm việc khác nhau nên sự phát nóng của MĐ cũng khác nhau. Vì vậy MĐ phải thiết kế theo từng chế độ cụ thể sao cho các bộ phận của phát nóng phù hợp với vật liệu.

Một số dạng sau đây:

α. Chế độ làm việc định mức liên tục:

Ở chế độ này, nhiệt độ tăng của máy phát đạt tới giá trị xác lập (với điều kiện tăng nhiệt độ của môi trường không đổi).

β. Chế độ làm việc định mức ngắn hạn:

Thời gian làm việc của máy không đủ dài để các bộ phận của máy đạt tới giá trị xác lập và sau đó thời gian máy nghỉ đủ dài để nhiệt độ hạ xuống bằng nhiệt độ môi trường xung quanh.

γ. Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại:

Thời gian máy làm việc và nghỉ trong một chu kì không đủ dài để nhiệt độ các bộ phận của máy đạt đến giá trị xác lập. Chế độ này đặc trưng bằng tỉ số giữa thời gian làm việc và thời gian của một chu kì làm việc và nghỉ. Các tỉ số được chế tạo với 15%, 25%, 40%, 60%.

Chú ý: máy điện được chế tạo để dùng ở chế độ làm việc định mức liên tục.

1.5.2. Sự phát nóng và nguội lạnh của máy điện:

Các máy điện đều có cấu trúc phức tạp gồm nhiều bộ phận hình dạng khác nhau và làm lạnh bằng các vật liệu có độ dẫn nhiệt không giống nhau. Khi máy làm việc, nhiệt độ của lõi thép, dây quấn không bằng nhau do có sự trao đổi nhiệt giữa các bộ phận. Hơn nữa nhiệt độ của chất làm lạnh ở mỗi khu vực trong máy cũng không giống nhau.

a. Các kiểu cấu tạo của máy điện:

Kiểu cấu tạo của máy điện phụ thuộc vào phương pháp bảo vệ máy đối với môi trường bên ngoài. Cấp bảo vệ được kí hiệu bằng chữ IP kèm theo hai chỉ số, chữ số thứ nhất là I và chữ thứ hai P:

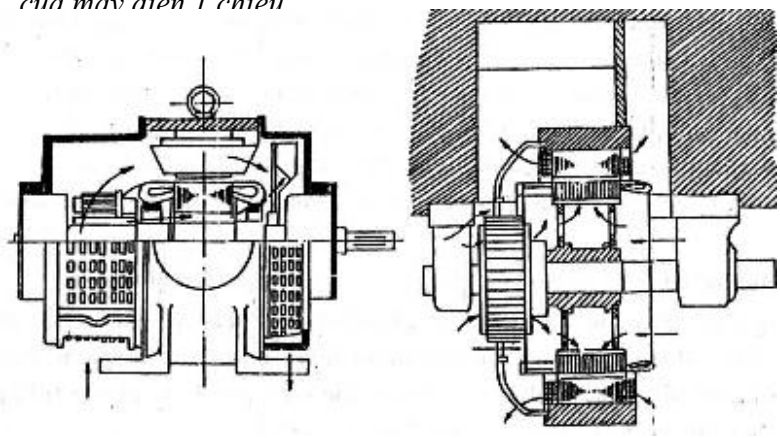
+ I gồm 7 cấp được đánh số từ 0 đến 6 chỉ mức độ bảo vệ chống sự tiếp xúc của người và vật rơi.

+ P gồm 9 cấp, đánh số từ 0 đến 8 chỉ mức độ bảo vệ chống nước vào máy.

+ Số 0 ở IP rằng, máy không bảo vệ gì cả. Chia kiểu cấu tạo như sau:

- Kiểu hở: Không có bộ phận che chở để tránh các vật từ ngoài chạm vào phần quay hoặc các bộ phận dẫn điện của nó. Loại này đặt trong các nhà máy hoặc phòng thí nghiệm, không tránh được ẩm ướt (IP00).
- Kiểu bảo vệ: Có các tấm chắn có thể tránh được các vật và nước rơi vào máy. Loại này đặt trong nhà (cấp bảo vệ từ IP11 đến IP33).
- Kiểu kín: Có vỏ bọc cách biệt trong phần máy với môi trường bên ngoài Nó dùng ở nơi ẩm ướt, kể cả ngoài trời. Tùy theo mức độ kín, cấp bảo vệ có từ IP44 trở lên.

Hình 1.11. Hệ thống gió trục của máy điện 1 chiều



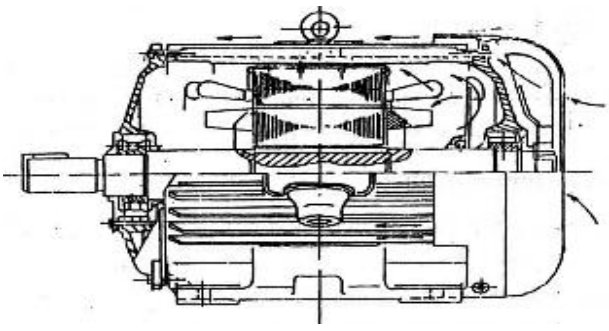
Hình 1.12. Hệ thống gió ngang trục của máy điện 1 chiều

b. Các phương pháp làm lạnh máy điện:

- *Máy điện làm lạnh tự nhiên*: không có bộ phận thổi gió làm lạnh, nên công suất giới hạn trong khoảng (vài chục ÷ vài trăm) W nên có cách tản nhiệt để tăng thêm bề mặt tản nhiệt.
- *Máy điện làm lạnh trong*: có quạt gió đặt đầu trục thổi vào trong máy. Đối với máy công suất nhỏ, chiều dài nhỏ hơn 200 ÷ 250 mm, gió chỉ thổi dọc trục theo khe hở giữa stato và Rôto và theo các rãnh thông gió dọc trục ở lõi thép Stato và Rôto *(Hình 1.11)*.

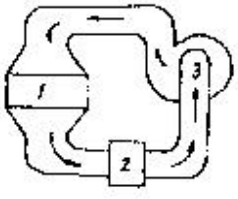
Khi công suất máy lớn, chiều dài của máy tăng thì nhiệt độ dọc chiều dài của máy sẽ không đều. Vì vậy phải tạo rãnh thông gió ngang trục. Lõi thép chia thành từng đoạn dài khoảng 4 cm và khe hở giữa các đoạn khoảng 1 cm. Gió sẽ đi vào hai đầu rồI theo các rãnh ngang trục và thoát ra ở giữa thân máy để rồi lai trở về hai đầu *(Hình 1.12)*

Hình 1.13. Máy điện tự làm lạnh mặt ngoài



- *Máy điện tự làm lạnh mặt ngoài:* máy thuộc kiểu kín. Ở đầu trục bên ngoài máy có gắn quạt gió và nắp quạt gió để hướng thổi dọc mặt ngoài của thân máyĐể tăng diện tích của bề mặt máy lạnh thân máy được đúc có cánh tản nhiệt, có đặt quạt gió để tăng tốc độ gió trong máy, do đó tăng thêm sự trao đổi nhiệt giữa vỏ và lõi.
- *Máy nhiệt làm lạnh độc lập:* Ở các máy lớn, quạt thường được đặt riêng ở ngoài để hút gió đưa nhiệt lượng trong máy ra ngoài. Để tránh hút bụi vào máy có thể dùng hệ thống làm lạnh riêng. Trong trường hợp đó, không khí hoặc khí làm lạnh sau khi ở máy ra được đưa qua bộ phận làm lạnh rồi lại được đưa vào máy theo chu trình kín như trình bày trên *(Hình 1.14)*.
- *Máy điện làm lạnh trực tiếp:* Khi công suất của máy điện lớn, khoảng 300 ÷ 500 ngàn kW thì hệ làm lạnh kín bằng khí

Hình 1.14. Hệ



hyđrô vẫn không đủ hiệu lực. Đối với các máy điện đó, dây quấn được chế tạo bằng các thanh dẫn rỗng trong có nước hoặc dầu chạy qua để được làm lạnh trực tiếp. Như vậy nhiệt lượng của dây quấn không phảI truyền qua chất cách điện mà được nước hoặc dầu trực tiếp đem ra ngoài do đó có thể tăng mật độ dòng điện trong thanh dẫn lên 3 đến 4 lần và giảm kích thước máy, tiết kiệm vật liệu chế tạo.

Câu hỏi và bài tập:

A.Câu hỏi trắc nghiệm

+ Đọc kỹ các câu hỏi chọn và tô đen ý trả lời đúng nhất vào các ô tương ứng.

TT	Nội dung câu hỏi
1.1.	**Động cơ điện là một thiết bị biến đổi năng lượng như sau:** a. Cơ năng thành điện năng. ☐ b. Điện năng thành cơ năng . ☐ c. Cơ năng thành cơ năng khác; ☐ d. Điện năng thành điện năng khác. ☐
1.2.	**Máy điện là một thiết bị biến đổi năng lượng như sau:** ☐ d. Cơ năng thành điện năng. ☐ e. Điện năng thành cơ năng . ☐ f. Cơ năng thành cơ năng khác; ☐ d. Điện năng thành điện năng khác. ☐

B. Câu hỏi đóng:

1.4. Trình bày cách phân loại máy điện.

1.5. Hãy giải thích tại sao máy điện có tính thuận nghịch?

1.6 Phương trình phát nóng và nguội lạnh của máy điện. Nghiệm của phương trình đó như thế nào?

1.7 Giải thích nguyên lí thuận nghịch của máy điện?

1.8 Các vật liệu chế tạo máy điện là gì?

1.9 Các phương pháp làm lạnh máy điện?

Bài 2
Máy biến áp

Giới thiệu:

Máy biến áp là thiết bị điện tĩnh làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ,nó được sử dụng rất rộng rãi: trong sản suất và truyền tải điện năng,trong công nghiệp,trong sinh hoạt và các lĩnh vực khác.

Hiện nay khoa học kỹ thuật rất phát triển. Người ta đã chế tạo ra được nhiều thiết loại,hình dạng,mẫu mã cũng đa dạng và phong phú.Do vậy người công nhân hay quản lý kỹ thuật về lĩnh vực điện, không chỉ có kiến thức về nguyên lý làm việc ,kết cấu,vận hành máy biến áp mà còn tính toán các thông số MBA ở các chế độ làm việc,lựa chon,sữa chữa MBA.

Mục tiêu thực hiện:

Học xong bài học này, học viên có năng lực:

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

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

Nội dung chính:

Khái niệm chung. *Thời gian: 0.5h*
Cấu tạo của máy biến áp. *Thời gian: 1h*
Các đại lượng định mức của máy biến áp. *Thời gian: 1h*
Nguyên lí làm việc của máy biến áp. *Thời gian: 1h*
Mô hình toán và sơ đồ thay thế của máy biến áp. *Thời gian: 1h*
Các chế độ làm việc của máy biến áp. *Thời gian: 4.5h*

- Chế độ không tải.
- Chế độ ngắn mạch.
- Cế độ có tải.

Máy biến áp ba pha. *Thời gian: 2h*
Sự làm việc song song của máy biến áp. *Thời gian: 3h*
Các máy biến áp đặc biệt. *Thời gian: 3h*

Các hình thức học tập:

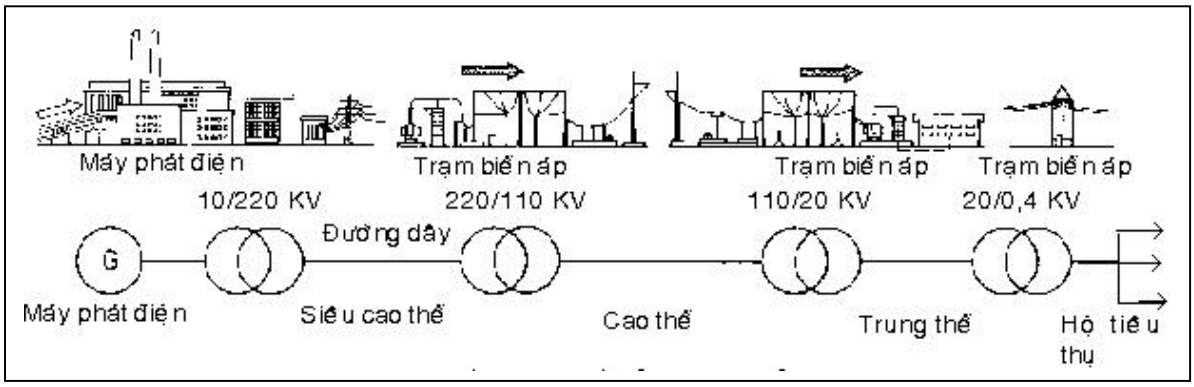
- Học trên lớp về các cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của MBA,các chế độ làm việc MBA,.....
- Thực hành quan sát, nhận biết về cấu tạo , đặc điểm, thực hành các chế độ làm việc của MBA..
- Học viên tự đọc tài liệu do giáo viên phát trước ở nhà,làm bài tập ơ nhà.

Hoạt động 1: nghe thuyết trình trên lớp, có thảo luận

Máy biến áp.

2.1 Đại cương:

Để truyền tải và phân phối điện năng đi xa được phù hợp và kinh tế thì phải có những thiết bị để tăng và giảm áp ở đầu và cuối đường dây. Những thiết bị này gọi là mba (hình 2.1)..



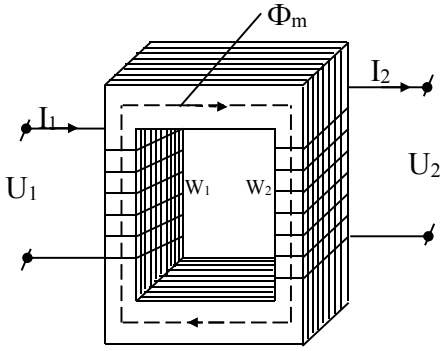
Hình 2.1 Sơ đồ mạng truyền tải đơn giản

Những mba dùng trong hệ thống điện lực gọi là mba điện lực hay mba công suất. Mba chỉ làm nhiệm vụ truyền tải và phân phối điện năng chứ không phải biến hoá năng lượng. Các loại mba như: mba điện lực, hàn điện, các mba dùng cho các thiết bị chỉnh lưu và đo

lường…ngày nay, trong máy biến áp dây nhôm thay thế bằng đồng nhằm giảm kích thước và trọng lượng, tiết kiệm được đồng và giá thành rẻ hơn

2.2 Nguyên lí làm việc của máy biến áp.

Dựa vào nguyên lí làm việc của máy biến áp 1 pha gồm một lõi thép và có hai cuộn dây w_1 và w_2 vòng.



Hình 2.2: nguyên lý làm việc MBA

Phía nối với nguồn gọi là sơ cấp, các đại lượng liên quan đến sơ cấp được kí hiệu mang chỉ số 1. Phía nối với tải gọi là thứ cấp, các đại lượng liên quan đến thứ cấp được kí hiệu mang chỉ số 2.

Khi đặt một máy xoay chiều U_1 vào dây quấn 1 xuất hiện dòng điện I_1. Trong lõi thép sinh ra từ thông Φ móc vòng cả hai dây quấn 1 và 2 sinh ra suất điện động cảm ứng e_1 và e_2 trong cả hai dây quấn. Dây quấn 2 sinh ra từ trường dòng điện U_2 đưa ra tải với điện áp U_2. Như vậy năng lượng của dòng điện xoay chiều đã được truyền từ dây quấn 1 sang dây quấn 2.

Giả sử điện áp đặt vào có dạng hình sin thì từ thông do nó sinh ra cũng là hình sin: $\Phi = \Phi_m.\sin\omega.t$. Theo định luật cảm ứng điện từ, suất điện động cảm ứng trong dây quấn 1 và 2 là:

$$e_1 = -\, w_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\, w_1 \frac{d\Phi_m \sin\omega.t}{dt} = -\, w_1\omega.\Phi_m \cos\omega t$$

$$= w_1\omega.\Phi_m.\sin(\omega.t - \pi/2) = E_{1m}\sin(\omega.t - \pi/2). \qquad (2\text{-}1)$$

$$e_2 = -\, w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\, w_2 \frac{d\Phi_m \sin\omega.t}{dt} = -\, w_2.\omega.\Phi_m \cos\omega t$$

$$= w_2.\omega.\Phi_m.\sin(\omega.t - \pi/2) = E_{2m}\sin(\omega.t - \pi/2). \qquad (2\text{-}2)$$

Trị số hiệu dụng:

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f_1 w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}.\pi w_1 f_1 \Phi_m \qquad (2\text{-}3)$$

$$E_2 = \frac{E_{2m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega w_2 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f_1 w_2 \Phi_m}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}.\pi w_2 f_1 \Phi_m \qquad (2\text{-}4)$$

Từ (2-1) và (2-2) cho thấy suất điện động trong dây quấn chậm pha so với từ thông sinh ra nó một góc π/2. Từ (2-3) và (2-4) tỉ số mba 1 pha định nghĩa như sau:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \qquad (2\text{-}5)$$

Nếu không kể điện áp rơi trên dây quấn, K là tỉ số điện áp giữa dây quấn 1 và dây quấn 2.

$$K = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

Nếu $U_1 < U_2$ ta có mba tăng áp, $U_1 > U_2$ có mba áp giảm áp.

Đối với máy biến áp 3 pha:

- Tỉ số điện áp pha: $k_p = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{w_1}{w_2}$

Với w_1 số vòng dây pha sơ cấp, w_2 số vòng dây pha thứ cấp.

- Tỉ số điện áp dây không những chỉ phụ thuộc vào tỉ số vòng dây giữa sơ cấp và thứ cấp mà còn phụ thuộc cách nốI hình sao hay tam giác:

+ Khi nối Δ/Y:

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{\sqrt{3}.U_{p2}} = \frac{w_1}{\sqrt{3}.w_2}$$

+ Khi nối Δ/Δ:

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{U_{p2}} = \frac{w_1}{.w_2}$$

+ Khi nối Y/Y:

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{\sqrt{3}.U_{p1}}{\sqrt{3}.U_{p2}} = \frac{w_1}{w_2}$$

+ Khi nối Y/Δ:

$$k_d = \frac{U_{d1}}{U_{d2}} = \frac{U_{p1}}{\sqrt{3}.U_{p2}} = \sqrt{3}.\frac{w_1}{w_2}$$

2.3 Các đại lượng định mức:

2.3.1 Công suất định mức $S_{đm}$:

Là công suất toàn phần (hay công suất biểu kiến hay dung lượng) đưa ra ở dây quấn thứ cấp máy biến áp, tính bằng VA hoặc KVA. Công thức tổng quát như sau

$S_{đm} = m. U_{fđm}.I_{fđm}$

với m là số pha của máy biến áp hoặc

2.3.2 Điện áp định mức ở các cuộn dây sơ cấp và cuộn thứ cấp:

- Điện áp dây sơ cấp định mức $U_{1đm}$ là điện áp dây quấn sơ cấp tính bằng V hay kV.
- Điện áp dây thứ cấp định mức $U_{2đm}$ là điện áp dây của dây quấn thứ cấp khi máy biến áp không tải và điện áp đặt vào dây sơ cấp là định mức, tính bằng V hay kV.

2.3.3 Dòng điện định mức ở các cuộn dây sơ cấp và cuộn thứ cấp:

Dòng diện dây định mức sơ cấp $I_{1đm}$ và thứ cấp $I_{2đm}$ là những dòng điện dây của dây quấn sơ cấp và thứ cấp ứng với công suất và điện áp định mức, tính bằng ampe (A) hay kilôampe (KA).

-Đối với mba 1 pha:

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

- Đối với mba 3 pha:

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

2.3.4 Tần số định mức:

$f_{đm}$ tính bằng Hz. Các loại máy biến áp có tần số công nghiệp là 50 Hz.

Ngoài ra trên nhãn mba còn ghi các số liệu khác như: số pha (m); tổ nối dây quấn; điện áp ngắn mạch U_n%; chế độ làm việc; cấp cách điện; phương pháp làm nguội.

2.4 Các loại máy biến áp chính:

Theo công dụng , máy biến áp có thể gồm những loại chính sau đây:

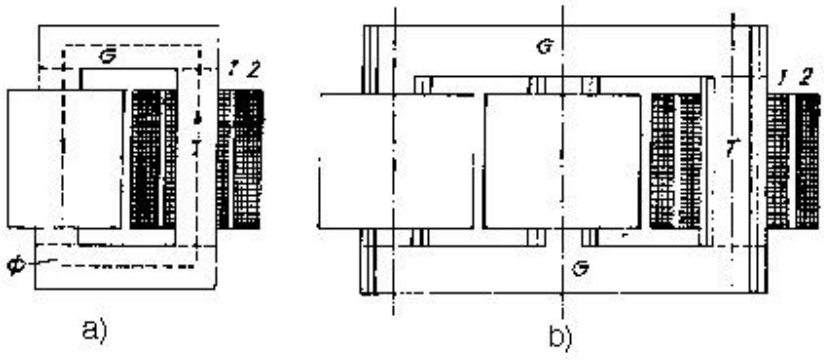
1. Máy biến áp điện lực dùng để truyền tải và phân phối công suất trong hệ thống điện lực.
2. Máy biến áp chuyên dùng dùng cho các lò luyện kim, cho các thiết bị chỉnh lưu, máy biến áp hàn điện, …
3. Máy biến áp tự ngẫu biến đổi điện áp trong một phạm vi không lớn, dùng để mở máy các động cơ điện xoay chiều.
4. Máy biến áp đo lường dùng để giảm các điện áp và dòng điện lớn khi đưa vào các đồng hồ đo.
5. Máy biến áp thí nghiệm dùng để thí nghiệm các điện áp cao.

Máy biến áp có rất nhiều, song thực chất các hiện tượng xảy ra trong chúng đều giống nhau. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, sau đây chủ yếu xét đến máy biến áp điện lực hai dây quấn một pha và ba pha.

2.5 Cấu tạo máy biến áp:

Cấu tạo mba gồm lõi thép dây quấn và vỏ máy.

2.5.1. Lõi thép:



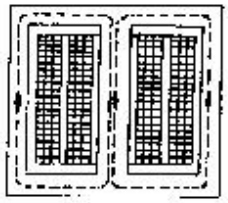
Hình 2.3 Mba kiểu lõi: a. một pha; b. ba pha.

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

Mba kiểu lõi hay kiểu hay kiểu trụ *(Hình 2.3):* Dây quấn bao quanh lõi thép. Loại này sử dụng rất thông dụng cho mba 1 pha và 3 pha có dung lượng nhỏ và trung bình.

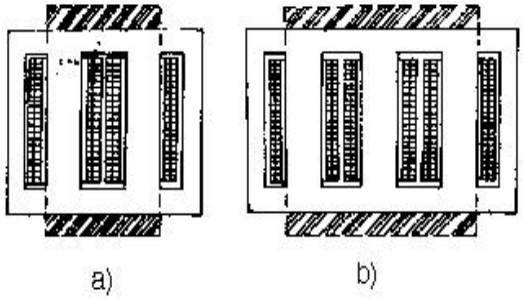
- Mba kiểu bọc *(Hình 2.4):* Mạch từ được phân mạch nhánh ra hai bên và bọc lấy một phần dây quấn. Loại này dung trong lò luyện kim, các máy biến áp 1 pha công suất nhỏ dùng trong kĩ tuật vô tuyến điện, truyền thanh.

Ở các máy biến áp hiện đại, dung lượng mba này lớn và cực lớn



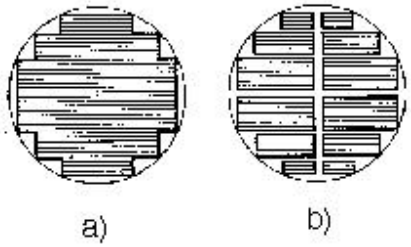
Hình 2.4 mba kiểu bọc

(80 đến 100 MVA trên 1 pha), điện áp thật cao (từ 220 đến 400 KV) để giảm chiều cao của trụ thép và tiện lợi cho việc vận chuyển, mạch từ của mba kiểu trị được phân nhánh sang hai bên nên mba hình dáng vừa kiểu bọc vừa kiểu trụ gọi là mba kiểu trụ bọc.
(H2.5b) Trình bày kiểu mba trụ bọc 3 pha, trường hợp này có dây quấn ba pha nhưng có 5



Hình 2.5 mba kiểu trụ bọc: a. một pha; b. ba pha.

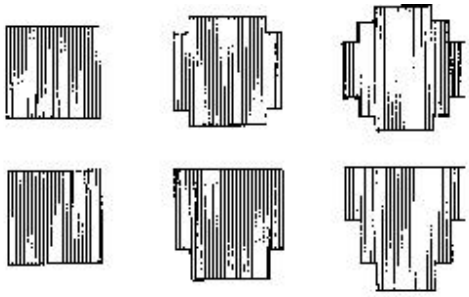
trụ nên gọi là mba 3 pha 5 trụ.Lõi thép mba gồm: 2 phần *(Hình 2.3)* Phần trụ: kí hiệu chữ T. Phần gông: kí hiệu chữ G. Trụ là phần lõi thép có quấn dây quấn, gông là phần lõi thép nối các trụ lại với nhau thành mạch từ kín có dây quấn.
Do dây quấn thường quấn thành hình tròn nên thiết diện ngang của trụ thép có dạng hình gần tròn. *(Hình 2.6)*. Gông từ vì không quấn dây nên để đơn giản trong việc chế tạo tiết diện ngang của gông có thể làm: hình vuông, hình chữ nhật, hình T. *(Hình 2.7)*.



Hình 2.6 Tiết điện của trụ thép.

a. Không có rãnh dầu.

b. Có rãnh dầu.



Hình 2.7 Các dạng thiết diện của trụ thép (phía trên) và gông từ phía dưới.

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

2.5.2. Dây quấn:

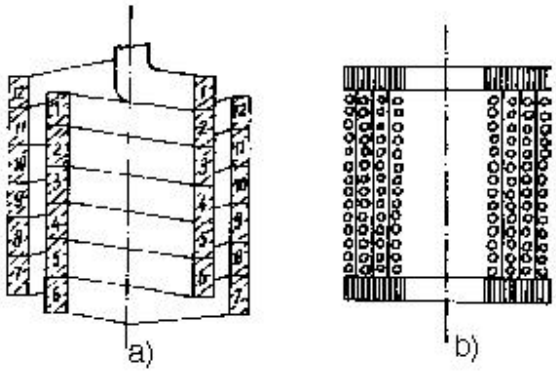
Dây quấn là bộ phận dẫn điện của mba làm nhiệm vụ: thu năng lượng vào và truyền năng lượng ra. Chúng thường làm bằng Cu (đồng) hoặc Al (nhôm). Theo cách sắp xếp dây quấn cao áp và hạ áp chia làm hai loại: dây quấn đồng tâm và dây quấn xen kẽ.

a. Dây quấn đồng tâm:

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

Những kiểu dây quấn đồng tâm chính bao gồm:

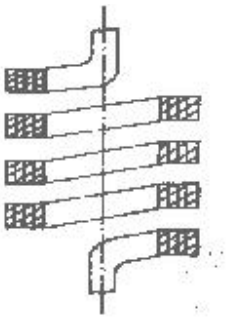
Hình 2.8 Dây quấn hình trụ: a. Dây quấn bẹt hai lớp; b. Dây quấn tròn nhiều lớp.



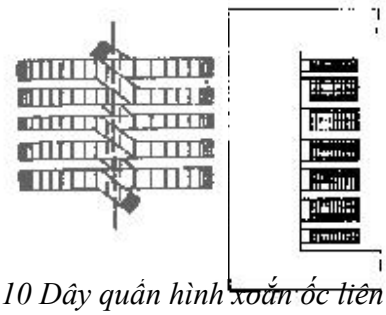
α. Dây quấn hình trụ:

Nếu tiết diện dây lớn thì dùng dây bẹt và thường quấn thành 2 lớp *(Hình 2.8a);*
Nếu tiết diện dây nhỏ thì dung dây tròn quấn thành nhiều lớp *(Hình 2.8b).*
Dây quấn hình trụ dây tròn thường làm dây quấn CA, điện áp 35 KV còn dây quấn hình trụ bẹt chủ yếu làm dây quấn HA từ 6 KV trở xuống.

β. Dây quấn hình xoắn:



Hình 2.9 Dây quấn hình xoắn



Hình 2.10 Dây quấn hình xoắn ốc liên tục

Hình 2.11 Dây quấn xen kẽ

1. *Dây quấn hạ áp*
2. *Dây quấn cao áp*

Gồm nhiều dây bẹt chập lại với nhau quấn theo đường xoắn ốc, giữa các vòng dây có rảnh hở *(Hình 2.9)*. Kiểu này thường dùng cho dây quấn HA của mba dung lượng trung bình và lớn.

γ. Dây quấn xoắn ốc liên tục:

Làm bằng dây bẹt và khác với dây quấn hình xoắn ở chỗ, dây quấn này được quấn thành những bánh dây phẳng cách nhau bằng những rảnh hở. *(Hình 2.10)*. Bằng cách hoán vị đặc biệt trong khi quấn dây, các bánh dây được nối tiếp một cách liên tục mà không cần mối hàn giữa chúng nên gọi là xoắn ốc liên tục. Dây quấn này chủ yếu dùng cuôn CA, điện áp 35 KV trở lên và dụng lượng lớn.

b. Dây quấn xen kẽ:

Các dây quấn CA và HA lần lượt xen kẽ nhau dọc theo trụ thép *(Hình2.11)*. Để cách điện dễ dàng, các bánh dây sát gông thường thuộc dây quấn HA. Kiểu dây này thường dùng trong mba kiểu bọc. Vì chế tạo và cách điện khó khăn nên các mba kiểu trụ không dùng dây quấn xen kẽ.

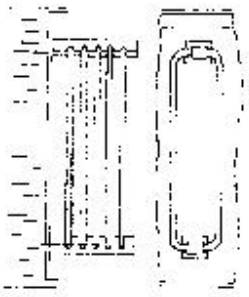
2.5.3. Vỏ máy:

a. Thùng mba:

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

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

Hình 2.12 Thùng dầu kiểu ống

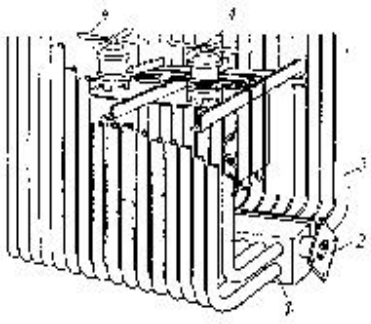


Hình 2.13 Thùng dầu có bộ tản nhiệt

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

Tùy theo dung lượng máy biến áp mà hình dáng mà hình dáng và kết cấu thùng dầu khác nhau.Loại thùng đơn giản nhất là thùng dầu phẳng thường dùng cho mba dung lượng từ 30 KVA trở xuống. loại mba cỡ lớn và trung bình dùng thùng dầu có ống *(Hình 2.12)* hoặc thùng có bộ tản nhiệt *(Hình 2.13).*

Những mba dung lượng 10^4 kVA người ta dùng bộ tản nhiệt có thêm quạt gió để tăng cường làm lạnh *(Hình 2.14).* Các mba dùng trong trạm thủy điện, dầu được bơm qua một hệ thống ống nước để tăng cường làm lạnh.



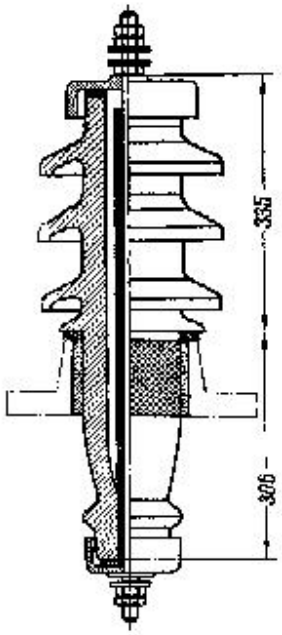
Hình 2.14 Bộ tản nhiệt hai hàng ống có quạt gió riêng biệt

b. Nắp thùng:

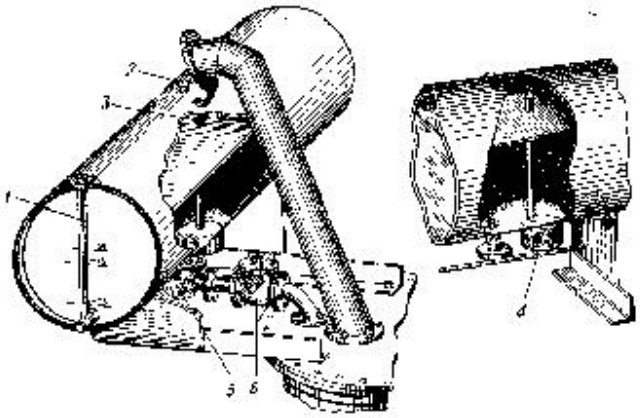
Dùng để đậy thùng và trên đó có đặt các chi tiết máy quan trọng như:

- *Các sứ ra của dây quấn HA và CA:* làm nhiệm vụ cách điện giữa dây dẫn với vỏ máy. Tùy theo điện áp mba người ta có sứ cách điện thường hoặc có dầu. *Hình 2.15* vẽ một sứ đầu ra 35 KV chứa dầu. Điện áp càng cao thì kích thước và trọng lượng sứ càng lớn.

Hình 2.15 Sứ 35 kV chứa dầu



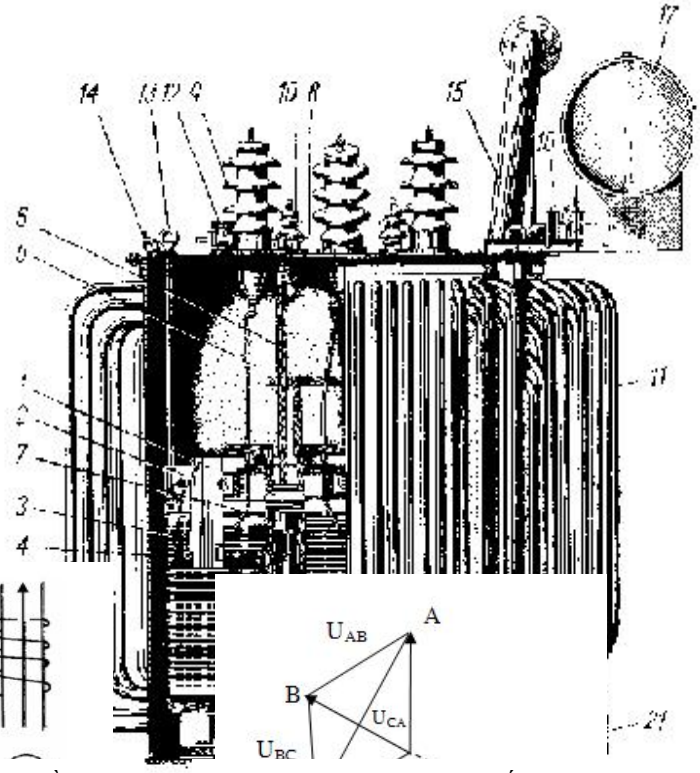
Hình 2.16 1). Bình giãn dầu; 2). Ống bảo hiểm



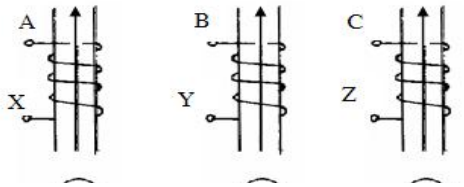
- *Bình giãn dầu:* là một thùng hình trụ bằng thép đặt trên nắp và nối với thùng bằng một ống dẫn dầu *(Hình 2.16)*. Dầu trong thùng luôn đầy và duy trì ở mức nhất định và nó giãn nở tự do, ống chỉ mức dầu đặt bên cạnh bình giãn dầu dùng để theo dõi mức dầu ở trong.
- **Ống bảo hiểm**: làm bằng thép hình trụ nghiêng một đầu nối với nắp thùng, một đầu bịt bằng đĩa thủy tinh hoặc màng nhôm mỏng *(Hình 2.17)*.

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

Hình 2.17 Máy biến áp đầu 3 pha



1. Thép dẫn từ; 2. Má sắt ép gông. 3. Dây quấn điện áp thấp (HA). 4. Dây quấn cao áp (CA). 5. Ống dẫn dây ra của cao áp. 6. Ống dẫn dây ra của hạ áp. 7. Bộ điện chuyển mạch để điều khiển Bộ áp của dây quấn cao áp. 8. cao áp; phận truyền động của bộ Thùng chuyển mạch; 9. Sứ ra của dầu; 10. Sứ ra của hạ áp. 11. 14. dầu kiểu ống; 12. Ống nhập chân 13. Quai để nâng ruột máy ra không; Mặt bích để nốI vớI bơm 15. Ống có



Hình 2.18. Cách qui ước các đầu đầu và đầu cuối của MBA 3 pha

Hình 2.19. Điện áp không đối xứng lúc kí hiệu ngược hay đấu ngược 1 pha

màng bảo hiểm; 16. Rơle hơi; 17. Bình giãn dầu; 18. Giá đỡ góc ở đáy thùng dầu; 19. Bulông dọc để bắt chặt má ép gông; 20. Bánh xe lăn; 21. Ống xả dầu

2.6 Tổ nối dây mba:

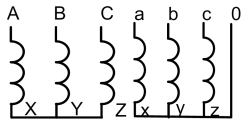
2.6.1. Các kí hiệu đầu dây:

Các đầu tận cùng của dây quấn mba, 1 đầu gọi là đầu đầu, đầu kia gọi là đầu cuối.

- Đối với mba 1 pha thì có thể tuỳ ý chọn đầu đầu và đầu cuối.
- Đối với mba 3 pha, các đầu đầu và đầu cuối phải chọn 1 cách thống nhất: giả sử dây quấn pha A chọn đầu đầu đến đầu cuối theo chiều kim đồng hồ *(Hình 2.18 a)* thì các dây quấn pha B, C còn lại cũng phải chọn thống nhất. (Hình3. và c).

Điều này rất cần thiết bởi vì 1 pha dây quấn kí hiệu ngược thì điện áp lấy ra mất tính đối xứng *(hình 2.40)*.

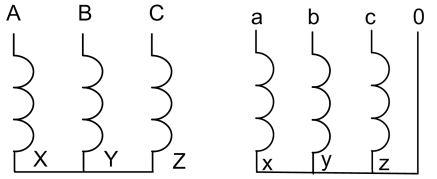
Các qui ước đầu đầu và đầu cuối của dây quấn máy biến áp 3 pha:

Các đầu tận cùng	Dây quấn cao áp	Dây quấn hạ áp	Sơđồ kí hiệu dây quấn
Đầu đầu Đầu cuối Đầu trung tính	A B C X Y Z o	a b c x y z o	

2.6.2. Các kiểu đấu dây quấn:

Dây quấn máy biến áp có thể đấu theo các kiểu chính sau:

- Đấu hình sao (Y): thường 3 đầu X, Y, Z nối lại với nhau, 3 đầu còn lại A, B, C để tự do *(Hình 2.20a)*.



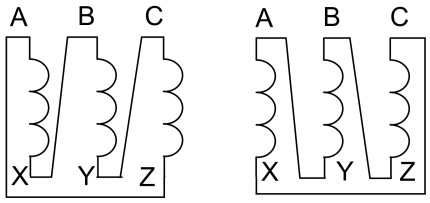
a) b)

Hình 2.20. Đấu sao và đấu sao không

- Nếu đấu sao có dây trung tính gọi là đấu sao không thì kí hiệu là Y_0 hay Y_n *(Hình 2.20b)*.

Dây quấn đấu Y_0 thông dụng đối với mba cung cấp cho tải hỗn hợpvừa dùng điện áp dây để chạy động cơ, vừa dùng điện áp pha chiếu sáng.

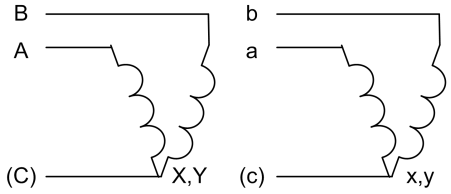
Đấu tam giác (Δ) thì đầu đầu của pha này nối với đầu cuối của pha kia theo thứ tự AX- BY- CZ - A *(Hình 2.21a)* hoặc theo thứ tự AX – CZ – BY – A (hình 2.21b). Cách đấu Δ được dùng nhiều khi không cần điện áp pha.



a) b)

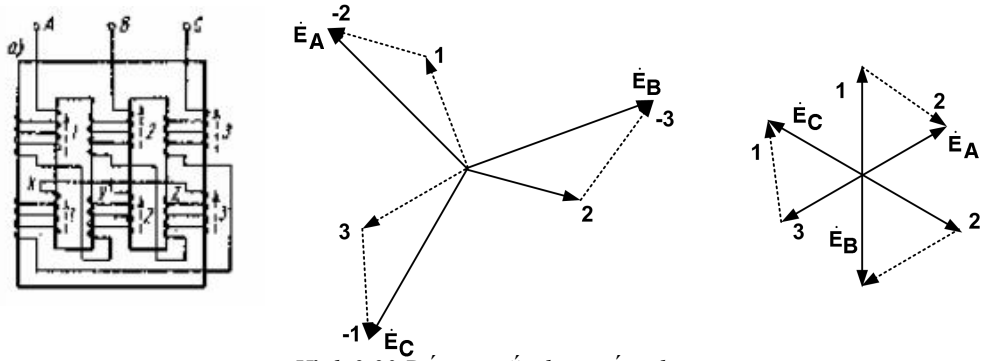
Hình 2.21 Hai cách đấu tam giác dây quấn MBA

- Đấu hình Δ hở (đấu hình V): Thường dùng cho tổ máy biến áp 3 pha khi sửa chữa hoặc hư hỏng 1 máy.



Hình 2.22 Đấu tam giác hở dùng cho tổ MBA 3 pha bị hỏng 1 pha.

- Đấu theo kiểu zic-zắc (kí hiệu bằng chữ Z):Lúc đó mỗi pha dây quấn gồm hai nửa cuộn dây ở trên 2 trụ khác nhau nối nối tiếp và mắc ngược nhau *(Hình 2.23)*. Kiểu đấu dây này rất ít dùng vì tốn nhiều đồng hơn và chỉ gặp trong mba dùng cho các thiết bị chỉnh lưu hoặc trong mba đo lường để hiệu chỉnh sai số về góc lệch pha.



Hình 2.23 Đấu zic_zắc dây quấn mba

a) Khi hai nửa dây quấn nối tiếp ngược

b) Khi hai nửa dây quấn nối tiếp thuận

2.6.3. Tổ nối dây mba:

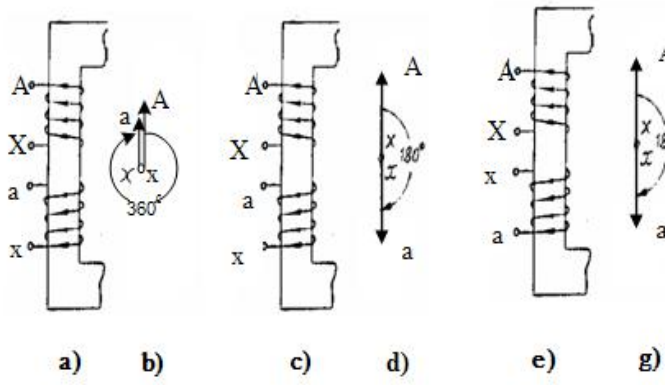
Được hình thành do sự phối hợp kiểu dây đấu dây sơ cấp so với kiểu đấu dây thứ cấp. Nó biểu thị góc lệch pha giữa các sđđ, dây sơ cấp và dây thứ cấp của mba. Góc lệch pha này phụ thuộc vào các yếu tố sau:

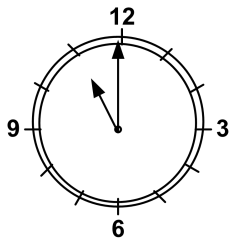
- Chiều dây quấn.
- Cách kí hiệu các đầu dây;
- Kiểu đấu dây quấn ở sơ cấp và thứ cấp.

Muốn xác định và gọi tên 1 tổ đấu dây ta phải chấp nhận các giả thiết sau:

- Các dây quấn cùng chiều trên trụ thép.
- Chiều s.đ.đ trong dây quấn chạy từ đầu cuối đến đầu đầu.

Xét mba 1 pha có 2 dây quấn thứ cấp ax và sơ cấp AX *hình 2.24*. Nếu có hai dây quấn được quấn cùng chiều trên trụ thép, kí hiệu các đầu dây như nhau:





Hình 2.25 Phương pháp kí hiệu tổ nối dây theo phương pháp kim đồng hồ

Hình 2.24 Tổ nối dây của máy biến áp 1 pha.

Ví dụ: A, a ở phía trên; X, x ở phía dưới *(H2.24a)* thì s.đ.đ cảm ứng trong chúng khi có từ thông biến thiên đi qua sẽ hoàn toàn trùng pha nhau *(H2.24b):* Khi đổi chiều dây quấn của 1 trong 2 dây quấn, ví dụ của dây quấn thứ cấp ax *(Hình 2.24c)*, hoặc đổi kí hiệu đầu dây, cũng của dây quấn thứ cấp ax *(Hình 2.24e)* thì s.đ.đ trong chúng hoàn toàn ngược pha nhau *(Hình 2.24d và g)*. Trường hợp thứ nhất, góc lệch pha giữa các s.đ.đ kể từ véctơ sđđ sơ cấp đến véctơ s.đ.đ thứ cấp theo chiều kim đồng hồ là 360^0 (I/I-12) hay (0^0); hai trường hợp sau là 180^0(I/I-6).

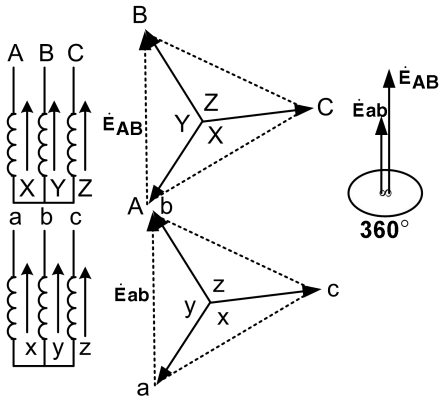
Ở mba 3 pha còn do cách đấu dây quấn hình Y hay Δ với những thứ tự khác nhau thì góc lệch pha giữa các s.đ.đ dây quấn sơ cấp và thứ cấp có thể là 30^0, 60^0, ..., 360^0.

Thực tế người ta không dùng độ để chỉ góc lệnh pha đó mà dùng phương pháp kim đồng hồ để biểu thị và gọi tên tổ nối dây của mba. Kim dài của đồng hồ chỉ sđđ dây sơ cấp đặt cố định ở con số 12. Kim ngắn chỉ s.đ.đ dây thứ cấp đặt tương ứng ở các số 1, 2, ...12 tuỳ theo góc lệch pha giữa chúng là 30^0, 60^0 ..., 360^0.

Ví dụ:

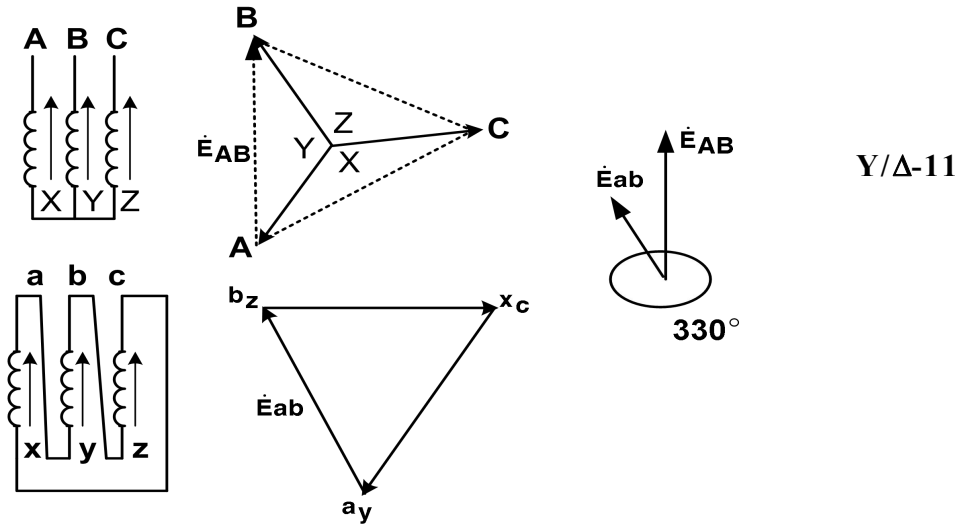
a. Tổ nối dây Y/Y:

Nếu đổi chiều quấn dây hay đổi kí hiệu đầu dây của dây quấn Y/Y-6 hoán



Y/Y-12

vị thứ tự các pha thứ cấp, ta sẽ có các tổ nối dây chẵn 2, 4, 8, 10.
b. Tổ nối dây Y/Δ:
Thay đổi chiều quấn dây hay thay đổi kí hiệu đầu dây của dây quấn dây Y/Δ-5



(Y/D-5). Hoán vị các pha thứ cấp ta có các tổ nối dây lẻ 1, 3, 7, 9.
Sản xuất nhiều mba có tổ nối dây khác nhau rất bất tiện khi chế tạo và sử dụng, vì thế trên thực tế chỉ sản xuất mba điện lực thuộc các tổ nối dây sau: mba 1 pha có tổ I/I-12; mba 3 pha có các tổ Y/Y_0-12 (hay Y/Y_n-0), Y/Δ-11 hay Y_0/Δ-11 (hay Y/ và Y_n/ -11).

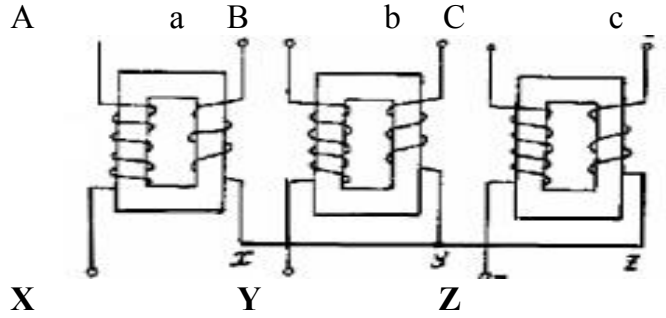
Phạm vi ứng dụng của chúng như bảng sau:

Tổ nối dây	Điện áp		Dung lượng mba (kVA)
	CA (kV)	HA (V)	
Y/Y_0-12	≤ 35	230 400	≤ 630 ≤ 250
Y/Δ-11	≤ 35	525 >525	≤2500 ≤6300
Y/Δ-11	≥110	≥3150	≥4000
Y_0/Δ-11	≥ 6,3	≥3300	≥10000

2.7 Mạch từ của máy biến áp
2.7.1 Các dạng mạch từ:
a. Máy biến áp một pha: có hai loại kết cấu mạch từ:
- Mạch từ kiểu lõi : Là MBA có dây quấn bọc các trụ lõi thép.
- Mạch từ kiểu bọc: Là MBA có mạch từ được phân nhánh ra hai bên và "bọc" lấy một phần dây quấn.

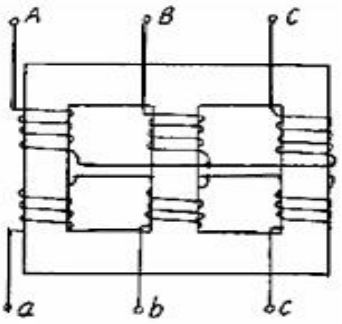
b. Máy biến áp 3 pha: Đối với máy biến áp ba pha, dựa vào sự không liên quan hay có liên quan của các mạch từ giữa các pha người ta chia ra: máy biến áp có hệ thống mạch từ riêng và máy biến áp có hệ thống mạch từ chung.

Hệ thống mạch từ riêng là hệ thống mạch từ trong đó từ thông của ba pha độc lập với nhau như ở trường hợp máy biến áp ba pha ghép từ 3 máy biến áp một pha gọi tắt là tổ máy biến áp ba pha (hình 2-26).



Hình 2-26. Tổ máy biến áp ba pha.

Hệ thống mạch từ chung là hệ thống mạch từ trong đó từ thông ba pha có liên quan với nhau như ở máy biến áp ba pha kiểu trụ – để phân biệt với loại trên ta gọi là máy biến áp ba pha ba trụ (hình 2-27).



Hình 2-27. Máy biến áp ba pha ba trụ.

Trên thực tế hiện nay, máy biến áp ba pha ba trụ được dùng phổ biến với các cỡ dung lượng nhỏ và trung bình vì loại này hình dáng gọn, nhỏ, ít tốn nhiên liệu và rẻ hơn. Còn loại tổ máy biến áp ba pha chỉ dùng cho các máy biến áp cỡ lớn (dung lượng từ 3 x 600 kVA trở lên), vì vậy có thể vận chuyển từng pha máy biến áp một cách dễ dàng và thuận lợi.

2.7.2 Những hiện tượng xuất hiện khi từ hóa lõi thép máy biến áp:

Khi từ hóa lõi thép máy biến áp, do mạch từ bão hòa sẽ làm xuất hiện những hiện tượng mà trong một số trường hợp những hiện tượng ấy có thể ảnh hưởng đến tình trạng làm việc của máy biến áp. Chúng ta hãy xét những ảnh hưởng đáng kể đó khi máy biến áp làm việc không tải, nghĩa là khi đặt vào dây quấn sơ cấp điện áp hình sin, còn dây quấn thứ cấp hở mạch.

a. Máy biến áp một pha: Điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp sẽ sinh ra dòng điện không tải i_0 chạy trong nó, dòng điện i_0 sinh ra từ thông Φ chạy trong lõi thép .

Nếu điện áp đặt vào biến thiên theo thời gian:

$$u = U_m \sin \omega t \qquad (2\text{-}10)$$

Bỏ qua điện áp rơi trên điện trở dây quấn, thì:

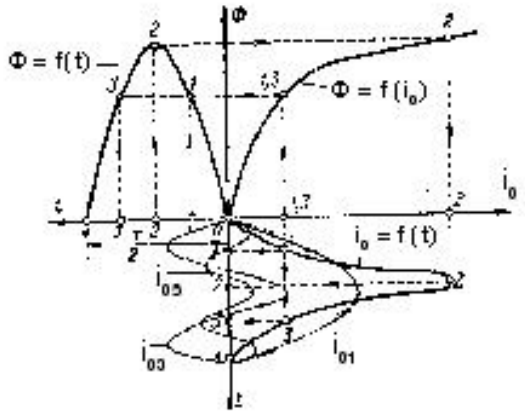
$$u = -e = w \frac{d\Phi}{dt} \qquad (2\text{-}11)$$

nghĩa là từ thông sinh ra cũng biến thiên hình sin theo thời gian:

$$\Phi = \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \qquad (2\text{-}12)$$

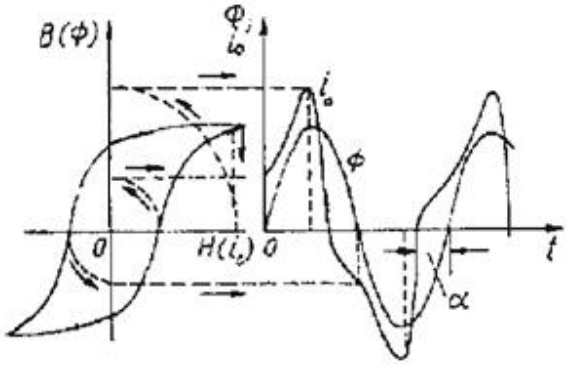
Trước tiên, nếu không kể đến tổn hao trong lõi thép thì dòng điện không tải i_0 thuần túy là dòng điện phản kháng dùng để từ hóa lõi thép $i_o = i_{ox}$. Do đó quan hệ $\Phi = f(i_0)$ cũng

chính là quan hệ từ hóa B = f(H). Theo cơ sở lý thuyết mạch ta đã biết, do hiện tượng bão hòa của lõi thép, nếu Φ là hình sin, i_0 sẽ không hình sin mà có dạng nhọn đầu và trùng pha với Φ, nghĩa là dòng điện i_0 ngoài thành phần sóng cơ bản i_{01}, còn có các thành phần sóng bậc cao: bậc 3 là i_{03}, bậc 5 là i_{05}, …, trong đó thành phần i_{03} lớn nhất và đáng kể hơn cả, còn các thành phần khác rất nhỏ, có thể bỏ qua. Ta có thể xem như chính thành phần bậc ba có tác dụng làm cho dòng điện từ hóa có dạng nhọn đầu. Cũng từ lý luận đó ta thấy, nếu mạch từ càng bão hòa thì i_0 càng nhọn đầu, nghĩa là thành phần i_{03} càng lớn.



Hình 2-28. Bỏ qua ảnh hưởng của từ trễ

Khi có kể đến tổn hao trong lõi thép thì quan hệ giữa $\Phi(t)$ và $\Phi(i_0)$ là quan hệ trễ B(H). Từ quan hệ $\Phi(t)$ và $\Phi(i_0)$ ta có thể vẽ được đường biểu diễn quan hệ $i_0(t)$ như ở hình 2-29.

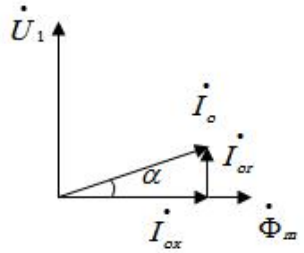


Hình 2-29. Ảnh hưởng của từ trễ đến đường cong dòng điện.

Đường cong $i_0(t)$ cho thấy nếu Φ là hình sin thì i_0 có dạng nhọn đầu nhưng vượt pha với Φ một góc α nào đó. Góc α lớn hay bé tùy theo mức độ chễ của B đối với H nhiều hay ít, nghĩa là tổn hao từ trễ trong lõi thép nhiều hay ít. Vì thế α được gọi là góc tổn hao từ trễ. Hình (2-32) biểu diễn vectơ dòng điện $\dot{I}_O$ và từ thông $\dot{\Phi}_m$ khi có kể đến tổn hao trong lõi thép. Cần chú ý, vì dòng điện i_0 là không sin nên trên đồ thị vectơ chỉ vẽ gần đúng với thành phần bậc 1 của i_0, hoặc là phải thay i_0 bằng một dòng điện hình sin đẳng trị có trị số hiệu dụng bằng trị số hiệu dụng của dòng điện i_0 thực. Ta thấy lúc này dòng điện không tải i_0 gồm hai thành phần: Thành phần phản kháng I_{ox} là dòng điện từ hóa lõi thép, tạo nên từ thông và cùng chiều với từ thông; thành phần tác dụng I_{or}, vuông góc với thành phần trên, là dòng điện gây nên tổn hao sắt từ trong lõi thép:

$$I_O = \sqrt{I_{or}^2 + I_{ox}^2} \qquad (2\text{-}13)$$

Trên thực tế $I_{or} < 10\% I_o$, nghĩa là góc thường rất bé, nên dòng điện I_{or} thực ra không ảnh hưởng đến dòng điện từ hóa bao nhiêu và như vậy ta coi $I_{ox} \approx I_o$.

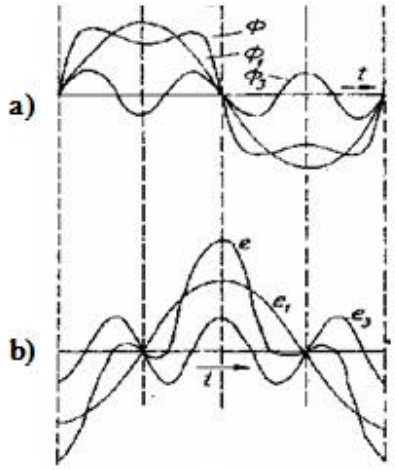


Hình 2-30. Dòng điện từ hóa với các thành phần của nó.

b. Máy biến áp ba pha: Khi không tải nếu xét từng pha riêng lẻ thì dòng điện bậc ba trong các pha trùng pha nhau về thời gian, nghĩa là tại mọi thời điểm chiều của dòng điện trong cả ba pha hoặc hướng từ đầu đến cuối dây quấn hoặc hướng ngược lại. Song chúng có tồn tại hay không và dạng sóng như thế nào còn phụ thuộc vào kết cấu mạch từ và cách đấu dây quấn.

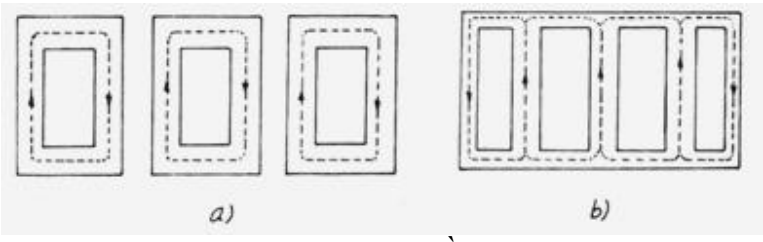
$$\begin{aligned} i_{o3A} &= I_{o3m}\sin 3\omega t, \\ i_{o3B} &= I_{o3m}\sin 3(\omega t - 120^0) = I_{o3m}\sin 3\omega t, \\ i_{o3C} &= I_{o3m}\sin 3(\omega t - 240^0) = I_{o3m}\sin 3\omega t. \end{aligned} \qquad (2\text{-}14)$$

Trường hợp máy biến áp nối Y/Y: Vì dây quấn sơ cấp nối Y nên thành phần dòng điện bậc ba không tồn tại, do đó dòng điện từ hóa i_o sẽ có dạng hình sin và từ thông do nó sinh ra sẽ có dạng vạt đầu (đường đậm nét trên hình 2-31a).



Hình 2-31. Đường biểu diễn từ thông a) và s.đ.đ b) của tổ mba ba pha nối Y/Y

Như vậy có thể xem từ thông tổng Φ gồm sóng cơ bản Φ_1 và các sóng điều hòa bậc cao Φ_3, Φ_5 , … Vì các thành phần điều hòa bậc cao hơn 3 rất nhỏ có thể bỏ qua do đó trên đồ thị hình 2-33a ta chỉ vẽ các từ thông Φ_1 và Φ_3. Đối với tổ máy biến áp ba pha, vì mạch từ của cả ba pha riêng rẽ, từ thông Φ_3 của cả ba pha cùng chiều tại mọi thời điểm sẽ dễ dàng khép kín trong từng lõi thép như từ thông Φ_1 (hình 2-32a).

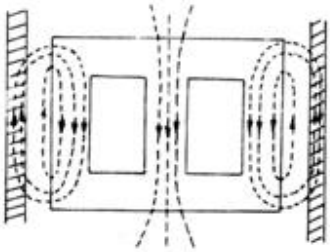


Hình 2-32. Từ thông điều hòa bậc ba.
a) Trong tổ máy biến áp ba pha; b) Trong máy biến áp ba pha năm trụ

Do từ trở của lõi thép rất bé, nên Φ_3 có trị số khá lớn, có thể đạt tới (15 ÷ 20)% Φ_1. Kết quả là trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp, ngòai sức điện động cơ bản e_1 do từ thông Φ_1 tạo ra và chậm sau Φ_1 một góc 90^0, còn có các sức điện động bậc ba e_3 khá lớn (có thể đạt đến trị số E_3 = (45 – 60)%E_1) do từ thông Φ_3 tạo ra và chậm sau Φ_3 một góc 90^0. Do đó sức điện động tổng trong pha $e = e_1 + e_3$ sẽ có dạng nhọn đầu hình (2-31b), nghĩa là biên độ của sức điện động pha tăng lên rõ rệt. Sự tăng vọt của sức điện động như vậy hoàn toàn không lợi và trong nhiều trường hợp rất nguy hiểm, như trọc thủng cách điện của dây quấn, làm hư hỏng thiết bị đo lường và nếu trung tính nối đất dòng điện bậc ba sẽ gây ảnh hưởng đến đường dây thông tin. Bởi những lý do đó, trên thực tế người ta **không dùng kiểu đấu Y/Y cho tổ máy biến áp ba pha**. Cũng cần nói thêm rằng, dù sức điện động pha có trị số và hình dáng biến đổi nhiều nhưng các sức điện động dây vẫn luôn luôn là hình sin, vì dây quấn nối Y thì sức điện động dây không có thành phần
bậc 3.

Những hiện tượng xuất hiện trong máy biến áp ba pha năm trụ (hình 2-34b) cũng tương tự như vậy, do đó những kết luận trên đây cũng được áp dụng cho loại biến áp này.

Đối với máy biến áp ba pha ba trụ, vì thuộc hệ thống mạch từ chung nên hiện tượng sẽ khác đi. Từ thông Φ_3 bằng nhau và cùng chiều trong ba trụ thép tại mọi thời điểm, nên chúng không thể khép mạch từ trụ này qua trụ khác được mà bị đẩy ra ngoài và khép mạch từ gông này đến gông kia qua không khí hoặc dầu là môi trường có từ trở lớn (hình 2-33).

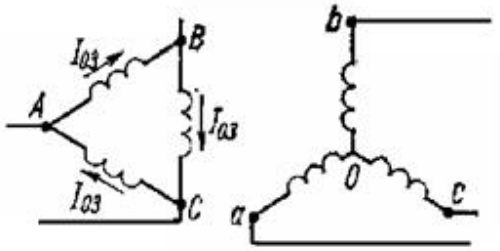


Hình 2-33. Từ thông điều hoà bậc ba trong máy biến áp ba pha ba trụ

Vì thế Φ_3 không lớn lắm và có thể xem từ thông trong mạch từ là hình sin, nghĩa là sức điện động pha thực tế là hình sin. Song cần chú ý rằng vì từ thông bậc 3 đập mạch với tần số 3f qua vách thùng, các bulông ghép… sẽ gây nên những tổn hao phụ làm hiệu suất của máy biến áp giảm xuống. Do đó phương pháp đấu Y/Y đối với máy biến áp ba pha ba trụ cũng chỉ áp dụng cho các máy biến áp với dung lượng hạn chế từ 6300 kVA trở xuống.

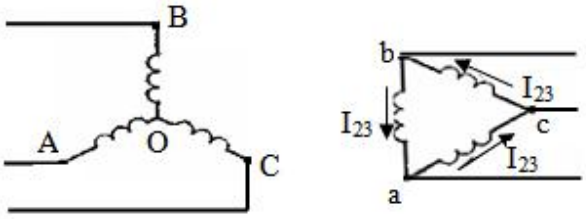
Trường hợp máy biến áp pha nối Δ/Y (hình 2-34): Dây quấn sơ cấp nối, nên dòng điện i_{o3} sẽ khép kín trong tam giác đó, như vậy dòng điện từ hóa vì có thành phần bậc 3 sẽ có dạng nhọn đầu. Cũng tương tự như máy biến áp một pha đã xét ở trên, từ thông tổng và các

sức điện động của dây quấn sơ cấp và thứ cấp có dạng hình sin. Do đó sẽ không có những hiện tượng bất lợi như trường hợp trên.



Hình 2-34. Dòng điện điều hòa bậc 3 trong dây quấn nối Δ/Y khi không tải.

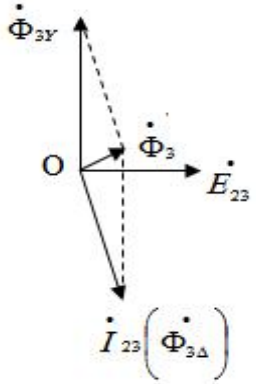
Trường hợp máy biến áp ba pha nối Y/Δ (hình 2-35):



Hình 2-35. Dòng điện điều hòa bậc 3 trong dây quấn nối Y/Δ khi không tải

Do dây quấn sơ cấp nới Y nên dòng điện từ hóa trong đó sẽ không có thành phần bậc 3, như vậy ta lại có kết luận như trường hợp a, từ thông sẽ có dạng vạt đầu, nghĩa là thành phần từ thông bậc 3 là $\dot{\Phi}_{3Y}$. Từ thông $\dot{\Phi}_{3Y}$ sẽ cảm ứng ra trong dây quấn thứ cấp sức điện động bậc 3 là $\dot{E}_{23}$ chậm sau $\dot{\Phi}_{3Y}$ một góc 90^0 (hình 2-38). Đến lượt $\dot{E}_{23}$ gây ra dòng điện bậc 3 trong mạch vòng thứ cấp nối tam giác $\dot{I}_{23}$. Vì điện kháng của dây quấn lớn nên có thể xem $\dot{I}_{23}$ chậm so với $\dot{E}_{23}$ một góc gần 90^0 (hình 2-38), rõ ràng $\dot{I}_{23}$ sẽ sinh ra từ thông cấp $\dot{\Phi}_{3\Delta}$ (coi gần trùng pha với $\dot{I}_{23}$) gần như ngược pha với $\dot{\Phi}_{3Y}$. Do đó từ thông tổng bậc 3 trong lõi thép $\dot{\Phi}_3 = \dot{\Phi}_{3Y} + \dot{\Phi}_{3\Delta}$ gần như bị triệt tiêu. Ảnh hưởng của từ thông bậc 3 trong mạch từ không đáng kể, sức điện động qua sẽ gần hình sin.

Tóm lại khi máy biến áp làm việc không tải, các cách đấu dây quấn Δ/Y hay Y/Δ đề tránh được tác hại của từ thông và sức điện động điều hòa bậc 3.



Hình 2 - 36. Tác dụng của dòng điện $\dot{I}_{23}$ khi dây quấn đấu Y/Δ

2.8 Quan hệ điện từ trong máy biến áp

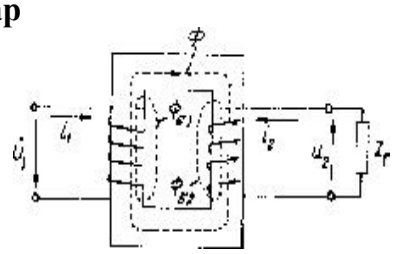
Trên hình 2.26 trình bày một máy biến áp một pha hai dây quấn trong đó dây quấn sơ cấp nối với nguồn có điện áp U_1 dây quấn thứ cấp nối với tải có tổng trở Z_t. Điện áp U_1 sinh ra dòng điện i_1 có chiều như hình vẽ. Theo qui tắc vặn nút chai, chiều từ thông Φ phù hợp với chiều i_1 chiều e_1 và e_2 phù hợp với chiều Φ nghĩa là e_1 và i_1 trùng chiều nhau. Chiều i_2 được chọn ngược với chiều e_2 nghĩa là chiều i_2 không phù hợp với chiều Φ theo qui tắc trên. Ngòai từ thông chính Φ chạy trong lõi thép còn có các từ thông tản chỉ móc vòng với dây quấn sơ cấp $\Phi_{\sigma 1}$ và $\Phi_{\sigma 2}$ chỉ móc vòng với dây quấn thứ cấp .

2.8.1. Các đặc tính làm việc ở tải đối xứng mba:

2.8.1.1. Các phương trình cơ bản của máy biến áp

a. Phương trình cân bằng s.đ.đ:

Ta xét 1 MBA 1 pha. Khi đặt vào dây quấn sơ cấp 1 điện áp xoay chiều U_1 thì trong đó sẽ có i_1 chạy. Nếu thứ cấp có tải thì trong dây quấn thứ cấp sẽ có i_2 chạy i_1 và i_2 tạo nên các s.t.đ $F_1 = i_1 w_1$; $F_2 = i_2 w_2$. S.t.đ F_1, F_2 sinh ra Φ móc vòng dây quấn 1 và 2, gây ra các s.đ.đ:



Hình 2.27 Mba một pha làm việc có tải

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_1}{dt}$$

$$e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_2}{dt}$$

Trong đó $\Psi_1 = w_1 \Phi$, $\Psi_2 = w_2 \Phi$ là từ thông móc vòng với dây quấn 1 và 2 ứng với từ thông chính Φ.

Còn 1 phần rất nhỏ từ thông do F_1, F_2 sinh ra bị tản ra ngoài lõi thép, khép kín mạch qua không khí hoặc dầu gọi là các từ thông tản $\Phi_{\sigma 1}$, $\Phi_{\sigma 2}$. $\Phi_{\sigma 1}$ do i_1 sinh ra chỉ móc vòng với dây quấn sơ cấp; $\Phi_{\sigma 2}$ do i_2 sinh ra chỉ móc vòng với dây quấn thứ cấp. Các từ thông tản cũng gây nên các s.đ.đ tản tương ứng:

$$e_{\sigma 1} = -w_1 \frac{d\Phi_{\sigma 1}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma 1}}{dt}$$

$$e_{\sigma 2} = -w_2 \frac{d\Phi_{\sigma 2}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma 2}}{dt}$$

Trong đó: $\Psi_{\sigma 1} = w_1 \Phi_{\sigma 1}$, $\Psi_{\sigma 2} = w_2 \Phi_{\sigma 2}$ là từ thông tản móc vòng với dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Vì các từ thông tản chủ yếu đi qua môi trường không từ tính, có độ từ thẩm $\mu = C^{te}$ (như dầu, không khí, đồng . . .). Nên có thể xem $\Psi_{\sigma 1}$, $\Psi_{\sigma 2}$ tỉ lệ với các dòng điện tương ứng sinh ra chúng qua các hệ số điện cảm tản $L_{\sigma 1}$, $L_{\sigma 2}$ là những hằng số: $\Psi_{\sigma 1} = L_{\sigma 1} i_1$

$$\Psi_{\sigma 2} = L_{\sigma 2} i_2$$

Do đó các S.đ.đ tản sơ và thứ cấp có thể viết:

$$e_{\sigma 1} = -L_{\sigma 1}\frac{di_1}{dt}$$

$$e_{\sigma 2} = -L_{\sigma 2}\frac{di_2}{dt}$$

Theo định luật Kirkhoff 2 ta có phương trình cân bằng s.đ.đ dây quấn sơ cấp:

$$U_1 + e_1 + e_{\sigma 1} = i_1 r_1$$

Có thể viết dưới dạng

$$U_1 = - e_1 - e_{\sigma 1} + i_1 r_1 \qquad (2\text{-}5)$$

Đối với dây quấn thứ cấp ta có:

$$e_2 + e_{\sigma 2} = U_2 + i_2 r_2 \quad \text{Hay} \quad U_2 = e_2 + e_{\sigma 2} - i_2 r_2 \qquad (2\text{-}6)$$

Nếu điện áp, S.đ.đ, dòng điện là những lượng xoay chiều biến thiên hình sin đối với thời gian thì (2-5) và (2-6) có thể biểu diễn dưới dạng phức sau:

Đối với dây quấn sơ: $\dot{U}_1 = \dot{E}_1 - \dot{E}_{\sigma 1} + i_1 r_1$ (2-7) Đối với dây quấn thứ: $\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{E}_{\sigma 2} - i_2 r_2$ (2-8)

Khi dòng điện biến thiên hình sin theo thời gian thì trị số tức thời của S.đ.đ tản sơ cấp được viết:

$$e_{\sigma 1} = -L_{\sigma 1}\frac{dI_{1m}\sin\omega t}{dt} = -I_{1m}.\omega L_{\sigma 1}\cos\omega t$$

$$= \sqrt{2}.I_1.X_1\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$= \sqrt{2}.e_{\sigma 1}.\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

Nghĩa là $e_{\sigma 1}$ cũng biến thiên hình sin theo thời gian và chậm pha so với i_1 góc 90^o do đó trị số hiệu dụng của nó có thể được biểu diễn dưới dạng số phức:

$$\dot{E}_{\sigma 1} = -j\dot{I}_1 x_1$$

Trong đó: $x_1 = \omega L_{\sigma 1}$ gọi là điện kháng tản của dây quấn sơ cấp

Tương tự ta có $\dot{E}_{\sigma 2} = -j\dot{I}_2 x_2$

Trong đó: $x_2 = \omega L_{\sigma 2}$ gọi là điện kháng tản của dây quấn thứ cấp

Thay các trị số $\dot{E}_{\sigma 1}$, $\dot{E}_{\sigma 2}$ vào (2-7), (2-8) ta có các phương trình cân bằng s.đ.đ sau:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j.\dot{I}_1.x_1 + \dot{I}_1.r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1(j.x_1 + r_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1.z_1$$

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 - j.\dot{I}_2.x_2 - \dot{I}_2.r_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2(j.x_2 + r_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2.z_2$$

Trong đó $z_1 = j.x_1 + r_1$; $z_2 = j.x_2 + r_2$: Tổng trở của dây quấn sơ và thứ cấp. Các thành phần $\dot{I}_1.z_1$; $\dot{I}_2.z_2$ gọi là điện áp rơi trên các dây quấn sơ và thứ cấp.

2.8.1.2. Phương trình cân bằng sức từ động:

Sức từ động chính là số ampe vòng để sinh ra Φ.

Khi có tải: tổng s.t.đ $F = i_1 w_1 + i_2 w_2$ sinh ra Φ.

Khi không tải s.t.đ $F_o = i_o w_1$ sinh ra Φ.

Nếu bỏ qua điện áp rơi thì có thể xem điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp bằng s.đ.đ cảm ứng trong nó do từ thông chính gây nên: $U_1 = E_1 = 4{,}44 f w_1 \Phi_m$. Coi công suất lưới điện là vô

cùng lớn $U_1 = C^{te}$ dù có tải hay không tải nên E_1 ,$\Phi_m = C^{te}$. Từ đó ta có phương trình cân bằng s.t.đ: $i_1w_1 + i_2w_2 = i_ow_1$

Viết dưới dạng số phức (Khi I = f(t) là hình sin) $\dot{I}_1w_1 + \dot{I}_2w_2 = \dot{I}_0w_1$

Chia 2 vế của phương trình cho w_1 ta có:

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2\frac{w_2}{w_1} = \dot{I}_0$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2\frac{w_2}{w_1})$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \qquad (2\text{-}9)$$

Từ biểu thức (2-9) ta nhận thấy: lúc máy biến áp có tải, dòng điện trong dây quấn sơ cấp I_1 như gồm 2 thành phần. Một thành phần là I_o dùng để tạo nên từ thông chính trong lõi thép và 1 thành phần là $-I'_2$ dùng dể bù lại tác dụng của dòng điện thứ cấp. Do đó khi tải tăng, tức dòng điện thứ cấp I_2 tăng thì thành phần $-I'_2$ cũng tăng nghĩa là I_1 tăng để giữ sao cho I_o đảm bảo sinh ra $\Phi_m = C^{te}$.

2.8.2. Mạch điện thay thế của máy biến áp

Để tiện lợi cho việc nghiên cứu, tính toán máy biến áp người ta thay các mạch điện và mạch từ của máy biến áp bằng một mạch điện tương đương gồm các điện trở và điện kháng đặc trưng cho máy biến áp gọi là mạch điện thay thế của máy biến áp. Để có thể nối trực tiếp mạch sơ cấp và thứ cấp với nhau thành một mạch điện, các dây quấn sơ và thứ cấp phải có cùng một điện áp. Trên thực tế điện áp các dây quấn đó lại khác nhau (U_1 khác U_2). Vì vậy phải qui đổi một trong hai dây quấn về dây quấn kia để cho chúng có cùng chung một cấp điện áp. Muốn vậy hai dây quấn phải có số vòng dây như nhau. Thường người ta qui đổi dây quấn thứ cấp về dây quấn sơ cấp, nghĩa là coi như dây quấn thứ cấp cũng có số vòng dây bằng số vòng dây quấn sơ cấp ($w_2 = w_1$). Việc qui đổi chỉ thuận lợi cho việc tính toán chứ tuyệt nhiên không được làm thay đổi các quá trình vật lý và năng lượng xảy ra trong máy biến áp.

2.8.2.1. Qui đổi máy biến áp:

Trước tiên tất cả các lượng qui đổi từ thứ cấp về sơ cấp được gọi là những lượng qui đổi và được kí hiệu thêm một dấu phẩy ở trên đầu.

Thí dụ sức điện động thứ cấp qui đổi E'_2.

α) S.đ.đ và điện áp thứ cấp qui đổi E'2 và U'2:

Do qui đổi dây quấn thứ cấp về dây quấn sơ cấp $w_2 = w_1$ nên $E'_2 = E_1$.

Ta đã biết:

$$k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{E_1}{E_2} \qquad \text{nên} \qquad E_1 = \frac{w_1}{w_2}E_2$$

$$E'_2 = \frac{w_1}{w_2}E_2 = k.E_2$$

Tương tự ta có: $U'_2 = k.U_2$.

β) Dòng điện thứ cấp qui đổi I'2:

Việc qui đổi phải đảm bảo cho P = C^{te} trước và sau khi qui đổi, nghĩa là:

$$E_2 I_2 = E_2' I_2' \quad I_2' = \frac{E_2}{E_2'} I_2 = \frac{1}{k} I_2$$

γ) Điện trở, điện kháng, tổng trở thứ cấp qui đổi r'2, x'2, z'2:

Khi qui đổi P = C^{te} nên tổn hao đồng trong dây quấn thứ cấp trước và sau khi qui đổi phải bằng nhau, nghĩa là: $I_2^2 r_2 = \left(I_2'\right)^2 r_2' \; r_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 .r_2 = k^2 .r_2$

Tương tự có điện kháng thứ cấp qui đổi

$$x_2' = k^2 .x_2$$

Tổng trở thứ cấp qui đổi

$$Z_2' = r_2' + jx_2' = k^2 (r_2 + jx_2)$$

Tổng trở của phụ tải qui đổi $z_t' = k^2 .z_t$

$z_t = r_t + j.x_t$: Tổng trở tải lúc chưa qui đổi.

θ) Các phương trình qui đổi:

Thay các lượng qui đổi vào các phương trình cân bằng s.đ.đ và s.t.đ ở trên ta có hệ thống các phương trình đó viết dưới dạng qui đổi:

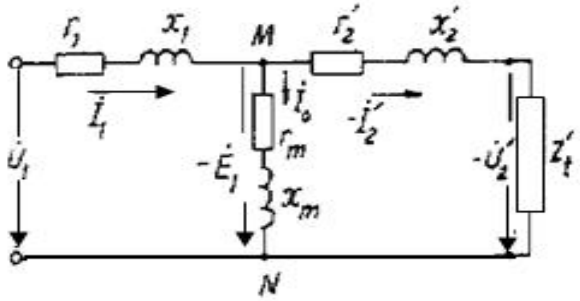
$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 . z_1$

$\dot{U}_2' = -\dot{E}_2' + \dot{I}' z_2'$

$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2'$

2.8.2.2. Mạch điện thay thế của máy biến áp:

Dựa vào các phương trình s.đ.đ và s.t.đ dưới dạng qui đổi, ta có thể suy ra một mạch điện tương ứng gọi là mạch điện thay thế của máy biến áp:

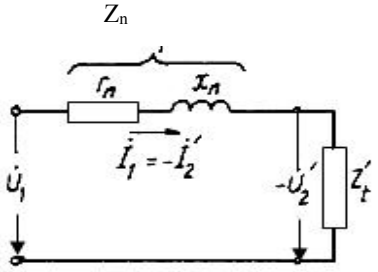


Hình 2.28 Mạch điện thay thế hình T của MBA

Với $z_m = r_m + jx_m$: tổng trở từ hóa.

2.8.2.3. Mạch điện thay thế đơn giản:

Trong thực tế $z_m >> z_1$ và z'_2 ; $z_m = 10 \div 50$ còn $z_{1*} >> z'_{2*} = 0{,}025 \div 0{,}01$ nên có thể coi $z_m = \infty$. Nghĩa là coi $I_o = 0$, do đó $I_1 = - I'_2$. Như vậy máy biến áp có thể được thay thế bằng 1 mạch điện rất đơn giản sau:



Hình 2-43. Mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp.

Với: $z_n = r_n + jx_n$: Tổng trở ngắn mạch.

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

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

2.8.3. Đồ thị véc tơ của máy biến áp

Để thấy rõ quan hệ về trị số và góc lệch pha giữa các lượng vật lí trong máy biến áp như Φ, e, I, . Đồng thời để thấy rõ sự biến thiên của các lượng vật lí đó ở những chế độ làm việc khác nhau ta vẽ đồ thị véc tơ của máy biến áp.

a. Đồ thị véc tơ của máy biến áp trong trường hợp tải có tính chất điện cảm:

Dựa vào các phương trình cân bằng s.đ.đ và s.t.đ để vẽ:

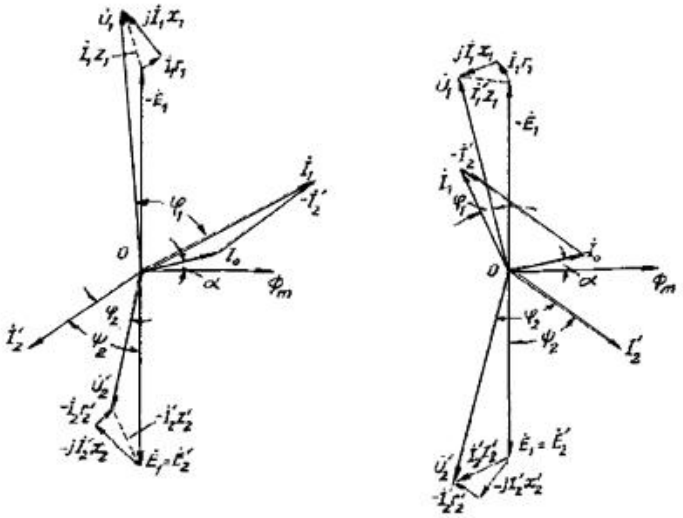
$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1(r_1 + jx_1)$$

$$\dot{U}_2^{/} = \dot{E}_2^{/} - \dot{I}_2^{/}(r_2^{/} + j.x_2^{/}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2^{/}$$

Đặt véctơ từ thông Φ_m theo chiều dương trục hoành, dòng điện không tải I_0 sinh ra Φ_m vượt trước một góc . Các s.đ.đ E_1 và $E^{/}_2$ do Φ_m sinh ra chậm sau nó 1 góc 90^0. Vì tải có tính chất điện cảm, dòng điện $I^{/}_2$ chậm sau $E^{/}_2$ một góc Ψ_2 quyết định bởi điện kháng và điện trở của tải và dây quấn thứ cấp:

$$\psi_2 = \text{arctg}\frac{x_2^{/} + x_t^{/}}{r_2^{/} + r_t^{/}}$$



Hình 2-30. Đồ thị vectơ của máy biến áp.
a) lúc tải có tính chất điện cảm; b) lúc tải có tính chất điện dung

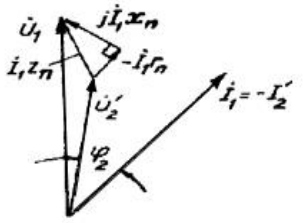
b. Đồ thị véc tơ của máy biến áp trong trường hợp tải có tính chất điện dung:

Vẽ trên hình 2-30b, các vẽ không có gì khác với trường hợp trên. Lưu ý là khi tải có tính dung I'_2 vượt trước E'_2 một góc y_2 và I'_2 vượt trước U'_2 một góc j_2 .

c. Đồ thị vectơ của mba ứng với giản đồ thay thế đơn giản có tính chất điện cảm:

Từ giản đồ thay thế đơn giản ta có:

$\dot{U}_1 = -\dot{U}'_2 + \dot{I}_1.z_n = -\dot{U}'_2 + \dot{I}_1(r_n + jx_n)$ Ta vẽ đồ thị như hình 2.31.

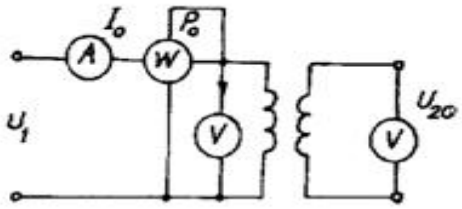


Hình 2-31. Đồ thị vectơ của máy biến áp ứng với giản đồ thay thế đơn giản lúc tải có tính chất cảm.

2.8.4. Cách xác định các tham số của máy biến áp:

a. Thí nghiệm không tải:

Sơ đồ thí nghiệm như hình 2.32.



Hình 2-32. Sơ đồ thí nghiệm không tải của máy biến áp một pha.

Đặt điện áp hình sin vào điện áp sơ cấp với $U_1 = U_{1đm}$, hở mạch dây quấn thứ cấp. Nhờ vônmét, ampemét, óatmét sẽ đo được điện áp sơ cấp U_1, thứ cấp U_{20}, dòng điện I_0 và công suất P_0 lúc không tải.

Từ các số liệu thí nghiệm ta xác định được tổng trở, điện trở và điện kháng máy biến áp lúc không tải:

$$z_0 = \frac{U_1}{I_0}$$

$$r_0 = \frac{P_0}{I_0^2} \qquad (2\text{-}10)$$

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2}$$

Ngoài ra còn xác định được tỉ số biến đổi của máy biến áp:

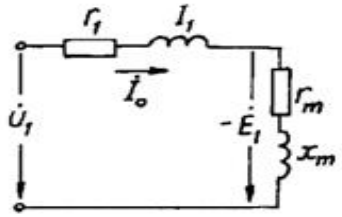
$$k = \frac{w_1}{w_2} \approx \frac{U_1}{U_{20}} \qquad (2\text{-}11)$$

Và hệ số công suất lúc không tải:

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_1 I_0} \qquad (2\text{-}12)$$

Lúc máy biến áp không tải, tức $\dot{I}_2 = 0$, mạch điện thay thế của máy biến áp có dạng như

(hình 2- 47).



Hình 2-33. Mạch điện thay thế của máy biến áp lúc không tải.

Như vậy các tham số không tải z_0, r_0 và x_0 chính là:

$$\begin{aligned} z_0 &= |Z_1 + Z_m| \\ r_0 &= r_1 + r_m \\ x_0 &= x_1 + x_m \end{aligned} \qquad (2\text{-}13)$$

Trong các máy biến áp điện lực thường r_1 và x_1 nhỏ hơn rất nhiều so với r_m và x_m nên có thể xem tổng trở, điện trở và điện kháng không tải bằng các tham số từ hóa tương ứng

$$z_0 \approx z_m ; r_0 \approx r_m ; x_0 \approx x_m \qquad (2\text{-}14)$$

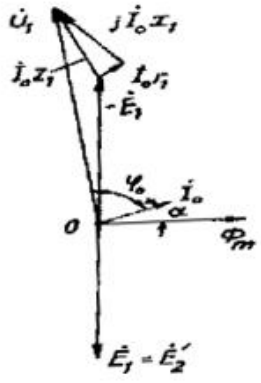
Cũng vì lý do đó, công suất lúc không tải P_0, thực tế có thể xem là tổn hao sắt p_{Fe} do từ trễ và dòng điện xóay trong lõi thép gây nên: $P_0 = \Delta p_{Fe}$

Vì điện áp sơ cấp đặt vào không thay đổi, nên Φ, B không thay đổi, nghĩa là tổn hao sắt, tức tổn hao không tải không thay đổi.

Khi không tải ta có hệ các phương trình:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 Z_1 \\ &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 (r_1 + jx_1) \\ \dot{U}_{20} &= \dot{E}_2' \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 \end{aligned} \qquad (2\text{-}15)$$

Do đó đồ thị vectơ tương ứng có dạng như vẽ ở hình (2-34).

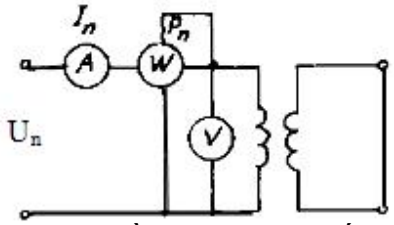


Hình 2-34. Đồ thị vectơ của máy biến áp không tải.

Từ đồ thị vectơ ta thấy, góc giữa $\dot{U}_1$ và $\dot{I}_0$ là $\varphi_0 \approx 90^0$, nghĩa là hệ số công suất lúc không tải rất thấp, thường $\cos\varphi_0 \le 0{,}1$. Điều này có ý nghĩa thực tế lớn là không nên để máy biến áp vận hành không tải hoặc non tải, vì lúc đó sẽ làm xấu hệ số công suất của lưới điện.

b. Thí nghiệm ngắn mạch:

Sơ đồ thí nghiệm như ở hình (2- 35), trong đó dây quấn thứ cấp bị nối ngắn mạch và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp phải được hạ thấp sao cho dòng điện trong đó bằng dòng điện định mức.



Hình 2-35. Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp một pha.

Cũng như thí nghiệm không tải, từ các số liệu thí nghiệm ngắn mạch U_n, I_n và P_n đo được, ta xác định các tham số ngắn mạch của máy biến áp:

$$z_n = \frac{U_n}{I_n}$$

$$r_n = \frac{P_n}{I_n^2} \qquad (2\text{-}16)$$

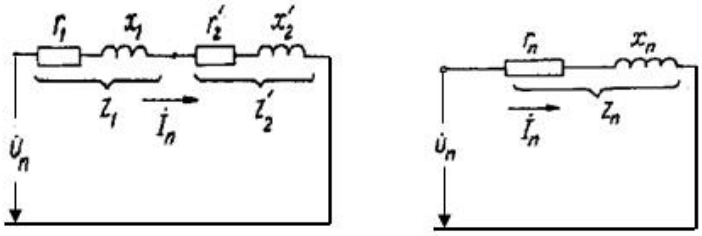
$$x_n = \sqrt{z_n^2 - r_n^2}$$

Vì lúc ngắn mạch, điện áp đặt vào rất nhỏ, nên từ thông chính lúc ngắn mạch rất nhỏ, nghĩa là dòng điện từ hóa trong trường hợp này cũng rất nhỏ. Do đó, mạch điện thay thế của máy biến áp có thể xem như hở mạch từ hóa và còn lại một mạch nối tiếp của hai tổng trở sơ cấp và thứ cấp (hình 2-36a), hay đơn giản ta thay bằng một tổng trở đẳng trị (hình 2-36b) gọi là tổng trở ngắn mạch của máy biến áp.

$$Z_n = Z_1 + Z_2'$$

$$r_n = r_1 + r_2' \qquad (2\text{-}17)$$

$$x_n = x_1 + x_2'$$



Hình 2- 36. Mạch điện thay thế của máy biến áp lúc ngắn mạch.

Vì lý do dòng điện i_0 rất nhỏ nên ta xem rằng công suất lúc ngắn mạch là công suất dùng để bù vào tổn hao đồng trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp:

$$P_n = \Delta p_{Cu1} + \Delta p_{Cu2} = I_{1n}^2 r_1 + I_2'^2 r_2' = I_{1n}^2 (r_1 + r_2') = I_{1n}^2 r_n \qquad (2\text{-}18)$$

Từ mạch điện thay thế lúc ngắn mạch (hình 2-50b) ta thấy rõ, điện áp đặt vào lúc ngắn mạch hoàn toàn cân bằng với điện áp rơi trong máy biến áp, hay nói cách khác, điện áp ngắn mạch gồm hai thành phần:

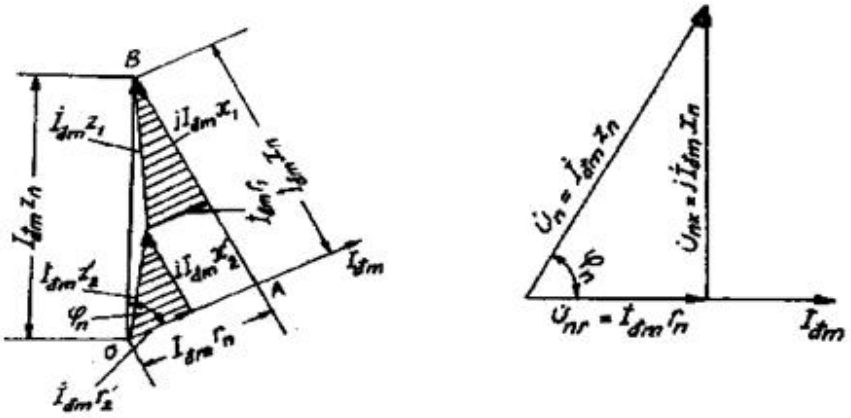
- Thành phần tác dụng:

  $U_{nr} = I_1 r_n$ là điện áp rơi trên điện trở.

- Thành phần phản kháng:

  $U_{nx} = I_1 x_n$ là điện áp rơi trên điện kháng.

Đồ thị vectơ của máy biến áp ngắn mạch với $I_n = I_{đm}$ vẽ trên hình (2-37).



a) b)

Hình 2 - 37. a) Đồ thị vectơ của máy biến áp ngắn mạch.
b) Tam giác điện áp ngắn mạch

Tam giác OAB gọi là tam giác điện áp ngắn mạch, cạnh huyền biểu thị điện áp ngắn mạch toàn phần U_n, các cạnh góc vuông chính là điện áp rơi trên điện trở và điện kháng:

$$U_{nr} = U_n \cos\varphi_n$$
$$U_{nx} = U_n \sin\varphi_n \qquad (2\text{-}19)$$

Như vậy điện áp ngắn mạch có thể xem như đại lượng đặc trưng cho điện trở và điện kháng tản của dây quấn máy biến áp. Trong các máy biến áp điện lực, điện áp ngắn mạch được ghi trên nhãn máy và thường được biểu diễn bằng tỉ lệ phần trăm so với điện áp định mức:

$$u_n\% = \frac{U_n}{U_{đm}}.100 = \frac{I_{đm}.z_n}{U_{đm}}.100 \qquad (2\text{-}20)$$

Và các thành phần điện áp ngắn mạch là:

$$u_{nr}\% = \frac{U_{nr}}{U_{đm}}.100 = \frac{I_{đm}.r_n}{U_{đm}}.100 \qquad (2\text{-}21)$$

$$u_{nx}\% = \frac{U_{nx}}{U_{đm}}.100 = \frac{I_{đm}.x_n}{U_{đm}}.100 \qquad (2\text{-}22)$$

Thành phần điện áp ngắn mạch tác dụng cũng có thể tính như sau:

$$u_{nr}\% = \frac{I_{đm}.r_n}{U_{đm}}.\frac{I_{đm}}{I_{đm}}.100 = \frac{I_{đm}^2.r_n}{S_{đm}}.100 = \frac{P_n(W)}{10S_{đm}(kVA)} \qquad (2\text{-}23)$$

Chú ý: Ngắn mạch ở trên là do ta tiến hành thí nghiệm với điện áp đặt vào rất nhỏ để cho $I_n = I_{đm}$, thường gọi là ngắn mạch thí nghiệm. Trường hợp máy biến áp đang làm việc với điện áp sơ cấp định mức, nếu thứ cấp xảy ra ngắn mạch thì ta gọi là ngắn mạch vận hành hay ngắn mạch sự cố.

Lúc này toàn bộ điện áp định mức đặt lên tổng trở ngắn mạch rất nhỏ của máy biến áp, nên dòng điện ngắn mạch sự cố sẽ rất lớn:

$$I_n = \frac{U_{đm}}{z_n} = \frac{I_{đm}}{u_n\%}.100 \qquad (2\text{-}24)$$

Ví dụ:

Cho một máy biến áp ba pha có các số liệu sau đây: $S_{đm}$ = 5600 kVA; U1/U2 = 35000/66000 V; I_1/I_2 = 92,5/49 A; P_0 = 18,5 kW; $i_0 = 4,5\%I_{đm}$; U_n = 7,5%; P_n = 57 kW; f = 50 Hz; Y/Δ-11.

Hãy xác định:

a. Các tham số lúc không tải z_0, r_0 và x_0.

b. Các tham số ngắn mạch z_n, r_n, x_n và các thành phần của điện áp ngắn mạch.

Giải

a. Các tham số lúc không tải:

Điện áp pha sơ cấp:

$$U_{1f} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{35000}{\sqrt{3}} = 20208V$$

Dòng điện pha không tải:

$$I_{0f} = 0,045I = 0,045.\ 92,5 = 4,16A.$$

Các tham số không tải:

$$z_0 = \frac{U_{1f}}{I_{0f}} = \frac{20200}{4,16} = 4857,6$$

$$r_0 = \frac{P_0}{3I_{0f}} = \frac{18500}{3.4,16^2} = 356\Omega$$

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} = \sqrt{4850^2 - 356^2} = 4844,5\Omega$$

b. Các tham số ngắn mạch:

Điện áp pha ngắn mạch tính từ phía sơ cấp:

$$U_{1n} = U_{1f}.\ u_n = 20200\ .\ 0,075 = 1520V.$$

Các tham số ngắn mạch:

$$z_n = \frac{U_{1n}}{I_{1f}} = \frac{1520}{92,5} = 16,4\Omega$$

$$r_n = \frac{P_n}{3I_{1f}^2} = \frac{57000}{3.92,5^2} = 1,8\Omega$$

$$x_n = \sqrt{z_n^2 - r_n^2} = \sqrt{16,4^2 - 2,22^2} = 16,249\Omega$$

Các thành phần của điện áp ngắn mạch:

$$u_{nr}\% = \frac{I_{1f} r_n}{U_{1f}} \cdot 100 = \frac{92,5.2,22}{20208} \cdot 100 = 1,01$$

$$u_{nx}\% = \frac{I_{1f} x_n}{U_{1f}} \cdot 100 = \frac{92,5.16,3}{20208} \cdot 100 = 7,45$$

2.9 Chế độ làm việc ở tải đối xứng của máy biến áp.

2.9.1 Giản đồ năng lượng của máy biến áp

Trong quá trình truyền năng lượng qua máy biến áp 1 phần công suất tác dụng và công suất phản kháng bị tiêu hao trong máy. Ta xét sự cân bằng giữa chúng từ mạch điện thay thế máy biến áp..

Gọi $P_1 = U_1 I_1 \cos\varphi_1$ là công suất đưa vào 1 pha của máy biến áp. Một phần công suất này bị tiêu hao trên điện trở của dây quấn sơ cấp và trong lõi thép:

$$P_{cu1} = r_1 I_1^2; \qquad P_{Fe} = r_m I_0^2$$

Phần còn lại là công suất điện từ truyền qua phía thứ cấp. Ta có:

$$P_{đt} = P_t - P_{cu1} - P_{Fe} = E_2' I_2' \cos\ _2$$

Công suất đầu ra P_2 của mba sẽ nhỏ hơn công suất điện từ một lượng bằng tổn hao trên điện trở của dây quấn thứ cấp:

$$P_{cu2} = r_2 I_2^2$$

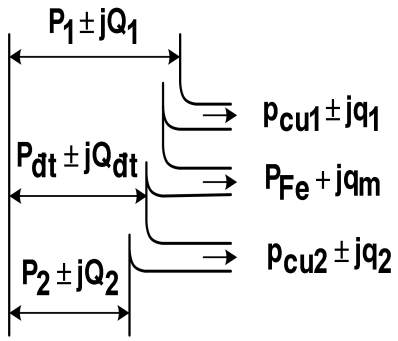
$$P_2 = P_{đt} - P_{cu2} = U_2 I_2 \cos\ _2$$

Tương tự: ta có công suất phản kháng đầu vào:

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

Q_1 tiêu hao đi 1 phần để tạo ra từ trường tản của dây quấn sơ cấp: $q_1 = x_1 I_1^2$ và từ trường trong lõi thép $q_m = x_m I_0^2$ còn lại đưa sang phía thứ cấp:

$$Q_{đt} = Q_1 - q_1 - q_m = E_2' I_2 \sin\varphi_2$$



Hình 2.38. Giản đồ năng lương của mba

Công suất phản kháng đầu ra bằng: $Q_2 = Q_{ñt} - q_1 - q_m = U_2 I_2 \sin\varphi_2$

Với $q_2 = x_2 I_2^2$ là công suất để tạo ra từ trường tản của dây quấn thứ cấp.

Khi tải có tính chất điện cảm ($\varphi_2 > 0$), $Q_2 > 0$ lúc đó $Q_1 > 0$ và công suất phản kháng Q được truyền từ phía sơ cấp sang thứ cấp.

Khi tải có tính chất điện dung ($\varphi_2 < 0$), $Q_2 < 0$ công phản kháng truyền theo chiều ngược lại từ phía thứ cấp sang phía sơ cấp nếu $Q_1 < 0$, hoặc toàn bộ công suất phảnkháng Q từ phía thứ cấp và sơ cấp đều dùng để từ hóa mba nếu $Q_1 > 0$.

Sư cân bằng công suất tác dụng và công suất phản kháng biểu thị ở *hình 2.38.*

2.9.2. Độ thay đổi điện áp của máy biến áp và cách điều chỉnh điện áp:

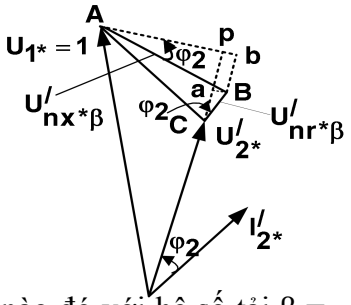
a. Độ thay đổi điện áp của máy biến áp:

Khi máy biến áp làm việc, điện áp đầu ra U_2 thay đổi theo trị số và tính chất của điện cảm hoặc điện dung của dòng tải I_2, do có điện áp rơi trên các dây quấn sơ cấp và thứ cấp. Hiệu số hiệu số giữa các trị số của điện áp thứ cấp lúc không tải U_{20} và lúc có tải U_2 trong

điều kiện $U_{1đm}$ không thay đổi gọi là độ thay đổi điện áp ΔU của máy biến áp. Trong đơn vị tương đối ta có:

$$\Delta U = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{U'_{20} - U'_2}{U'_{20}} = \frac{U_{1\ m} - U'_2}{U_{1\ m}}$$

Để xác định ΔU bằng phương pháp hình học, vì các cạnh tam giác điện kháng rất nhỏ so với U_1, U_2 nên phương pháp này không chính xác. Người ta thường sử dụng phương pháp giải tích:



Hình 2.39 Xác định ΔU của

Giả sử mba làm việc ở tải nào đó với hệ số tải $\beta = \frac{I_2}{I_{2\ m}}$ và hệ số công suất $\cos\varphi_2$ biết trước như đồ thị vectơ *(Hình 3.39)*.

Khi đó các cạnh tam giác điện kháng ABC có trị số:

$$BC = \frac{I'_2.r_n}{U_{1\ m}} = \frac{I'_{2\ m}.r_n.I'_2}{U_{1\ m}.I'_{2\ m}} = u_{nr*}.\beta$$

$$AB = \frac{I'_2.x_n}{U_{1\ m}} = \frac{I'_{2\ m}.x_n.I'_2}{U_{1\ m}.I'_{2\ m}} = u_{nr*}.\beta$$

Hạ đường vuông góc AP xuống U'_2 và gọi AP = n, CP = m ta có:

$U'_{2*} = \sqrt{1-n^2} - m \approx 1 - \frac{n^2}{2} - m$; Do đó:

$$\Delta U_* = 1 - U'_{2*} = m + \frac{n^2}{2}$$

Theo *(hình 3.24):*

$$m = Ca + aP = \beta(u_{nr*}\cos\varphi_2 + u_{nr*}\sin\varphi_2)$$
$$n = Ab - bP = \beta(u_{nr*}\cos\varphi_2 - u_{nr*}\sin\varphi_2)$$

Suy ra:

$$\Delta U_* \approx \beta.(u_{nr*}\cos\varphi_2 + u_{nr*}\sin\varphi_2) + \frac{\beta^2}{2}.(u_{nr*}\cos\varphi_2 - u_{nr*}\sin\varphi_2)$$
$$\approx \beta.(u_{nr*}\cos\varphi_2 + u_{nr*}\sin\varphi_2) \qquad (2\text{-}10)$$

Muốn biểu thị ΔU theo phần trăm $\Delta U_{1đm}$ ta nhân 2 vế (2-10) với 100. Vì

$$\Delta U_* = \frac{\Delta u\%}{100} \quad ; \quad u_{nr*} = \frac{U_{nr}\%}{100} \quad ; \quad u_{nx*} = \frac{U_{nx}\%}{100}$$

Biểu thức (2-10) viết dưới dạng khác:

$$\Delta U\% = \beta(U_{nr}\%.\cos\varphi_2 + U_{nx}\%.\sin\varphi_2) \quad (2-25)$$

Trong đó: $U_{nr}\%$, $U_{nx}\%$ đã biết do cấu tạo của mba nên ΔU% phụ thuộc vào hệ số tải và tính chất cuả tải.

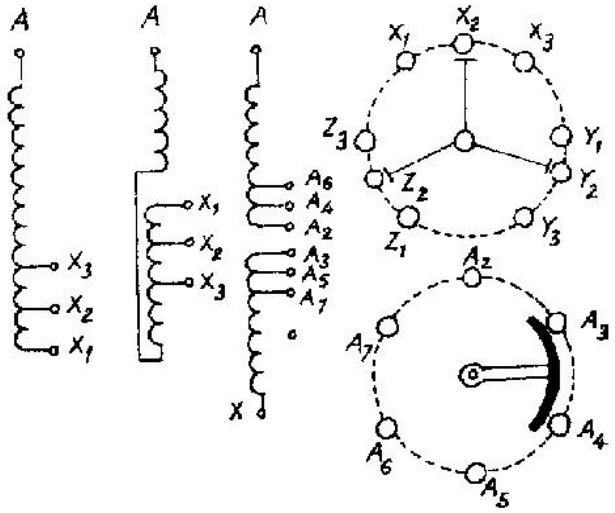
$$\Delta U = f(\beta) \text{ khi } \cos\varphi_2 = C^{te} \text{ và } \Delta U = f(\cos\varphi_2) \text{ khi } \beta = C^{te}$$

Quan hệ ΔU = f(β) khi $\cos\varphi_2 = C^{te}$. Ta thấy độ sụt áp phụ thuộc vào tính chất tải.

b. Cách điều chỉnh điện áp:

Để giữ cho điện áp U_2 không đổi khi mba làm việc với các tải khác nhau thì phải điều chỉnh điện áp bằng cách thay đổi số vòng dây, tức thay đổi tỉ số biến đổi $k = \frac{w_1}{w_2}$. Muốn vậy, ở giữa hoặc cuối dây quấn CA người ta đưa ra một số đầu dây ứng với các vòng dây khác nhau. *(H2.40).*

Hình 2.40 Các kiểu điều chỉnh điện áp



Trong thực tế người ta có thể dùng 2 cách để điều chỉnh điện áp:

a. Biến áp với thay đổi số vòng dây ở trạng thái ngắn mạch.

b. Biến áp với điều chỉnh điện áp khi có tải: chủ yếu được sản xuất ở Nga thường được tính toán để điều chỉnh điện áp trong phạm vi 10% qua từng 1%.

2.9.3 Hiệu suất của máy biến áp:

Hiệu suất η của máy biến áp là tỉ số giữa công suất đấu ra P_2 và công suất đầu vào P_1:

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

$\sum P = P_{cu1} + P_{cu2} + P_{Fe}$: Tổng tổn hao của máy biến áp.

$$\% = (1 - \frac{\sum P}{P_1}).100 = (1 - \frac{P_{cu} + P_{Fe}}{P_2 + P_{cu} + P_{Fe}}).100.$$

- Khi thiết kế mba có thể tính toán các tổn hao trên và xác định hiệu suất η bằng tính toán.
- Lúc vận hành hiệu suất η của mba làm việc ở tải có I_2 và $\cos\varphi_2$ cho biết có thể tính gián tiếp. Ở tải ứng với I_2, cosφ2 ta có công suất đầu ra $P_2 = U_2 I_2 \cos\varphi_2$:

Đặt: $\frac{I_2}{I_{2đm}} = \beta$ là hệ số tải, và coi $U_{2đm} \approx U_2$

Vì $U_{2đm} \approx U_{20}$, nên $S_{đm} = U_{20} I_{2đm} \approx U_2 I_{2đm}$

Do đó: $P_2 \approx \beta S_{đm} \cos\varphi_2$

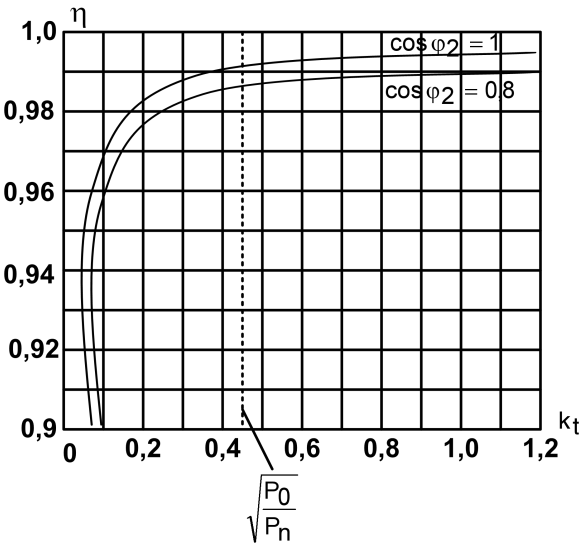
Việc xác định P_{cu} và P_{Fe} cũng có tính chất giả định:

+ Tổn hao sắt từ P_{Fe} không phụ thuộc vào tải và bằng tổn hao không tải $P_0 (P_{Fe} = P_0)$ và trên thực tế $U_1 = C^{te}$ khi tải thay đổi, từ thông Φ trong lõi thép thay đổi rất ít.

+ Tổn hao đồng phụ thuộc I_2 và bằng $P_{cu} = r_n I_2^2$. Tổn hao này có thể biểu thị theo tổn hao ngắn mạch $P_n = r_n I_{2đm}^2$ như sau;

$$P_{cu} = r_n I_2^2 = r_n I_{2ñm}^2 (\frac{I_2}{I_{2ñm}})^2 = \beta P_n$$

Như vậy công thức có thể viết như sau:



Hình 2.33. Đường đặc tính hiệu suất

$$n\% = (1 - \frac{P_0 + \beta^2 . P_n}{\beta . S_{đm} . \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 . P_n}).100 \quad (2\text{-}26)$$

Nếu $\cos\varphi_2 = C^{te}$ thì η chỉ phụ thuộc vào $\beta . \eta = f(\beta)$ có trị số cực đại ở tải nào đó ứng với điều kiện: $\frac{d\eta}{d\beta} = 0$. Sau khi tính toán ta được $\beta = \sqrt{P_{0/P}}$ hay $P_0 = \beta^2 P_n$

Ví dụ

Cho một máy biến áp ba pha có các số liệu sau đây: $S_{đm}$ = 5600 kVA; U_1/U_2 = 35000/6600 V; I_1/I_2 = 92,5/490 A; P_0 = 18,5 kW; i_0 = 4,5%; u_n = 7,5%; P_n = 57 kW; f = 50 Hz; Y/Δ-11. Hãy tính:

a. Độ thay đổi điện áp Δu khi tải định mức với cos $_2$ = 0,8.

b. Hiệu suất ở tải định mức đó.

c. Hệ số tải ứng với hiệu suất cực đại.

Giải

a. Độ thay đổi điện áp ΔU:

Trong ví dụ bài trước ta đ tính được:

$U_{nr}\%$= 1,01

$U_{nx}\%$= 7,45

Nên khi xét tải có tính chất điện cảm ta có:

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

$$\Delta U\% = 1\ (1{,}01x0{,}8 + 7{,}45x0{,}6) = 5{,}3$$

Khi xét tải có tính chất điện dung: $\sin\varphi_2$ = - 0,6

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

$$\Delta U\% = 1\ (1{,}01x0{,}8 - 7{,}45x0{,}6) = 3{,}66$$

b. Hiệu suất của máy biến áp ở tải định mức :

$$\eta\% = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_n}{\beta S_{\ m} \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_n}\right)100$$

$$= 1 - \frac{18{,}5 + 1^2.57}{1.5600.0{,}8 + 18{,}5 + 1^2.57} \cdot 100 = 98{,}34$$

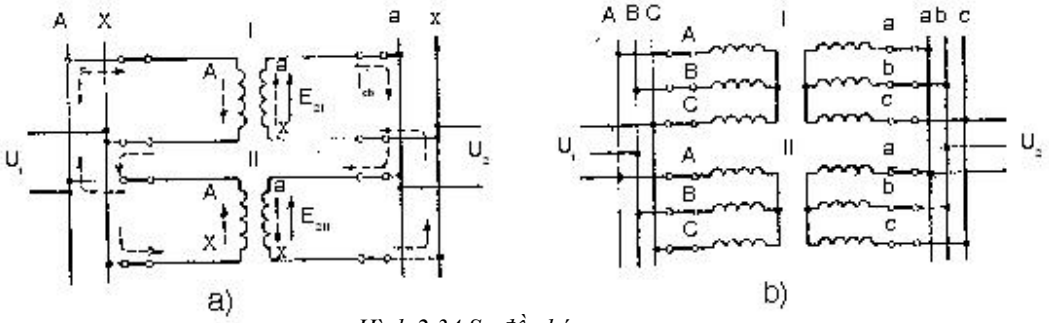
c. Hiệu suất cực đại của máy biến áp:

$$\beta = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} = \sqrt{\frac{18{,}5}{57}} = 0{,}57$$

2.9.4. Máy biến áp làm việc song song:

Ở 1 trạm biến áp tăng hoặc giảm áp thường đặt 2, 3 hay nhiều máy biến áp làm việc song song (hình 2.34) phụ thuộc vào công suất của trạm nhằm bảo đảm:

- Dự trù về cung cấp năng lượng cho nơi tiêu thụ trong trường hợp sự cố và cần thiết sửa chữa máy biến áp.
- Giảm tổn thất năng lượng trong thời kì tải nhỏ của trạm bằng các cắt 1 số máy biến áp làm việc song song đi.



Hình 2.34 Sơ đồ ghép song song.
a. Máy biến áp 1 pha.
b. Máy biến áp 3 pha.

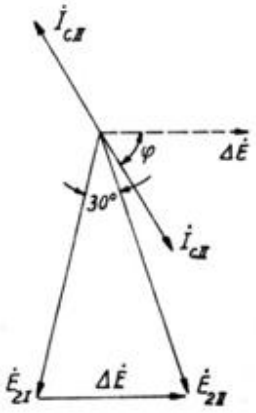
Những máy biến áp làm việc song song trong điều kiện có lợi nhất nếu thỏa mãn các điều kiện sau :

- Cùng tổ nối dây.
- Điện áp định mức sơ cấp và thứ ấp bằng nhau hoặc hệ số MBA k bằng nhau: $U_{1I} = U_{1II} = \ldots = U_{1n}$ và $U_{2I} = U_{2II} = \ldots = U_{1n}$ hoặc $k_I = k_{II} = \ldots = k_n$.
- Điện áp ngắn mạch bằng nhau : $U_{nI} = U_{nII} = \ldots = U_{nn}$.

Trong thực tế chỉ có điều kiện 1 phải tuân thủ một cách tuyệt đối. Các điều kiện 2, 3 được thực hiện với một mức độ sai khác nhất định được qui định trong 1 giới hạn cho phép.

1. Điều kiện cùng tổ nối dây:

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



Hình 2-35. Sơ đồ điện áp và dòng điện của
các máy biến áp có tổ nối dây khác nhau làm việc song song

Trong mạch nối liền các dây quấn thứ của 2 MBA sẽ xuất hiện 1 s.đ.đ: $E = 2E_2\sin 15^0 = 0{,}518E_2$. Kết quả là ngay khi không tải trong cuộn sơ và thứ của các máy biến áp có dòng điện cân bằng:

$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{z_{nI} + z_{nII}}$$

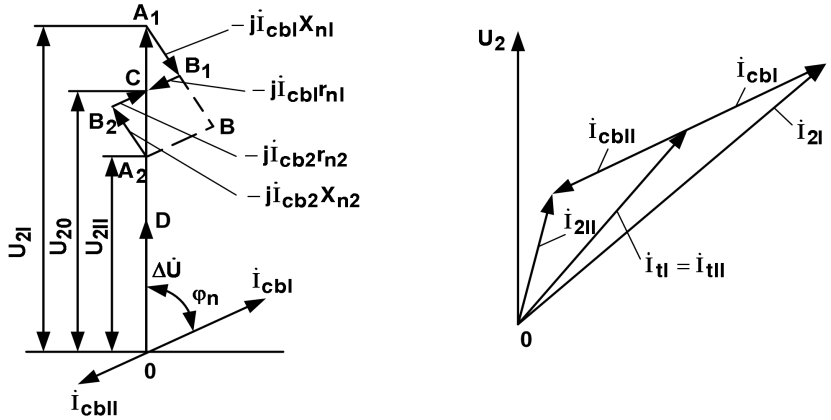
Thí dụ: $z_{nI*} = z_{nII*} = 0{,}05$, thì:

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

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

2. Điều kiện cùng hệ số biến áp

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



Hình2.36 Đồ thị véctơ và sự phân bố phụ tải của mba làm việc song song.

a. Khi không tải.

b. Khi có K khác nhau

Khi đó:

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

Thêm vào đó các véc tơ ; trùng pha với nhau vì cùng tổ nối dây điều kiện 1 (h4-5a). Dưới tác dụng của hiệu điện áp trong các MBA 1 và 2 xuất hiện I_{cb} , sự phân bố tức thời của nó trong các máy biến áp 1 và 2 vẽ trong h4-3 bằng những mũi tên. Chúng ta thấy đối với I_{cb} thì các MBA 1 và 2 ở vào chế độ ngắn mạch và dòng điện đó chạy trong dây quấn MBA theo chiều ngược nhau như h4-4b I_{cb} được biểu diễn bằng 2 véc tơ $I_{cb2} = - I_{cb1}$.

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

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

Để biến đổi công thức đó ta thay $k_I.k_{II} = k^2$ và $U_1/k = U_{2đm}$ ở đây k là tỉ số biến đổi trung bình của 2 MBA và $U_{2đm}$ là trị số trung bình điện áp định mức thứ cấp. vì $U_{nrI} = U_{nrII}$ và $U_{nxI} = U_{nxII}$ (theo điều kiện 3) nên:

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

$$= \frac{\Delta k}{\frac{z_{nI} I_{2đmI}}{U_{2đm}}\frac{100}{I_{2đmI}} + \frac{z_{nII} I_{2đmII}}{U_{2đm}}\frac{100}{I_{2đmII}}}$$

$$= \frac{\Delta k}{\frac{U_{nI}\%}{I_{2đmI}} + \frac{U_{nII}\%}{I_{2đmII}}}$$

Trong đó:

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

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

$$I_{cb}\% = \frac{I_{cbI}}{I_{2đmI}}100 = \frac{\Delta k.100}{U_{nI}\% + U_{nII}\%\frac{I_{2đmI}}{I_{2đmII}}} = \frac{\Delta k.100}{U_{nI}\% + U_{nII}\%\frac{S_{đmI}}{S_{đmII}}}$$

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

Nếu công suất định mức của các MA như nhau nghĩa là $S_{đmI} = S_{đmII}$ thì khi $U_{nI} = U_{nII}$ (điều kiện 3) chúng ta có $z_{nI} = z_{nII}$. Trong trường hợp này tam giác ngắn

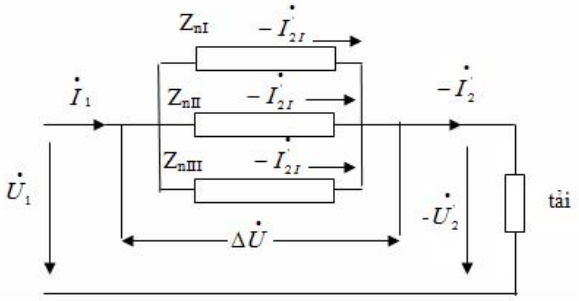
mạch A_1B_1C và A_2B_2C bằng nhau về độ lớn và đoạn A_1A_2 được chia làm 2 phần bằng nhau tại C. Như vậy trong trường hợp này I_{cbI} làm giảm thấp điện áp U_{2I} tới điện áp chung trên thanh góp điện áp thứ cấp. Còn I_{cbII} làm tăng điện áp U_{2II} tới cùng điện áp ấy U_{20} = OC. Đó là vai trò của I_{cb} trong trường hợp này.

Nếu công suất MBA khác nhau thí dụ $S_{đmI} < S_{đmII}$ thì khi $U_{nI} = U_{nII}$ thì điện trở r_n và x_n tỉ lệ ngược với công suất nghĩa là : $r_{nI} > r_{nII}$ và $x_{nI} > x_{nII}$. Tương ứng với điều đó A_1B_1C ở h4-4a sẽ lớn hơn A_2B_2C nhưng đồng dạng với nó. Vì vậy điểm C chuyển động theo A_1A_2 xuống phía dưới. Tới giới hạn khi $S_{đmII} >> S_{đmI}$ điểm C trùng với điểm A_2 và tam giác A_1B_1C trùng với vị trí của tam giác A_1BA_2. Trong trường hợp đó $U_{20} = U_{2II} = 0A_2$.

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

Theo roct 404-41 khi các MBA làm việc // trong trường hợp chung cho phép sai khác hệ số biến áp là k 0,5%. Đối với các MBA có k < 3 và biến áp tự dùng trong trạm BA thì k 1%.

3. Điều kiện trị số điện áp ngắn mạch bằng nhau: $U_{nI}\% = U_{nII}\% = \ldots = U_{nn}\%$



Hình 2-37. Mạch điện thay thế của các máy biến áp làm việc song song.

Xét sự làm việc // của 3 MBA có các điện áp ngắn mạch U_{nI} , U_{nII} , U_{nIII}. Nếu bỏ qua dòng điện từ hóa thì mạch điện thay thế như h2-37. Điện áp rơi:

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

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

Trong đó I là dòng điện tải chung và

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

Do đó dòng điện tải của các MBA :

$$\dot{I}_I = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nI}} = \frac{\dot{I}}{z_{nI} \sum_{i=1}^{n} z_i} \qquad \dot{I}_{II} = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nII}} = \frac{\dot{I}}{z_{nII} \sum_{i=1}^{n} z_i} \qquad \dot{I}_{III} = \frac{\Delta \dot{U}}{z_{nIII}} = \frac{\dot{I}}{z_{nIII} \sum_{i=1}^{n} z_i}$$

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

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

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

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

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

Ta có

$$z_{nI*} = \frac{z_{nI} I_{đm}}{U_{đm}}$$

Vì

$$U_{n*} = \frac{U_n}{U_{đm}} = \frac{z_n I_{đm}}{z_{nđm} I_{đm}} = \frac{z_n}{z_{nđm}} = z_{n*}$$

Ta có thể thu được:

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

Vì

$$U_n\% = \frac{U_n}{U_{đm}} 100 = 100.U_{n*} = 100.z_{n*}$$

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

$$m.U_{đm} I_I = \frac{m.U_{đm} I}{\frac{U_{nI}\%}{100} \frac{U_{đm}}{I_{đm}} \frac{m}{m} \sum \frac{100.I_{đm}}{U_{ni}\%.U_{đm}}}$$

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

Tương tự ta có

$$S_{II} = \frac{S}{\frac{U_{nII}\%}{S_{đmII}} \sum_{i=1}^{n} \frac{S_{đmi}}{U_{ni}\%}} = \frac{S}{\sum_{i=1}^{n} \frac{S_{đmi}}{U_{ni}\%}} \frac{S_{đmII}}{U_{nII}\%} \qquad (2-28)$$

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

Thí dụ 1: Cho 3 MBA dầu 3 pha mỗi cái có công suất 100KVA, với $U_{nI}\% = 3,5$, $U_{nII}\% = 4$, $U_{nIII}\% = 5,5$. Công suất tổng S = 300KVA. Tính tải của mỗi máy.

Giải: Theo công thức (3) ta có :

$$\sum_{i=1}^{3} \frac{S_{đmi}}{U_{ni}\%} = \frac{100}{3,5} + \frac{100}{4} + \frac{100}{5,5} = 71,8$$

Do đó :

$$S_I = \frac{300}{71,8} x \frac{100}{3,5} = 119,5kVA$$

$$S_{II} = \frac{300}{71,8} x \frac{100}{4} = 104,5kVA$$

$$S_{III} = \frac{300}{71,8} x \frac{100}{5,5} = 76kVA$$

Nghĩa là máy biến áp thứ 1 quá tải 19,5%, còn máy 3 hụt tải 24%. Giảm phụ tải bên ngoài đi 16,2%, ta được sự phân phối phụ tải lại giữa các máy biến áp: S_I = 100kVA, S_{II} = 87,5kVA, S_{III} = 63,66kVA. Trong trường hợp này máy biến áp 1 làm việc ở phụ tải định mức, nhưng 2 máy kia hụt tải. Điều kiện làm việc song song như vậy không xem là như ý được. Vì vậy roct 401-41 qui định các máy biến áp dùng vào làm việc song song có điện áp U_n lệch so với trị số trung bình số học của tất cả các máy biến áp không được quá 10% và tỉ số công suất lớn nhất và công suất nhỏ nhất không vượt quá 3:1.

Thí dụ 2:

Cho ba máy biến áp 3 pha có cùng tổ nối dây quấn và tỉ số biến đổi với các số liệu: $S_{đm\ I}$ = 180kVA, $S_{đmII}$ = 240kVA, $S_{đmIII}$ = 320kVA; u_{nI} % = 5,4 , u_{nII}% = 6 , u_{nIII}% = 6,6. Hãy xác định tải của mỗi m.b.a khi tải chung của m.b.a bằng tổng công xuất định mức của chúng: S = 180 + 240 + 320 = 740 kVA và tính xem tải tổng tối đa để không m.b.a nào bị quá tải là bao nhiêu?

Giải

Ta có: $\sum \frac{S_{mi}}{u_{ni}\%} = \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6,0} + \frac{320}{6,6} = 121,8$

Theo biểu thức:

$$S_I = \frac{740}{121,8} x \frac{180}{5,4} = 202,5kVA$$

$$S_{II} = \frac{740}{121,8} x \frac{240}{6} = 243kVA$$

$$S_{III} = \frac{740}{121,8} x \frac{320}{6,6} = 294,5kVA$$

Ta thấy m.b.a I có u_n nhỏ nhất bị quá tải nhiều trong khi đó m.b.a III có u_n lớn bị hụt tải. Tải tổng tối đa để không m.b.a nào bị quá tải ứng với khi =1. Lúc đó ta có:

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

$$\frac{S}{5,4x121,8} = 1$$

hay là: S = 657,72kVA.

Rõ ràng phần công suất đặt của các m.b.a không được lợi dụng sẽ bằng :

740 - 658 =82kVA

2.10 Các máy biến áp đặc biệt

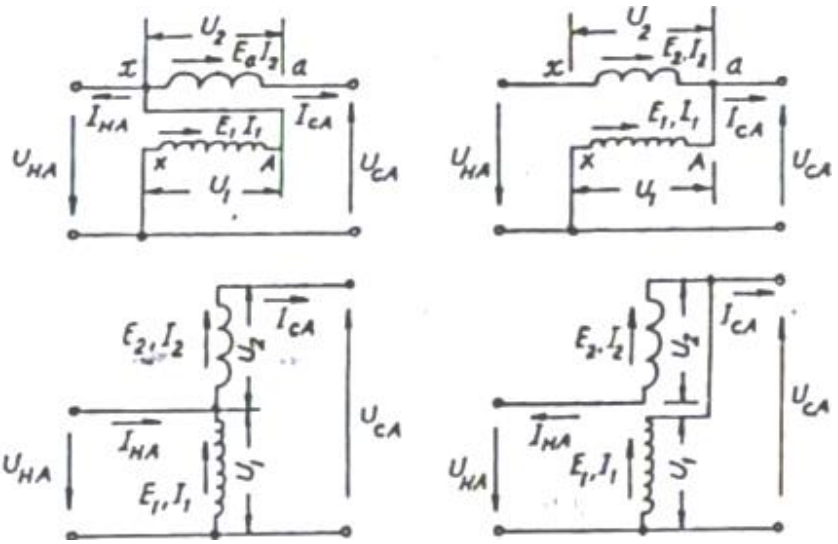
2.10.1. Máy biến áp tự ngẫu

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

Máy biến áp tự ngẫu khác mba hai dây quấn ở chỗ dây quấn thứ cấp là 1 bộ phận của dây quấn sơ cấp, nên ngoài sự liên hệ qua hỗ cảm các dây quấn sơ cấp và thứ cấp còn liên hệ trực tiếp với nhau về điện. Dây quấn sơ cấp của mba tự ngẫu được nối song song với lưới điện còn dây quấn thứ cấp được nối nối tiếp với lưới điện. *Hình 2.38* trình bày 2 kiểu nói dây của mba tự ngẫu trong đó:

a) Ứng với chiều sđđ E_1, E_2 thuận nhau

b) Ứng với chiều sđđ E_1, E_2 ngược nhau.



Hình 2.38 Sơ đồ máy biến áp 1 pha a) Nối thuận b) Nối ngược

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

$$S_{tk} = E_1 . I_1 = E_2 . I_2$$

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

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

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

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

Theo *hình 2.38a* ta có:

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

Đối với *hình 2.38b*: ứng với các trị số k' khác nhau của hai kiểu nối dây mba tự ngẫu ở hình 2.55. Kiểu nối dây *hình 2.55* ưu việt hơn vì có cùng trị số k' tỉ số $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$ nhỏ hơn

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

Bảng * Cho biết trị số của $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$ ứng với các trị số k' khác nhau của hai kiểu nối dây mba tự ngẫu ở *hình 2.38*. Kiểu nối dây *hình 2.38a* ưu việt hơn vì có cùng trị số k' tỉ số $\frac{S_{tk}}{S_{tt}}$ nhỏ hơn, do đó thực tế dùng nhiều hơn. Nếu k' càng gần bằng 1 thì càng có lợi. Thông thường thì thì

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

Bảng *

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

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

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

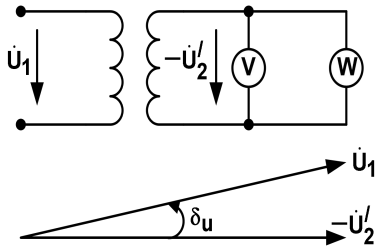
Cũng tương tự như vậy điệ áp ngắn mạch của mba tự ngẫu giảm còn $(1-\frac{1}{k'})$ so với điện áp ngắn mạch của mba 2 dây quấn, do đó độ thay đổi điện áp ΔU hay điện áp rơi trong mba tự ngẫu cũng nhỏ hơn. Điện áp ngắn mạch của mba tự ngẫu nhỏ hơn nên dòng ngắn mạch của nó sẽ tăng lên tương ứng.

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

2.9.2. Máy biến áp đo lường

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

Máy biến điện áp có dây quấn sơ cấp nối song song với lưới điện và dây quấn thứ cấp nối với vônmét, hoặc với cuộn dây song song của oátmét, hoặc cuộn dây rơle bảo vệ *(hình 2.39)*. Tổng trở Z của những dụng cụ này rất lớn nên máy biến điện áp làm việc ở trạng thái gần như không tải, điện áp rơi trong máy nhỏ, do đó sai số về trị số điện áp bằng:



Hình 2.39 Sơ đồ nối dây và đồ thi véc

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

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

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

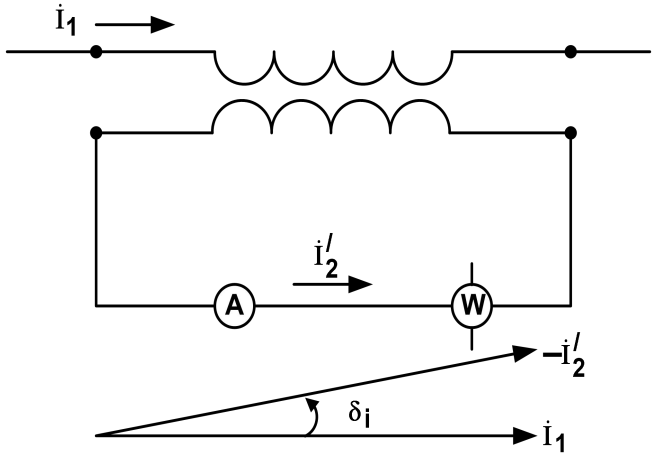
Khi sử dụng máy biến điện áp chú ý không được nối tắt mạch thứ cấp vì vậy sẽ tương đương với mạch sơ cấp nghĩa là gây sự cố ngắn mạch ở lưới điện.

Máy biến dòng điện có dây quấn sơ cấp gồm ít vòng dây và nối nối tiếp với mạch cần đo dòng điện, còn dây quấn thứ cấp gồm nhiều vòng được nối với ampemét hoặc với các cuộn dây nối tiếp với oatmét hay rơle bảo vệ *(hình 2.40)*.

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

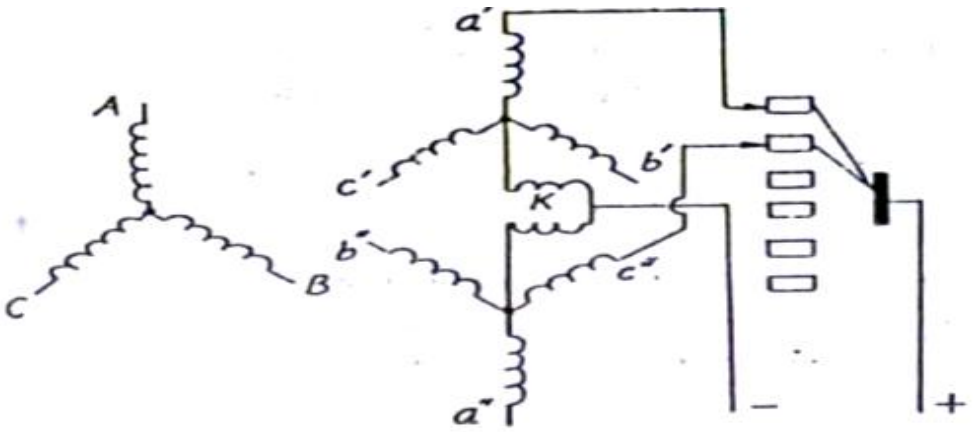
$$\Delta i\% = \frac{\frac{\omega_1}{\omega_2} I_2 - I_1}{I_1} 100$$

và sai số về góc δ_I *(Hình 2.40)* cũng sẽ nhỏ đi.

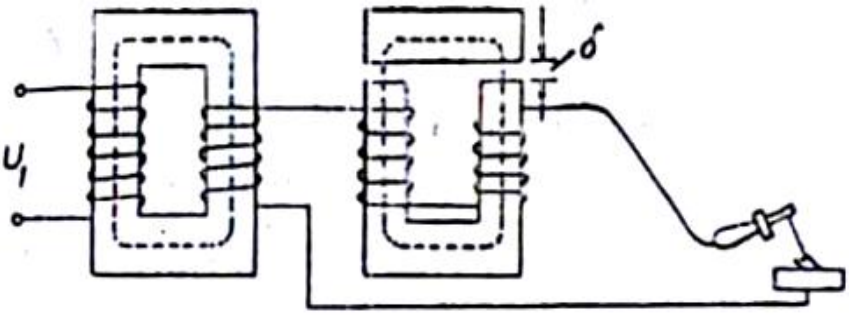


Hình 2.40 Sơ đồ nối dây và đồ thị vectơ của máy biến dòng

Tuỳ theo mức độ sai số, máy biến áp dòng điện có các cấp chính xác 0,2; 0,5; 1; 3; 10, nghĩa là Δi% tương ứng bằng ± 0,2%; ± 0,5%; …± 10% và δ_I tương ứng bằng ± 20', ± 40'; ± 80', (đối với máy hai cấp 3 và 10 không có qui định gì tiêu chuẩn δ_I).Khi sử dụng chú ý không được để dây quấn thứ cấp hở mạch vì như vậy dòng điện từ hoá rất lớn ($I_0 = I_1$), lõi thép bão



Hình 2.42 Sơ đồ máy biến áp chỉnh lưu



Hình 2.41 Máy biến áp hồ quang làm việc có cuộn kháng

hoà nghiêm trọng (Φ = 1,4 ÷ 1, 8 Wb) sẽ nóng lên làm cháy dây quấn. Khi bão hoà, từ thông ban đầu sẽ sinh ra sđđ nhọn đầu, do đó ở đầu dây quấn thứ cấp có thể xuất hiện điện áp cao hàng nghìn vôn, không an toàn cho người sử dụng.

2.9.3 Máy biến áp hàn:

Máy biến áp hàn được chia thành nhiều loại có cấu tạo và đặc tính khác nhau tuỳ theo phương pháp hàn (hồ quang, hàn điện…). Ta chỉ xét mba hàn hồ quang *(Hình 2.41)*.

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

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

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

2.9.4 Máy biến áp chỉnh lưu:

Mba chỉnh lưu có đặc điểm là tải của các pha không đồng thời mà luân phiên nhau theo sự làm việc của các dương cự của các bộ chỉnh lưu thuỷ ngân bán dẫn đặt ở thứ cấp của mba như *hình 2.42*. Như vậy mba luôn luôn làm việc trong tình trạng không đối xứng, do đó phải chọn sơ đồ nốI dây sao cho đảm bảo được điều kiện từ hoá bình thường của các trụ thép và giảm nhỏ được sự đập mạch của điện áp và dòng điện chỉnh lưu.Muốn vậy phải tăng số pha của dây quấn thứ cấp (chọn số pha bằng 6) và ở phía thứ cấp có đặt thêm cuộn cảm cân bằng K giữa các điểm trung tính của các pha thuận (a'b'c') và 3 pha ngược (a"b"c"). Tác dụng của cuộn cảm K là làm cân bằng điện áp trong mạch của 2 pha có góc lệch 60° làm việc song song. Ví dụ như của a' và c" *hình 2.42*.

Khi dây quấn thứ cấp làm vioệc song song vói nhau, bộ chỉnh lưu 6 pha làm việc

tương tự như bộ chỉnh lưu 3 pha và mỗi dương cực làm việc không phải trong thời gian một phần sáu mà trong 1 phần ba chu kì.

2.11 Một số công thức tính toán máy biến áp:

Công suất định mức mba 1 pha $S_{đm}$	$S_{đm} = U_{1đm} I_{1đm} = U_{2đm} I_{2đm}$
Công suất định mức mba 3 pha $S_{đm}$	$S_{đm} = \sqrt{3}.U_{1đm} I_{1đm} = \sqrt{3}.U_{2đm} I_{2đm}$
Sđđ dây quấn sơ cấp E_1	$E_1 = 4.44 f \omega_1 \Phi_{max}$
Sđđ dây quấn thứ cấp E_2	$E_2 = 4.44 f \omega_2 \Phi_{max}$
Hệ số biến áp k	$k = w_1 / w_2$
Phương trình điện áp sơ cấp	$U_1 = R_1 i_1 + j.X_1 i_1 - E_1$
Phương trình điện áp thứ cấp	$U_2 = R_2 i_2 + j.X_2 i_2 - E_2$
Phương trình sức từ động	$i_1 = i_0 + i_2^{/}$
Qui đổi đại lượng thứ cấp về sơ cấp	$I_2^{/} = \frac{I_2}{k};\ U_2^{/} = k.U_2;\ E_2^{/} = k.E_2$ $R_2^{/} = k^2 R_2;\ X_2^{/} = k^2 X_2;$ $R_t^{/} = k^2 R_t;\ X_t^{/} = k^2 X_t;$
Điện trở ngắn mạch R_n	$R_n = R_1 + R_2^{/} = 2R_1 = P_{np} / I_{1pđm}^2$
Điện kháng ngắn mạch X_n	$X_n = X_1 + X_2^{/} = 2X_1 = \sqrt{Z_n^2 - R_n^2}$
Tổng trở ngắn mạch Z_n	$Z_n = U_n\% \frac{U_{1pđm}}{I_{1pđm}} = \sqrt{R_n^2 - X_n^2}$
Độ biến thiên điện áp thứ cấp ΔU_2	$\Delta U_2 = k_t (U_{nR}\% \cos\varphi_t + U_{nX}\% \sin\varphi_t)$
Tổn hao đồng ΔP_{Cu}	$\Delta P_{Cu} = k_t^2 P_n$
Tổn hao sắt	$\Delta P_{Fe} = P_0 = P_{1,0/50} B^2 (\frac{f}{50})^{1.3} G$
Hiệu suất η	$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{k_t S_{đm} \cos\varphi_t}{k_t S_{đm} \cos\varphi_t + P_0 + k_t^2 P_n}$
Hệ số tải k_t	$k_t = \frac{I_2}{I_{2đm}} = \frac{I_1}{I_{1đm}}$

2.12 Sử dụng, bảo dưỡng, sữa chữa mba 1 pha

2.12.1. Sử dụng, bảo dưỡng mba 1pha:

$$S_{pt} = \frac{P_{pt}}{\cos\varphi}$$

Như chúng ta đã biết, cấu tạo chính của mba gồm lõi thép và bộ dây quấn, nhưng tùy theo công dụng của máy kết cấu có 1 số điểm khác nhau, các yêu cầu kĩ thuật cũng khác nhau nên gọI là việc bảo trì, sữ chữa cũng có điểm khác nhau. Đối với mba điện lực công suất lớn, việc bảo dưỡng khá phức tạp, thường được thực hiện trong các xưởng có đầy đủ các thiết bị, dụng cụ chuyên dùng và ngườI công nhân phải có tay nghề cao. Trong phạm vi bài này chỉ đề cập đến việc sử dụng, bảo dưỡng và sửa chữa những hư hỏng ở các mba 1 pha công suất bé, sử dụng phổ biến trong sinh hoạt.

Trước khi sử dụng mba cần đọc kĩ các số liệu ghi trên nhãn máy. Đây là các số liệu đặc trưng cho tính năng kĩ thuật của nhà máy chế tạo cung cấp cho người sử dụng. Một mba được sử dụng đúng tính năng kĩ thuật và bảo trì tốt thì nó sẽ được sử dụng lâu, nếu không tuổi thọ của máy sẽ giảm và có thể bị hư hỏng ngay.

Khi lắp đặt sử dụng mba cần chú ý những điểm sau:

a. Xác định rõ công suất mba từ đó xác định phụ tải định mức của máy.

- Nếu công suất phụ tải lớn hơn công suất mba thì máy phải làm việc quá tải, dòng điện tăng cao. Nếu máy làm việc quá tải thường xuyên máy nóng, cách điện già hóa tuổi thọ cách điện giảm thậm chí cháy máy.

- Nếu công suất phụ tải thường xuyên nhỏ hơn công suất mba thì máy phải làm việc non tải, điều này không có lợi vì tổn hao vốn đầu tư ban đầu. Tốt nhất là công suất phụ tải xấp xỉ hoặc bằng công suất định mức của mba.

Vì công suất của mba chỉ thị bằng công suất biểu kiến $S_{đm}$ (VA), còn công suất phụ tải thường biểu thị bằng công suất tác dụng P (W). Vì vậy phải đổi công suất tác dụng của phụ tải thành công suất biểu kiến, rồi căn cứ vào đó để so sánh với công suất mba hoặc chọn công suất mba.

Trong đó:

- P_{pt} : Công suất tác dụng của phụ tải.
- cosφ : hệ số công suất của phụ tải.
- S_{pt} : công suất biểu kiến của phụ tải suy ra từ công suất tác dụng.

Trường hợp có nhiều phụ tải có hệ số công suất cosφ khác nhau thì tính S_{pt} riêng cho từng phụ tải rồi tính tổng các S_{pt}.

Thí dụ 1:

Một trường hợp có thiết bị chiếu sáng gồm đèn dây tóc và đèn huỳnh quang, tổng công suất đèn dây tóc là 18 kW, tổng công suất đèn huỳnh quang là 30 kW. Trong đó 80% đèn huỳnh quang được lắp thêm tụ điện để tăng hệ số công suất lên 0,95 còn lại chưa bắt kịp tụ điện có thể tính cosφ = 0,5. Nếu hệ số sử dụng đồng thời của các thiết bị chiếu sáng $K_{đt}$ = 0,95. Chọn mba điện lực hạ thế để cung cấp điện cho trường học nói trên, biết điện áp làm việc 220 V.

Giải:

Công suất biểu kiến của phụ tải đèn dây tóc:

$$S_{pt1} = \frac{P_1}{\cos\varphi_1} = \frac{18}{1} = 18 \text{ kVA}$$

Công suất biểu kiến của đèn huỳnh quang có lắp tụ:

$$S_{pt2} = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = \frac{0,8.30}{0,95} = 25,3 \text{ kVA}$$

Công suất biểu kiến của đèn huỳnh quang không lắp thêm tụ

$$S_{pt3} = \frac{P_3}{\cos\varphi_3} = \frac{0,2.30}{0,5} = 12 \text{ kVA}$$

Tổng công suất biểu kiến của các phụ tải

$$S_{pt} = S_{pt1} + S_{pt2} + S_{pt3} = 18 + 25.3 + 12 = 55.3 \text{ kVA}$$

Công suất biểu kiến sử dụng

$$S_{ptsd} = S_{pt}.k_{ñt} = 55.3 \times 0.95 = 52.4 \ kVA$$

Như vậy công suất tối thiểu của mba 3 pha cung cấp cho trường học nói trên là 52,4 kVA.

- Ở các máy tăng giảm điện áp gia dụng thường trên thẻ máy không ghi công suất biểu kiến mà ghi dòng điện định mức thứ cấp $I_{2đm}$ (A) tương ứng với điện áp 110 V.

Thí dụ 2:

Một máy điện áp tăng áp còn gọi là Survolteur 10 A (còn máy giảm điện áp gọi là Dévloteur).

+ Nếu sử dụng với $U_{2đm}$ = 110 V thì $I_{2đm}$ = 10 A.

+ Nếu sử dụng với $U_{2ñm}$ = 220 V thì $I_{2đm}$ = 5 A.

Điều này dễ hiểu, vì một mba có kích thước mạch từ và kết cấu dây quấn xác định thì chỉ có một công suất định mức, nên khi điện áp tăng thì dòng điện giảm.

$$S_{2đm} = U_{2đm} . I_{2đm} = 110.10 = 1100 \text{ VA}.$$

Thí dụ 3:

Một ngôi nhà được cung cấp bằng lưới điện 1 pha 220 V. Thiết bị điện của ngôi nhà như sau:

+ 12 đèn quang 220V/40W, chưa lắp tụ.

+ 6 bóng đèn dây tóc 220V/75W.

+ 4 ổ cắm loạI 75 W.

Nếu sử dụng Survolteur để điều chỉnh điện áp cho cả nhà thì phải dung loạI có dòng điện I_2 bằng bao nhiêu?

Giải:

Đây là dạng bài toán thực tế. Mà thực tế sử dụng điện trong từng gia đình luôn thay đổi, công suất phụ tải phụ thuộc vào từng thời điểm và tính chất của phụ tải. Do đó chỉ có thể tính gần đúng.

Trong thí dụ này lấy hệ số công suất của đèn huỳnh quang cosφ = 0,5.

Các phụ tải lấy nguồn từ ổ cắm là thuần trở lấy cosφ = 1.

Công suất của đèn huỳnh quang:

$$P_1 = 12. 40 = 480 \text{ W}.$$

Qui đổi thành công suất biểu kiến:

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos\varphi_1} = \frac{480}{0,5} = 960 \text{ VA}.$$

Công suất biểu kiến của các phụ tải thuần trở:

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2} = P_2 = (6.75) + (4.75) = 750 \text{ VA}.$$

Tổng công suất biểu kiến của các phụ tải;

$$S = S_1 + S_2 = 960 + 750 = 1710 \text{ VA}.$$

Dòng điện tổng:

$$I = \frac{S}{U} = \frac{1710}{220} = 7{,}8 \text{ A}.$$

Với dòng điện I = 7,8 A điện áp 220 V ở thứ cấp ta chọn loại Survoltreur 20 A.

b. Điện áp đặt vào sơ cấp phải đúng với điện áp $U_{1đm}$ ghi trên nhãn máy và điện áp thứ cấp phải thích ứng với nhu cầu của phụ tải.

c. Phía sơ cấp mba phải được nối với các thiết bị bảo vệ đơn giản là dùng cầu chì, CB…

d. Mba phải được đặt ở nơi khô ráo, thoáng khí, ít bụi bặm để tạo điều kiện toả nhiệt tốt khi nó làm việc. Không đặt mba cạnh các thiết bị vô tuyến vì máy sẽ gây nhiễu cho các thiết bị đó.

Đặc biệt phải lưu ý vấn đề về an toàn điện, nếu mba bị chạm vỏ, các cọc nối điện dễ bị cháy, bể thì phải thay thế và sửa chữa ngay không được kéo dài thời gian sử dụng.

Dây dẫn điện vào máy hoặc từ máy phụ ra phụ tải được lắp đúng qui cách an toàn. Không được đặt mba ở nơi mà trẻ em có thể sờ mó, đụng chạm vào hoặc nơi mà khi làm việc có thể vô ý đụng vào.

e. Định kì sau 1 thời gian sử dụng mba phải làm vệ sinh máy. Công việc gồm: lau chùi bụi bặm bằng cách dụng cụ mềm quét sạch lớp bụi bám vào vỏ máy, dây quấn lõi thép và các chi tiết khác.

Cũng có thể dùng quạt thổi hay gió nén để làm sạch bụi. Không được dùng vật cứng để cạo bụi hoặc vật cứng bám trên dây quấn hay dùng vải tẩm xăng để lau dây quấn vì làm vậy làm hỏng cách điện trong máy.

Kiểm tra lại chi tiết, các chỗ tiếp xúc. Sự tiếp xúc phải chắc chắn, nếu các mối nối không chắc chắn thì chỗ tiếp xúc sẽ phát nóng hoặc phóng điện gây chạm chập làm hư hỏng máy.

Phải kiểm tra điện trở cách điện, nếu điện trở cách điện giảm ($R_{CĐ}$, 0,5 MW) thì phải đem máy đi sấy hoặc tìm chỗ bị rò để thay cách điện.

g. Trong quá trình sử dụng phải thường xuyên theo dõi vận hành của máy để kịp thời phát hiện những hư hỏng và có biện pháp sửa chữa ngay để tránh phát sinh hư hỏng nhiều hơn.

2.12.2 Những hư hỏng thông thường và phương pháp khắc phục:

Hư hỏng	Nguyên nhân	Biện pháp sửa chữa

Máy biến áp không hoạt động	- Không có nguồn vào mba hoặc dây quấn sơ cấp bị hở mạch. - Dây dẫn điện đế mba bị đứt. - Tiếp xúc xấu ở đảo điện hay cọc nối.	- Dùng VOM kiểm tra đầu vào mba. - Ngắt mạch nối với nguồn mba, dùng VOM kiểm tra từng phần để tìm ra điểm đứt mạch. - Siết chặt các cọc nối, làm sạch bề mặt tiếp xúc.
Nối nguồn vào mba cầu chì bảo vệ nổ.	- Ngắn mạch phía sơ cấp hoặc thứ cấp. - Cuộn dây bị chập nhiều vòng dây. - Cuộn dây bị cháy. - Phụ tải lớn.	- Quan sát tìm ra điểm ngắn mạch. Cần thiết phải tháo vỏ máy để xem xét. - Quấn dây mới. - Giảm bớt phụ tải.
Máy phát ra tiếng kêu" rè rè" và có hiện tượng bị rung.	- Điện áp đặt vào sơ cấp cao hơn định mức. - Quá tải. - Các lá thép không được ghép chặt. Nếu máy mới quấn lại: - Cuộn dây thiếu vòng. - Mạch từ kém chất lượng.	- Dùng VOM kiểm tra lại nguồn. - Giảm bớt phụ tải. - siết chặt lại mạch từ. - Tính và quấn dây lại. - Thay mạch từ tốt hơn.

Sờ vào vỏ bị giật	- Cuộn dây chập vào lõi thép. - Cách điện ở các cọc nốI trên vỏ máy bị hư. - Các dây nốI từ cuộn dây đến các bộ phận bên trong vỏ máy bị bong cách điện chạm vào vỏ máy hay mạch từ	- Tháo mạch từ thay cách điện mớI giữa cuộn dây và lõi thép. - Thay đệm cách điện mới. - Tháo vỏ máy để tìm ra chỗ hỏng cách điện
Máy biến áp phát nóng nhiều	- Quá tải - Điện áp đặt vào sơ cấp lớn hơn định mức. - Cách điện giữa các lá thép bị hỏng	- Giảm bớt phụ tải - Kiểm tra lại điện áp nguồn và vị trí các công tắc xoay điều chỉnh điện áp - Sơn cách điện lại bề mặt các lá thép

Hoạt động 2:THỰC HÀNH

I.Máy biến áp một pha và sự vận hành song song của chúng

1. Mục đích:

Đo các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm và từ đó xác định tính năng làm việc của nó.

Biết phương pháp đấu song song và phân phối phụ tải của máy biến áp.

2. Nội dung:

Làm thí nghiệm không tải đo tổn hao không tải P_0, dòng điện không tải I_0 và điện áp không tải $U_{1đm}, U_{20}$

Làm thí nghiệm ngán mạch đo điện áp ngắn mạch Unm,công suất ngắn mạch P_{nm} và dòng điện ngắn mạch I_{nm} .

Làm thí nghiệm phụ tải với $\cos\varphi_2 = 1$ dùng đèn làm phụ tải.

Ghép hai máy biến áp một pha làm việc song song.

3. Yêu cầu báo cáo:

a. Từ thí nghiệm không tải:

Vẽ quan hệ $I_0 = f(U_1)$ và tính $I_0\%$

Xác định các tham số không tải Z_0, r_0, X_0.

Xác định tỉ số biến đổi k.

b. Từ thí nghiệm ngắn mạch

Xác định các tham số ngắn mạch Z_n, r_n, X_n.

Tính điện áp ngắn mạch phần trăm Un%, Unr%, Unx%.

c. Từ các kết quả của thí nghiệm không tải và ngắn mạch vẽ giản đồ thay thế hình "T" của máy biến áp. ở đây xem rằng $r_1 = r_2 = r_{nm}/2$; $X_1 = X_2 = X_{nm}/2$

d. Từ thí nghiệm ngắn mạh ác định $\Delta U\%$ và $\eta\%$ lúc phụ tải định mức (β=1) và $\cos\varphi_2 = 1$.

e. Thí nghiệm phụ tải trực tiếp vẽ đặc tính ngoài $U_2 = f(I_2)$. Cũng từ thí nghiệm phụ tải trực tiếp này xác định ΔU% và η% lúc tải định mức. So sánh với ΔU% và η% tính từ thí nghiệm ngắn mạch.

f. Từ thí nghiệm hai MBA làm việc song song vẽ đặc tính phân phối phụ tải $I_1, I_2 = f(I)$. Trong đó I_1, I_2 là dòng điện thứ cấp của MBA 1 và MBA 2. I là dòng điện tổng nhận xét về sự phân phối phụ tải giữ hai máy.

Bài 3

Máy điện không đồng bộ

Mã bài: MĐ 17-03

Giới thiệu:

Mục tiêu thực hiện:

Học xong bài học này, học viên có năng lực:

- Phát biểu nguyên lý cấu tạo, các phương pháp mở máy, đảo chiều quay của động cơ không đồng bộ.
- Tính toán các đại lượng cơ bản của động cơ không đồng bộ theo tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Vẽ, phân tích chính xác sơ đồ dây quấn stato của động cơ một pha, ba pha.
- Bảo dưỡng và sửa chữa những hư hỏng thông thường của máy điện không đồng bộ đảm bảo máy hoạt động tốt theo đúng tiêu chuẩn về điện.

Nội dung chính:

1. Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ
2. Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha.
3. Từ trường của máy điện không đồng bộ
4. Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.
5. Mô hình toán và sơ đồ thay thế của động cơ điện không đồng bộ.
6. Biểu đồ năng lượng và hiệu suất của động cơ không đồng bộ.
7. Mô men quay của động cơ không đồng bộ ba pha
8. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.
9. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.
10. Động cơ không đồng bộ một pha
11. Sơ đồ dây quấn động cơ không đồng bộ.

Các hình thức học tập:

- Học trên lớp về các cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của động cơ KĐB,các chế độ làm việc của động cơ KĐB
- Học viên tự đọc tài liệu do giáo viên phát trước ở nhà.
- Thực hành quan sát, nhận biết về cấu tạo, đặc điểm,các chế độ làm việc và vẽ sơ đồ dây quấn động cơ KĐB.

Hoạt động 1: Nghe thuyết trình trên lớp, có thảo luận.

Máy điện không đồng bộ

3.1 Khái niệm chung về máy điện không đồng bộ

3.1.1 Khái niệm

Máy điện không đồng bộ là máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lí cảm ứng điện từ, có tốc độ quay rotor n (tốc độ quay của máy) khác với tốc độ quay của từ trường n_1.

Máy điện không đồng bộ có hai dây quấn stator (sơ cấp) nối với lưới điện tần số f = const, dây quấn rotor (thứ cấp) được nối tắt lại hoặc khép kín qua điện trở. Dòng điện trong

dây quấn rôto được sinh ra nhờ sức điện động cảm ứng có tần số f_2 phụ thuộc vào tốc độ rôto nghĩa là phụ thuộc vào tải trên trục của máy. Máy điện không đồng bộ có tính thuận nghịch, nghĩa là làm việc ở 2 chế độ động cơ và máy phát.

Máy điện không đồng bộ có đặc tính làm việc không tốt lắm so với máy phát điện đồng bộ, nên ít được dùng.

Động cơ điện không đồng bộ so với các loại động cơ khác có cấu tạo và vận hành không phức tạp, giá thành rẻ, làm việc tin cậy nên được dùng nhiều trong sản xuất và sinh hoạt. Động cơ điện không đồng bộ có các loại: động cơ 3 pha, 2 pha và 1 pha.

Động cơ điện không đồng bộ có công suất trên 600 W là loại 3 pha có 3 dây quấn làm việc, trục các dây quấn lệch nhau trong không gian 1 góc 120° điện. Các động cơ có công suất dưới 600 W thường là động cơ 2 pha hoặc 1 pha. Động cơ 2 pha có 2 dây quấn làm việc, truc của 2 dây quấn lệch nhau trong không gian 1 góc 90° điện. Động cơ điện 1 pha, chỉ có 1 dây quấn làm việc.

Hình 3.1 Stator của máy điện không đồng bộ

1. Vỏ máy

2. Lõi thép

3. Dây quấn

3.1.2 Phân loại

- Theo kết cấu của vỏ, có thể chia làm các loại: kiểu hở, kiểu bảo vệ, kiểu kín, kiểu chống nổ, kiểu chống run…..vv.
- Theo kết cấu của rotor chia làm hai loại: Rotor dây quấn và Rotor lồng 2 sóc.
- Theo số pha: m =1,2,3.

3.2. Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha

3.2.1 Phần tĩnh hay stator*:* Gồm có vỏ máy lõi sắt và dây quấn

α. Vỏ máy: Để cố định lõi sắt và dây quấn không dùng làm mạch dẫn từ. Thường làm bằng gang hay thép tấm hàn lại.

β. Lõi sắt: Là phần dẫn từ, làm bằng thép lá kỹ thuật điện dày 0,35 mm hay 0,5mm ép lại. Khi đường kính ngoài lõi thép $D_n < 990$ mm thì dùng những tấm tròn ép lại. Khi $D_n > 990$ mm thì dùng những tấm hình rẻ quạt ghép lại thành khối tròn. Mặt trong của thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn

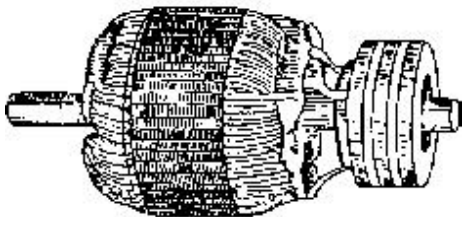
γ. Dây quấn: Dây quấn của stator được đặt vào các rãnh của lõi thép và cách điện tốt đối với rãnh.

3.2.2. Phần quay hay rôtor*: gồm lõi sắt và dây quấn*

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

β. Dây quấn: Có hai loại:

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

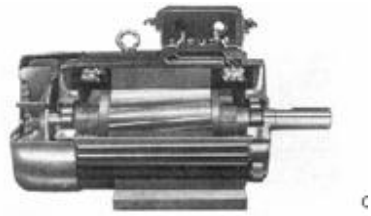


Hình 3.2 Rotor dây quấn của động cơ không đồng bộ

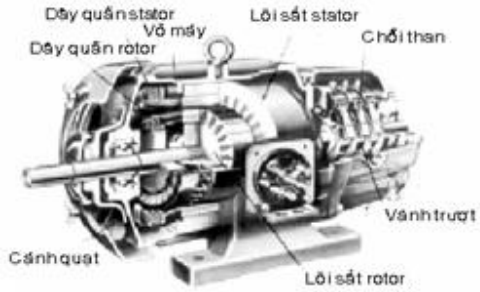
Khi máy làm việc bình thường dây quấn rotor được nối ngắn mạch. *Hình 3.2.*
Loại rotor kiểu lồng sóc: Cấu tạo của loại dây quấn này khác với dây quấn stator. Trong mỗi rãnh của stator đặt vào thanh dẫn bằng đồng hoặc bằng nhôm dài ra khỏi lõi sắt và

Hình 3.3 Rotor lồng sóc động cơ điện không đồng bộ.

được nối tắt ở hai đầu bằng hai vành ngắn mạch bằng đồng hoặc bằng nhôm mà người ta thường quen gọi là lồng sóc hình 3.3.
c. Khe hở: Khe hở trong máy điện không đồng bộ rất nhỏ (từ 0,2 đến 1 mm trong máy điện cỡ nhỏ và vừa), càng nhỏ càng tốt để hạn chế dòng từ hóa lấy từ lưới điện vào.
Kết cấu của động cơ điện không đồng bộ rotor lồng sóc và rotor dây quấn được trình bày trên *hình 3.4, hình 3.5.*



Hình 3.4 Động cơ điện không đồng bộ rotor lồng sóc.



Hình 3.5 Động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn.

3.3. Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ
3.3.1 Nguyên lý
Máy điện không đồng bộ là loại máy điện làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ. Khi cho một dòng điện ba pha đi vào dây quấn ba pha đặt trong lõi sắt stator thì trong máy sinh ra một từ trường quay với tốc độ đồng bộ $n_1 = 60f/p$, f là tần số lưới điện đưa vào f = 50 Hz, p là số đôi cực của máy. Từ trường này quét qua dây quấn nhiều pha tự ngắn mạch đặt trên lõi sắt rotor và cảm ứng trong đó sức điện động và dòng điện. Từ thông do dòng điện này sinh ra hợp với từ thông của stator tạo thành từ trường tổng ở khe hở Φ_δ . Dòng điện trong dây quấn của rotor tác dụng với từ thông này sinh ra mômen. Tác dụng của nó có quan hệ mật thiết với tốc độ quay n của rotor, với những phạm vi tốc độ khác nhau thì chế độ làm việc

của máy cũng khác nhau. Để chỉ phạm vi tốc độ của mỗi máy, người ta dùng hệ số trượt s. Theo định nghĩa hệ số trượt bằng:

$$s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} 100$$

Như vậy thì: $n = n_1 \Rightarrow s = 0$; $n = 0 \Rightarrow s = 1$

$n > n_1 \Rightarrow s < 0$; $n < 0 \Rightarrow s > 1$

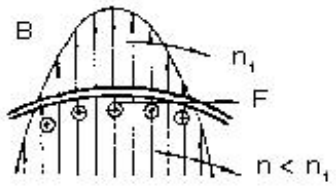
(rotor quay ngược chiều từ trường quay)

a. Trường hợp rotor quay thuận với từ trường quay nhưng $n < n_1$ ($0 < s < 1$).

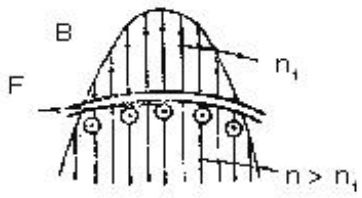
Giả sử chiều quay n_1 của Φ_δ và chiều quay n của rotor như hình vẽ. Do $n < n_1$ nên chiều chuyển động của thanh dẫn suy ra chiều $E_ư$, $I_ư$ được xác định bằng qui tắc bàn tay phải. $I_ư$ tác dụng với Φ_δ sinh ra F, M có chiều xác định bằng qui tắc bàn tay trái, M làm rotor quay theo chiều của từ trương với $n<n_1$. Máy làm việc ở chế độ động cơ điện (biến điện năng thành cơ năng).

b.Trường hợp rotor quay thuận với từ trường quay nhưng $n<n_1$ hay $s<0$

Dùng một động cơ sơ cấp quay rotor của máy điện không đồng bộ vượt tốc độ đồng bộ $n > n_1$. Chiều của từ trường quay quét qua thanh dẫn ngược lại, chiều $E_ư$, $I_ư$ đổi chiều nên chiều của M ngược với chiều quay của rotor nên nó là momen hãm. Máy biến cơ năng thành điện



Hình 3.6 Chế độ động cơ điện của máy điện không đồng bộ



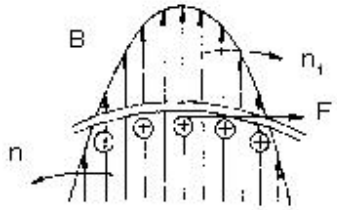
Hình 3.7 Chế độ máy phát điện của máy điện không đồng bộ

năng. Máy làm việc ở chế độ máy phát.

c. Trường hợp rotor quay ngược chiều từ trường quay ($n<0$ hay $s<1$)

Vì một lý do nào đó rotor quay ngược chiều với từ trường quay thì lúc đó chiều của $E_ư$, $I_ư$, máy giống như ở chế độ động cơ điện.

Vì M sinh ra ngược chiều với n nên có tác dụng hãm rotor lại. Trong trường hợp này máy vừa lấy điện năng ở lưới điện vừa lấy cơ năng ở động cơ sơ cấp. Chế độ là việc như vậy gọi là chế độ hãm điện từ.



Hình 3.8 Chế độ hãm điện từ của máy điện không đồng bộ

Ta biểu thị các chế độ làm việc theo s và n như sau:

Chế độ	Hãm điện từ		Động cơ		Máy phát
n	-∞	0		n_1	+∞
s	+∞	1	0		-∞

Vì máy làm việc ở các tốc n khác n_1 của từ trường quay nên ta gọi là máy điện không đồng bộ.

3.3.2 Các đại lượng định mức

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

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

-Dòng điện dây định mức $I_{đm}$ (A)

-Điện áp dây định mức $U_{đm}$ (V)

-Kiểu đấu sao hay tam giác

-Tốc độ quay định mức $n_{đm}$

-Hiệu suất định mức $\eta_{đm}$

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

Công suất định mức mà động cơ điện tiêu thụ:

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

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

Mômen định mức ở đầu trục: $$M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega}\frac{1}{9{,}81} = 0.975\frac{P_{đm}(W)}{n_{đm}(vg/ph)}(KGM)$$

Thí dụ:

Typ AM 160 L4 R1		3 ~ Mot	Nr 28600-1
Δ/Y 220/380 V	42/24 A	11 KW	
Cos φ 0,77	1455 1/min		50 Hz
Lfr. Y 250 V	25 A	IsoI.-KI B	
IP 44	VDE 0530/69		

Hình 3.9

Hình 3.9 là nhãn máy của một động cơ điện 3 pha rotor dây quấn. Các số liệu biểu thị:

Δ / Y 220 / 380 V: Động cơ có thể hoạt động với điện áp nguồn 220 v khi động cơ đấu Δ và 380 V khi động cơ đấu Y.

Isol - KL.B: Cấp cách điện của động cơ.

42 / 24 A: Dòng điện định mức tương ứng với mỗi cách đấu Δ / Y.

11 Kw: Công suất định mức của động cơ.

1455 1/min: Tốc độ quay định mức của động cơ.

50 Hz: Tần số định mức của nguồn.

Lfr. Y 250V: Dây quấn rotor đấu hình sao, điện áp rotor 250V

25 A: Dòng điện định mức của rotor. Là dòng điện chạy trong rotor khi nối ngắn mạch K, L, M và tải của động cơ định mức.

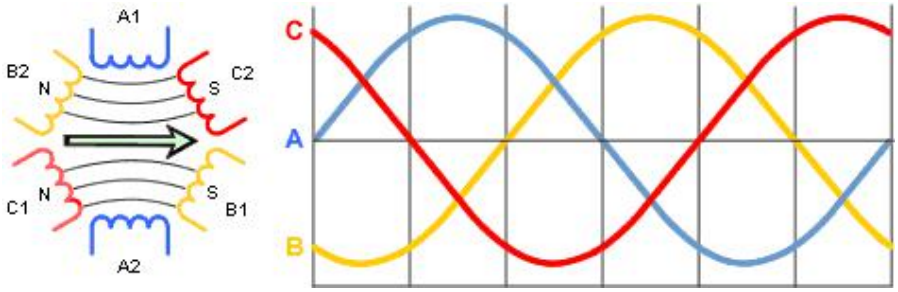
IP 44: Loại và kiểu bảo vệ được ghi bằng kí hiệu ngắn, số thứ nhất chỉ cấp bảo vệ chống vật lạ bên ngoài (cấp 4 bảo vệ chống vật lạ bên ngoài ϕ > 1mm), số thứ hai chỉ cấp bảo vệ chống nước (cấp 4 chống tia nước từ mọi hướng).
S3 = Chế độ làm việc (S3, S4, S5 chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại gián đoạn, thời gian làm việc và nghỉ ngắn. Thời gian nghỉ không đủ để động cơ lạnh trở lại).

3.3.3 Công dụng của máy điện không đồng bộ

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

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

3.4.TỪ TRƯỜNG QUAY 3 PHA:



Dòng điện xoay chiều 3 pha có ưu điểm lớn là tạo ra từ trường quay trong các máy điện

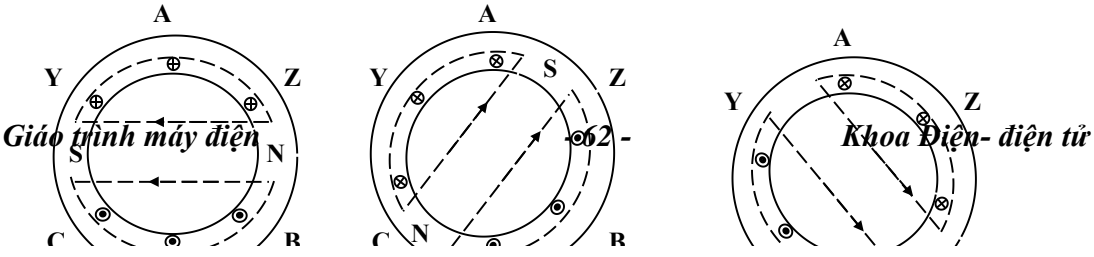
3.4.1.Hiện tượng

Ví dụ một máy điện 3 pha đơn giản, trong dây quấn ba pha đối xứng ở Stator AX, BY,CZ đặt trong 6 rãnh . Trục của các dây quấn lệch nhau trong không gian một góc 120^0 điện . Giả thiết trong dây quấn có dòng điện 3 pha đối xứng chạy qua

$$i_A = I_{max} \sin \omega t$$
$$i_B = I_{max} \sin(\omega t - 120^0)$$
$$i_C = I_{max} \sin(\omega t - 240^0)$$

Khi vẽ từ trường chiều dòng điện được quy :- Dòng điện pha nào dương có chiều từ đầu đến cuối pha, đầu được ký hiệu bằng vòng tròn có dấu nhân ở giữa ⊗ còn cuối ký hiệu bằng vòng tròn có dấu chấm ở giữa ⊙. Dòng điện pha nào âm có chiều ngược lại, đầu ký hiệu⊙ ,cuối ký hiệu ⊗

Ta xét từ trường ở các thời điểm khác nhau



- Tại thời điểm $\omega t=90^0$: ở thời điểm này, dòng điện pha A cực đại và dương(hình vẽ) dòng điện pha B và C âm. Theo quy định trên, dòng điện pha A dương, nên đầu A ký hiệu ⊗, cuối X ký hiệu ⊙ ; dòng điện pha B và C âm nên đầu ký hiệu⊙ ; cuối Y và Z ký hiệu ⊗

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

-Tại thời điểm $\omega t=90^0 + 120^0$: là thời điểm sau thời điểm đã xét ở trên một phần ba chu kỳ .Ở thời điểm này, dòng điện pha B cực đại và dương(hình vẽ) dòng điện pha A và C âm. Theo quy định trên, dòng điện pha B dương, nên đầu B ký hiệu ⊗, cuối Y ký hiệu ⊙ ; dòng điện pha A và C âm nên đầu ký hiệu⊙ ; cuối X và Z ký hiệu ⊗

- Dùng quy tắc vặn nút chai xác định chiều đường sức từ trường.Từ trường tổng có quay đi một góc 120^0 .Trục của từ trường tổng trùng với trục dây quấn pha B là pha có dòng điện cực đại

- Tại thời điểm $\omega t=90^0 + 240^0$: là thời điểm chậm sau thời điểm đầu 2/3 chu kỳ; lúc này dòng điện pha C cực đại và dương, dòng điện pha A và B âm. Từ trường tổng quay đi một góc 240^0 so với thời điểm đầu . Trục của từu trường tổng trùng với trục dây quấn pha C là pha có dòng điện cực đại

- Ta thấy từu trường tổng đã quay đi một góc 240^0 so với ban đầu .

Như vậy từ trưởng tổng của dòng điện ba pha là từ trường quay, từ trường quay móc vòng với cả hai dây quấn rôto và stator, đó là từ trường chính của máy điện tham gia voà quá trình biến đổi năng lượng

3.4.2. Đặc điểm của từ trường quay

- Tốc độ từ trường quay: Tốc độ từ trường quay phụ thuộc vào tần số dòng điện stator f và số đôi cực p. Khi dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được một vòng, do đó trong một giây dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được f vòng . vậy khi từ trường có một đôi cực, tốc độ của từ trường quay là n_1= f vòng /giây. Khi từ trường có hai đôi cực, dòng điện biến thiên một chu kỳ, từ trường quay được ½ vòng, do đố tốc độ từ trường quay là $n_1=f/2$. Một cách tổng quát, khi từ trường quay có p đôi cực, tốc độ từ trường quay (còn gọi là tốc độ đồng bộ) là:n_1= f/p(vòng/giây) hoặc $n_1=60f/p$(vòng/phút)

- Chiều quay từ trường: Chiều quay của từ trường phụ thuộc thứ tự pha của dòng điện

Muốn đổi chiều quay của từ trường ta thay đổi thứ tự hai trong ba pha với nhau

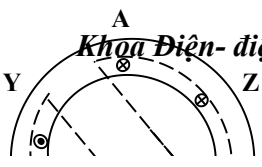
- Biên độ từ trường quay: Từ trường quay sinh ra từ thông Φ xuyên qua mỗi dây quấn. Ví dụ ta xét từ thông của từ trường quay xuyên qua dây quấn AX. Dây quấn các pha lệch nhau về không gian với pha A một góc lần lượt là 120^0, 240^0, từ trường xuyên qua dây quấn AX do dây quấn 3 pha là :

$= {}_A + {}_B\cos(-120^0) + {}_C\cos(-240^0) = {}_A - 1/2({}_B + {}_C)$

Hệ thống dòng điện ba pha đối xứng ${}_A + {}_B + {}_C = 0$ hay ${}_B + {}_C = -{}_A$

Do đó: $= {}_A + {}_A/2 = 3/2\ {}_A$

Dòng điện $i_A = I_{max}$ sinωt nên:



Từ thông của dòng đện pha A là : $_A$= $_A$sin ωt. Cuối cùng ta có: =(3/2). $_A$.sinωt.
Vậy từ thông của từ trường xuyên qua dây quấn biến thiên hình sin và có biên độ bằng 3/2 biên độ của từ trường một pha

$_{max}$ =3/2 $_{pmax}$

Trong đó : $_{pmax}$ là từ thông cực đại của một pha
Đối với dây quấn m pha thì : $_{max}$ =m/2 $_{pmax}$

3.5. Quan hệ điện từ trongmáy điện không đồng bộ

Ta có thể coi máy điện không đồng bộ như một máy biến áp mà dây quấn stator là dây quấn sơ cấp, dây quấn rotor là dây quấn thứ cấp, sự liên hệ giữa sơ và thứ thông qua từ trường quay (ở máy biến áp là từ trường xoay chiều). Do đó có thể dùng cách phân tích kiểu máy biến áp để thiết lập các phương trình cơ bản, mạch điện thay thế, đồ thị vectơ....

Ta chỉ xét đến tác dụng của sóng cơ bản không xét đến tác dụng của sóng bậc cao vì ảnh hưởng của chúng là thứ yếu.

3.5.1. Máy điện không đồng bộ làm việc khi rotor đứng yên

Mục đích của chúng ta là chứng minh rằng khi rotor đứng yên máy điện không đồng bộ được xem như máy biến áp chỉ khác về phần cấu tạo. Còn về phần bản chất vật lý đều như nhau. Để nghiên cứu một cách hợp lý ta bắt đầu nghiên cứu từ những trạng thái làm việc giới hạn của máy: không tải, ngắn mạch để phần sau mở rộng khái niệm máy điện không đồng bộ cũng như máy biến áp ngay cả ở trường hợp với rotor quay.

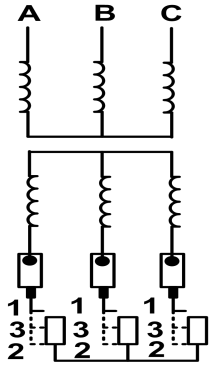
3.5.1.1. Không tải của máy điện không đồng bộ khi n = 0 (Rotor đứng yên)

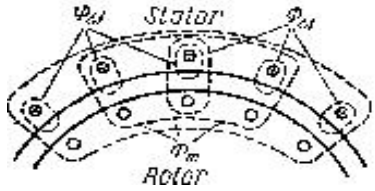
Ta giả thuyết rotor của máy điện không đồng bộ hở mạch (vị trí 1 h3.10) và đứng yên stator được đặt vào lưới điện có điện áp U_1, tần số f_1. Trong trường hợp này máy điện không đồng bộ được xem như máy biến áp lúc không tải. Dưới tác dụng của điện áp U_1 trong stator có dòng điện không tải I_0, $I_0 \rightarrow F_1 \rightarrow \Phi$, một phần của Φ là Φ_m móc vòng với hai dây quấn của máy, còn phần kia $\Phi_{\delta 1}$ chỉ móc vòng với dây quấn stator. Nếu máy có p đôi cực thì tốc độ n_1 của f_1 và Φ_m là $n_1 = 60f_1/p$.

Từ thông Φ_m sinh ra ở dây quấn stator và rotor hai sức điện động E_1 và E_2 xác định theo công thức:

$$E_1 = \sqrt{2}\pi . f_1 . k \qquad = \qquad E_2 = \sqrt{2}\pi . f_1 . k_{dq2} . \Phi_m$$

Hình 3.10 Sơ đồ động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn có biến trở





Hình 3.11 Từ thông của stator khi rotor hở mạch

Từ thông tản $\Phi_{\sigma 1}$ sẽ tạo nên ở dây quấn stator sức điện động tản $E_{\sigma 1}$

$$E_{\sigma 1} = -j.I_0.x_1$$

x_1 là điện kháng tản của dây quấn stator.Ngoài ra dây quấn stator còn có điện trở tác dụng r_1, kể đến sự có mặt của nó dưới hình thức điện áp rơi $I_0 r_1$. Phương trình sức điện động sơ cấp của máy điện không đồng bộ dưới dạng máy biến áp:

Đồ thị không tải của máy điện không đồng bộ tương ứng về nguyên tắc với những đồ thị không tải của máy biến áp. Nhưng trong quan hệ về lượng giữa hai đồ thị có một sự khác nhau rõ rệt:

Trong máy điện không đồng bộ: $I_0 = (20 \div 50)\% I_{đm}$

Trong máy biến áp: $I_0 = (3 \div 10)\% I_{đm}$

Điện áp rơi trên dây quấn máy điện không đồng bộ khi không tải chiếm $(2 \div 5)\%$ $U_{đm}$ còn của máy biến áp thường không quá $(0,1 \div 0,4)\%$ $U_{đm}$.

Hệ số biến đổi sức điện động của máy điện không đồng bộ:

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\sqrt{2}\pi.f_1 w_1 k_{dq1} \Phi_m}{\sqrt{2}.\pi f_1 w_2 k_{dq2} \Phi m} = \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}} \qquad (3\text{-}1)$$

Trong máy điện không đồng bộ cũng như trong máy biến áp dây quấn thứ cấp được đưa về dây quấn sơ cấp nghĩa là thay cuộn dây thứ cấp thật bằng một cuộn khác cũng có số vòng dây, bước dây quấn và số rãnh của một pha dưới một cực như là cuộn sơ cấp.

Sức điện động của dây quấn thứ cấp được qui đổi: $E'_2 = k_e E_2 = E_1$

Khi rotor hở mạch và đứng yên trong máy chỉ có tổn hao đồng của stator $m_1 I^2 r_1$ tổn hao sắt ở stator, rotor: $p_{fe1} + p_{fe2}$. Công suất P_{10} do máy tiêu thụ từ lưới $P_{10} = m_1 I^2_0 r_1 + p_{fe1} + p_{fe2}$.

Trong máy điện không đồng bộ I_0 và r_1 tương đối lớn nên tổn hao đồng p_{cu1} chiếm một thành phần đáng kể trong P_{10}. Đối với máy biến áp ta bỏ qua p_{cu1} lúc không tải.

3.5.1.2. Ngắn mạch của máy điện không đồng bộ khi n = 0:

Nếu chúng ta dịch chuyển điểm tiếp xúc động của biến trở trong mạch rotor từ vị trí 1 sang vị trí 2 (h3.10), thì chúng ta có tình trạng ngắn mạch của máy điện không đồng bộ.

Về bản chất vật lý ngắn mạch như vậy tương tự ngắn mạch của máy biến áp. Đặt một điện áp $U_1 = (15 \div 25)\ \% U_{đm}$ vào dây quấn stator.

Trong dây quấn stator có I_1 chạy với tần số f_1, trong rotor có I_2 chạy với tần số f_2, khi n = 0 thì $f_2 = f_1$, I_1, I_2 sinh ra F_1, F_2 ở đây ta chỉ xét đến các sóng điều hòa bậc một:

$$F_1 = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_1$$

$$F_2 = \frac{m_2\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_2 k_{dq2}}{p} I_2$$

F_1, F_2 quay với tốc độ $n_1 = 60f_1/p$ và tác dụng với nhau sinh ra sức từ động tổng ở khe hở F_0

$$F_1 + F_2 = F_0 \quad F_1 = F_0 + (-F_2)$$

Giống như cách phân tích máy biến áp, ở đây có thể coi dòng điện stato I_1 gồm 2 thành phần:

$$I_0 \rightarrow F_0 = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_0$$

$$-I_2' \rightarrow -F_2' = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_2'$$

Như vậy, ta có: $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2)$ so sánh sức điện động F_2 do dòng điện I_2 của rotor và thành phần của dòng điện stato sinh ra, ta có:

$$\frac{m_1\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_2' = \frac{m_2\sqrt{2}}{\pi}\frac{w_2 k_{dq2}}{p} I_2$$

Từ đó tìm được hệ số biến đổi dòng điện:

$$k_1 = \frac{I_2}{I_2'} = \frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}} \qquad (3\text{-}2)$$

Do dó dòng điện qui đổi của rotor là: $I_2' = \frac{1}{k_i} I_2$

Dùng các hệ số biến đổi sức điện động và dòng điện (3-1), (3-2) chúng ta có thể xác định được điện trở và điện kháng qui đổi r'_2 và x_2' của rotor.

Khi qui đổi r_2' chúng ta xuất phát từ tổn hao đồng của dây quấn rotor không phụ thuộc vào sự qui đổi đó: $m_2 I_2^2 r_2 = m_1 I_2'^2 r_2$

$$r_2' = \frac{m_2}{m_1}\left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 . r_2 = \frac{m_2}{m_1}\left(\frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}}\right)^2 . r_2$$

$$= \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}}\frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}} r_2 = k_e k_i r_2 = k . r_2$$

Ở đây $k = k_e . k_i$ là hệ số qui đổi của điện trở.

Khi qui đổi điện kháng đến x_2 ta xuất phát từ góc y_2 giữa E_2 và I_2 không phụ thuộc vào sự qui đổi:

$$tg\psi_2 = \frac{x_2}{r_2} = \frac{x_2'}{r_2'}$$

$$\Rightarrow x_2' = \frac{r_2'}{r_2} x_2 = k.x_2$$

Các phương trình sức điện động sơ cấp của máy điện không đồng bộ lúc ngắn mạch viết hoàn toàn như đối với máy biến áp:

$$U_1 = -E_1 + \dot{I}_1 Z_1$$
$$O = -E_2' + I_2'.Z_2'$$
$$E_2' = E_1$$
$$I_1 + I_2' = I_0$$
$$-E_1 = I_0 Z_m$$

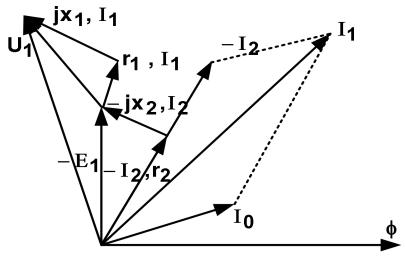
Ở đây $Z_1=r_1+jx_1$; $Z_2' =r_2'+jx_2'$

Với $E_2' = E_1$ và $I_2' = -I_1$ (vì F_0 nhỏ = 0) Giải 2 phương trình đầu ta có:

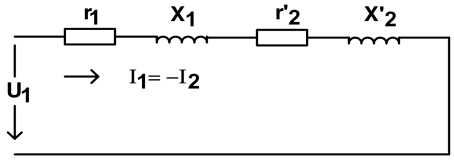
$$I_1 \approx \frac{U_1}{Z_1 + Z_2'} = \frac{U_1}{Z_1}$$

Trong đó $Z_n = r_n+jx_n$; $r_n = r_1 + r_2'$; $x_n = x_1 + x_2'$.

Đồ thị véc tơ và mạch điện thay thế:



Hình 3.12 Đồ thị véc tơ của máy điện không đồng bộ khi rotor đứng yên



Hình 3.13 Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ khi ngắn mạch.

3.5.2 Máy điện không đồng bộ làm việc khi rotor quay

Trong trường hợp này nó được xem như một máy biến áp tổng hợp nghĩa là ở đây không chỉ có biến đổi điện áp dòng điện và số pha mà còn có cả tần số và các dạng năng lượng nữa. Tóm lại viết phương trình sức điện động của máy điện không đồng bộ và giải theo dòng điện, chúng ta có thể có được về nguyên tắc, những giản đồ đẳng trị như đối với máy biến áp.

3.5.2.1. Các phương trình cơ bản:

Máy điện không đồng bộ làm việc thì dây quấn rotor thường nối ngắn mạch.Nối dây quấn stator với nguồn 3 pha thì trong dây quấn có I_1 chạy, phương trình cân bằng s.đ.đ trên dây quấn stator vẫn như cũ:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + I_1(r + jx_1)$$

Φ_m quay với tốc độ: $n_1 = \frac{60f_1}{p}$

a. Tần số sức điện động cảm ứng trong dây quấn rotor:

Khi quay rotor với tốc độ n trong từ trường quay có tốc độ n_1 (và cùng chiều) thì tốc độ quay tương đối của Φ_m với rotor có tốc độ $n_2 = n_1 - n$ và tần số dòng điện trong rotro là:

$$f_2 = \frac{pn_2}{60}$$

$$f_2 = \frac{n_1 - n}{n_1}.\frac{n_1.p}{60} = f_1.s$$

Thường ĐCKĐB khi tải định mức thì $s_{đm} = 0,02 - 0,05$ nên suy ra tần số trên rotor thấp và tổn hao ít.

b. Sức điện động của rotor: Theo biểu thức chung thì

$$E_{2s} = 4,44.f_2.w_2.k_{dq2}.\Phi = 4,44.f_1.s.w_2.k_{dq2}.\Phi = s.E_2$$

Qui đổi về stator: $E'_{2s} = s.E_2'$

Nghĩa là với từ thông chính đã cho Φ_m thì sức điện động cảm ứng trong rotor khi quay bằng sức điện động E_2 khi rotor đứng yên nhân thêm với hệ số trượt.

Ví dụ: khi n = 0 và rotor hở mạch ta có ở các vành trượt $U_2 = E_2 = 600v$, thì khi vừa nâng cao dần tốc độ quay của rotor theo chiều từ trường quay $n = 0 \div n = n_1$ thì ta có sự biến thiên bậc nhất của E_{2s} từ $E_{2s} = 600v \div E_{2s}$ với $n > n_1$ thì E_{2s} bắt đầu tăng và có trị số âm nghĩa là biến đổi gốc pha của mình so với lúc đầu 180^0.

c. Điện trở của dây quấn rotor:

Giả sử rotor khép kín mạch qua một điện trở phụ nào đó muốn vậy chúng ta dịch điểm tiếp xúc của biến trở về vị trí 3. Vậy điện trở của rotor là: $R_2 = r_2 + r_f$.

r_2: điện trở tác dụng của rotor; r_f: điện trở phụ.

Qui đổi: $R'_2 = r_2' + r'_f$.

d. Điện kháng của rotor:

Điện kháng tản của phần quay đứng yên: $x_2 = 2\pi.f.L_{\sigma 2}$

Trong đó: $L_{\sigma 2}$ là hệ số tự cảm xác định bởi từ thông tản bởi vì từ thông tản đi qua không khí là chính nên $L_{\sigma 2}$=const

$$x_{2s} = 2\pi.f_2.L_{\sigma 2} = 2\pi.f_1.s.L_{\sigma 2} = x_{2s}$$

$$x'_{2s} = x'_2 s$$

3.5.2.2. Phương trình sức điện động và dòng điện của rotor

Nếu mạch của rotor kín thì trong đó sẽ có I_2 chạy và I_2 sẽ tạo nên và đi qua r_2, tương ứng với điều đó sẽ có sức điện động E_{2s} =E_2.s tạo nên bởi Φ_m và sức điện động tản

$$\dot{E}_{\sigma 2} = -j.I_2.x_2.s = -j.I_2.x_{2s}$$

Theo định luật kirkhoff 2:

$$\dot{E}_{2s} + \dot{E}_{\sigma 2} = \dot{E}_{2s} - j.I_2.x_{2s} = I_2.r_2$$

hay $$\dot{E}_{2s} = \dot{I}_2.Z_{2s} = \dot{I}_2(r_2 + j.x_2.s)$$

với $Z_{2s} = r_2 + j.x_2.s$: Tổng trở của thực rotor

Do đó: $$I_2 = \frac{E_{2s}}{Z_{2s}} = \frac{\dot{E}_{2s}}{r_2 + j.x_2.s} \qquad (3\text{-}3)$$

hay: $$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2.s^2}}$$

Nếu dạng rotor quy đổi về stator: $E'_{2s} = I'_2.z'_{2s}$

với $z'_{2s} = r'_2 + jx'_2.s$: Tổng trở quy đổi của rotor.

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{E}'_{2s}}{z'_{2s}} = \frac{\dot{E}'_{2s}}{r'_2 + jx'_2.s} \qquad \text{hay} \quad I'_2 = \frac{E'_{2s}}{\sqrt{r'^2_2 + x'^2_2.s^2}}$$

Để thiết lập phương trình mới có ý nghĩa, ta có thể biến đổi (3-3) như sau:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{2s}}{r_2 + j.x_2.s} = \frac{\dot{E}_2}{\frac{r_2}{s} + jx_2}$$

Biểu thức của $\dot{I}_2$ có một ý nghĩa vật lý mới: Ở mạch thứ cấp bây giờ thay cho sức điện động khi rotor quay E_{2s} với $f_2 = s.f_1$ sẽ là sức điện động E_2 khi rotor đứng yên với tần số f_1. Điện kháng khi rotor quay x_2.s ở mạch thứ cấp sẽ là điện kháng khi rotor đứng yên x_2. Muốn trong mạch thứ cấp vẫn chỉ có dòng điện dòng điện I_2 có cùng trị số và pha đối với I_2 chỉ cần thiết thay r_2 thực bằng 1 điện trở mới bằng:

$$\frac{r_2}{s} = r_2 + r_2\frac{1-s}{s}$$

Như vậy, nếu rotor quay muốn trong đó vẫn là dòng điện ấy, cần đưa vào mạch thứ cấp 1 điện trở giả tưởng: $r_2\frac{1-s}{s}$

3.5.2.3. Tốc độ quay của s.t.đ rotor

Trong dây quấn rotor, I_2 tạo nên F_2 quay so với rotor tốc độ n_2 tương ứng với tần số f_2. Ngoài ra, bản thân rotor quay với tốc độ n. Do đó, F_2 quay tương đối so với stator tốc độ n_2+n. Nhưng: $$n_2 = \frac{60f_2}{p} = \frac{60f_1.s}{p} = n_1.s \Rightarrow n_2 = n_1\frac{n_1 - n}{n_1} = n_1 - n$$

Như vậy: $n_2 + n = n_1 - n + n = n_1$

Nghĩa là st.đ của rotor quay trong không gian luôn luôn với tốc độ và chiều như st.đ của stator (không phụ thuộc vào tình trạng làm việc).

Bởi vì F_1 và F_2 quay cùng tốc độ và chiều trong không gian nên có thể xem rằng nó chuyển động tương đối với nhau và tạo thành sóng st.đ tổng F_0. Như vậy, hình sin st.đ F_2 cần phải lệch về không gian tương đối với F_1 một góc để F_0 đủ tạo nên Φ_m, theo điều kiện cân bằng st.đ: $\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0 \Rightarrow \dot{I}_1 + \dot{I}_2' = \dot{I}_0$

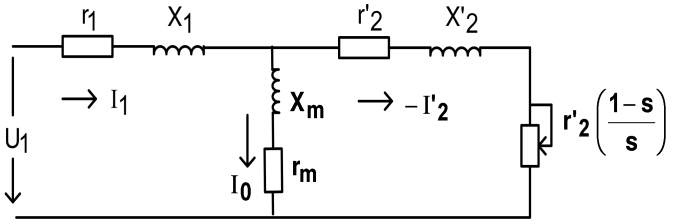
Tóm lại, hệ phương trình cơ bản lúc rotor quay là:

$$\begin{aligned} \dot{u}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1(r_1 + jx_1) \\ 0 &= -\dot{E}_2 + \dot{I}_2\left(\frac{r_2'}{s} + jx_2'\right) \\ E_2' &= E_1 \\ \dot{I}_1 + \dot{I}_2' &= \dot{I}_0 \qquad (3\text{-}4) \\ -E_1 &= j\dot{I}_0 z_m \end{aligned}$$

3.5.2.4. Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ:

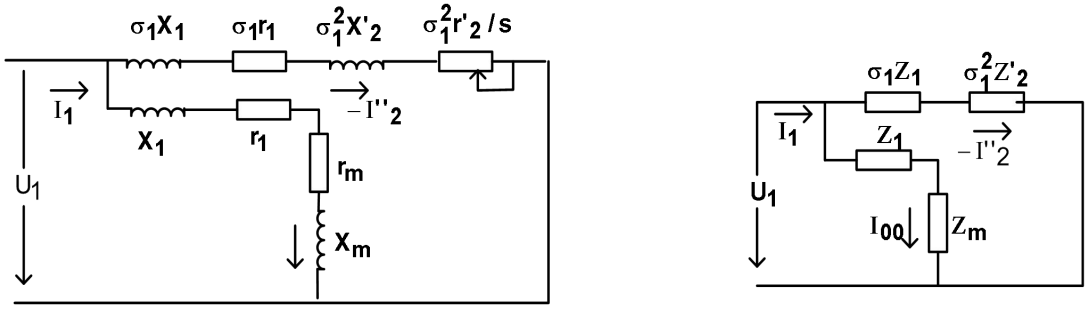
Dựa vào hệ phương trình (3-4), ta có thể lập được mạch điện thay thế hình T cho máy điện không đồng bộ với:

$r_2'\frac{1-s}{s}$: đặc trưng cho sự thể hiện $P_{cơ}$ trên trục: $\left(P_{cơ} = m_1 I_2'^2 r_2'\left(\frac{1-s}{s}\right)\right)$.



Hình 3.14 Mạch điện thay thế hình T của máy đện không đồng bộ.

Khác với máy biến áp chỉ có sự biến đổi điện năng ở điện áp này qua điện năng ở điện áp khác, động cơ không đồng bộ là một máy điện biến đổi điện năng ra cơ năng. Khi giảm phụ tải điện áp ở các cực thường thường không thay đổi, còn khi phụ tải biến đổi thì từ thông hỗ cảm và sức điện động tương ứng với nó $E_1 = E'_2$ ở các đầu cực của mạch từ hóa hình T cũng biến đổi dưới ảnh hưởng của điện áp rơi $I_1 z_1$ ở mạch sơ cấp. Với những lý do trên, ta thấy rằng mạch điện thay thế hình T đôi khi không tiện lợi cho việc nghiên cứu các quá trình công tác của máy điện không đồng bộ. Tiện lợi hơn là giản đồ thay thế hình T trong đó mạch từ hóa được đưa ra các đầu cực sơ cấp và với mọi sự biến thiên của phụ tải, nghĩa là khi hệ số trượt s thay đổi thì dòng điện vẫn không đổi và bằng dòng điện không tải lý tưởng I_{00} khi s = 0 (h3.15).



Hình 3.15 Giản đồ thay thế hình T

σ_1: hệ số hiệu chỉnh (hệ số sửa chữa biến đổi)

Tỷ số của dòng điện ở mạch chính của hình T và T là:

$$\frac{I_2^{/}}{I_2^{//}} = 1 + \frac{z_1}{z_m} = \sigma_1 \qquad \text{coi: } r_m << x_m : \qquad \sigma_1 = 1 + \frac{z_1}{z_m} = \left(1 + \frac{z_1}{z_m}\right) - j\frac{r_1}{r_m}$$

Vì $\frac{r_1}{r_m}$ rất bé nên có thể bỏ qua phần ảo của σ_1; thực tế (σ_1=1,04÷1,08).

$$\sigma_1 = 1 + \frac{x_1}{x_m} = 1 + \frac{\Phi_{\sigma 1}}{\Phi_{\sigma m}}$$

3.6 Các chế độ làm việc, giản đồ năng lượng, đồ thị vectơ của máy điện không đồng bô

3.6.1. Máy điện làm việc ở chế độ động cơ điện (0 < s < 1):

a. Giản đồ năng lượng:

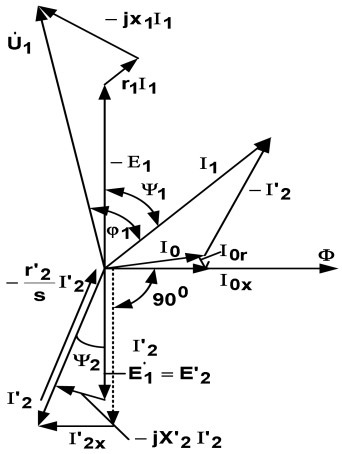
- Động cơ điện lấy công suất tác dụng từ lưới vào: $P_1 = m_1 u_1 I_1 \cos\varphi_1$ một phần biến thành tổn hao đồng của dây quấn stator: $p_{Cu1} = m_1 I_1^2 r_1$

và tổn hao sắt: $p_{Fe} = m_1 I^2{}_0 r_m$

Phần còn lại chuyển thành $P_{đt}$:

$$P_{đt} = P_1 - p_{Cu1} - p_{Fe}$$

Hình 3.17: Đồ thị vectơ của động cơ điện không đồng bô



Tổn hao đồng trong rotor: $p_{Cu2} = m_1 I_2^{/2} r_2^{/}$

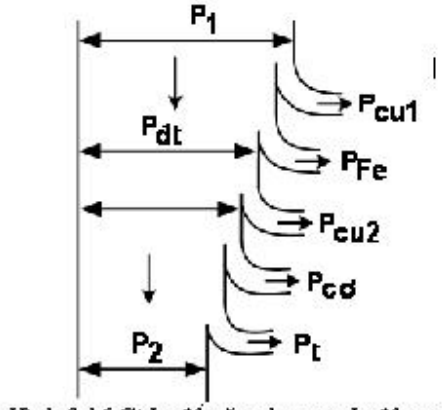
còn lại chuyển thành công suất cơ ở trục động cơ:

$$P_{cơ} = P_{đt} - p_{Cu2} = m_1 I_2^{/2} \frac{r_2^{/}}{s} - m_1 I_2^{/2} r_2^{/}$$

$$= m_1 I_2^{/2} \left(\frac{1-s}{s}\right) r_2^{/}$$

$$P_{cơ} = \frac{p_{Cu2}(1-s)}{s}$$

Vậy:
$$P_{cơ} = (1-s)P_{đt}$$
$$p_{Cu2} = sP_{đt}$$



Hình 3.16 Giản đồ năng lượng củađộng cơ điện không đồng bộ.

- Khi máy quay có tổn hao cơ và tổn hao phụ $p_{cơ}$ và p_f:

$$P_2 = P_{cơ} - p_{cơ} - P_f$$

Như vậy, tổng tổn hao là:

$$\sum p = p_{Cu1} + p_{Fe} + p_{Cu2} + p_{cơ} + p_1$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum p}{P_1}$$

- Động cơ điện cũng lấy công suất phản kháng từ lưới vào: $Q_1 = m_1 I_1^2 u_1 \sin\varphi_1$ một phần nhỏ để sinh ra từ trường tản ở sơ và thứ:

$$q_1 = m_1 I_1^2 x_1$$

$$q_2 = m_2 I_2'^2 x_2'$$

phần còn lại để sinh ra từ trường ở khe hở: $Q_m = m_1 E_1 I_1 = m_1 I_0^2 x_m$

- Từ đó, ta vẽ được giản đồ năng lượng:

b. Đồ thị vectơ:

Giống như máy biến áp, đồ thị vectơ của máy điện không đồng bộ được lập tương ứng với giản đồ thay thế hình T. Các đồ thị được vẽ cho 1 pha của m pha với dạng rotor quy đổi về stator. Φ_m tạo nên $\dot{E}_1 = \dot{E}_2'$ bằng với điện áp trên các cực của mạch từ hóa của giản đồ hình T. I_0 vượt trước Φ_m một góc tương ứng với tổn hao sắt stator.

$\dot{I}_2'$ chậm sau $\dot{E}_2'$ một góc φ_2:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2'$$
$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1$$
$$\dot{E}_2' = I_2' \frac{r_2'}{s}$$

$\dot{I}_1$ chậm sau $\dot{U}_1$ một góc $\varphi_1 < \frac{\pi}{2}$.

3.6.2. Máy làm việc ở chế độ máy phát ($-\infty < s < 0$):

a. Giản đồ năng lượng:

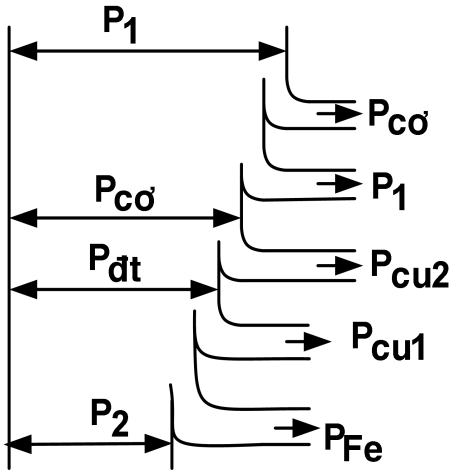
Công suất cơ P_1 đưa vào trục, trừ đi tổn hao cơ $p_{cơ}$, tổn hao phụ p_f. Ta có công suất hiệu dụng $P_{cơ}$.

Công suất cơ trừ đi p_{Cu2} ta có $P_{đt}$. $P_{đt}$ trừ đi tổn hao sắt p_{Fe} và p_{Cu1} ta có công suất điện phát ra P_2.

$$P_{cơ} = P_1(p_{cơ} + p_1)$$
$$P_{đt} = P_{cơ} - p_{Cu2}$$
$$P_2 = P_{đt} - (p_{Cu1} + p_{Fe})$$

Hiệu suất của máy phát điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$



Hình 3.18: Giản đồ năng lượng của máy phát điện không đồng bộ

b. Đồ thị vectơ:

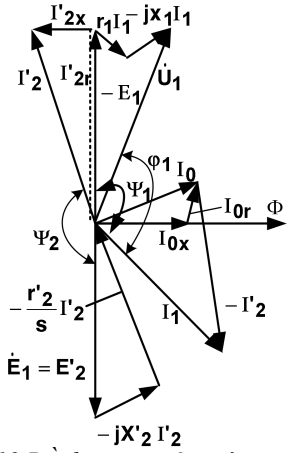
Khi $s < 0$ thì $P_{cơ} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{(1-s)}{s} < 0$

nên máy nhận công suất cơ từ ngoài vào, ta có:

$$tg\psi_2 = \frac{x_2'}{r_2'/s} = \frac{s x_2'}{r_2'} < 0$$

Nên góc ψ_2 giữa s.đ.đ E_2 và dòng điện I_2 nằm trong khoảng $90^0 < \psi_2 < 180^0$.

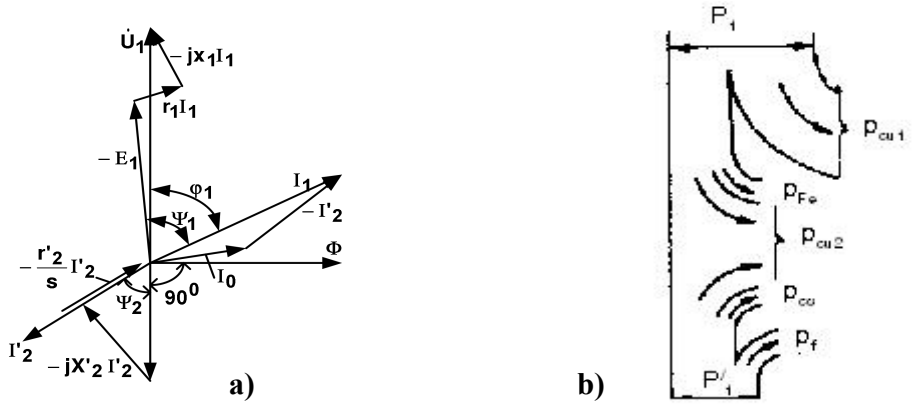
Từ đồ thị véc tơ ta thấy $j_1 > 90^0$, do đó $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos\varphi_1 < 0$ nên máy phát công suất tác dụng vào lưới.



Hình 3.19 Đồ thị vectơ của máy phát điện không đồng bộ:

3.6.3. Máy làm việc ở chế độ hãm điện từ ($1 < s < +\infty$):

Hình 3.20 Đồ thị véc tơ (a), giản đồ năng lượng (b) của máy điện không đồng bộ ở chế độ hãm điện từ.



Khi s >1 thì công suất cơ: $P_{cơ} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{(1-s)}{s} < 0$, máy lấy công suất cơ từ ngoài vào. $P_{đt} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} > 0$, máy lấy công suất điện. Tất cả công suất cơ và công suất điện điện lấy từ ngoài vào đều biến thành tổn hao đồng trên mạch rotor:

Thí dụ 1:

Một động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn khi để rotor hở mạch và cho điện áp định mức vào stator thì điện áp trên vành trượt là 250 V. Khi động cơ làm việc với tải định mức thì tốc độ n = 1420 vòng/phút. Tính:

a) Tốc độ đồng bộ.

b) Tốc độ từ trường quay do dòng điện sinh ra so với tốc độ rotor.

c) Tần số dòng điện ở rotor.

d) Sức điện động của rotor khi tải định mức.

Giải:

a) Vì hệ số trượt của động cơ rất bé s = 3 ÷ 6% nên tốc độ đồng bộ của từ trường quay n_1 = 1500 vòng/phút, tức là máy có 2 đôi cực (khi tần số là 50 Hz).

b) Tốc độ của từ trường rotor so với rotor là:

$$n_2 = n_1 - n = 1500 - 1420 = 80 \text{ vòng/phút}$$

n_2 quay cùng chiều với rotor.

c) Tần số dòng điện rotor:

$$f_2 = \frac{pn_2}{60} = \frac{2.80}{60} = 2{,}66\text{Hz}$$

hay $$f_2 = sf_1 = 0{,}053.50 = 2{,}66\text{Hz}$$

Trong đó $$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1420}{1500} = \frac{80}{1500} = 0{,}053$$

d) Sức điện động của rotor khi quay ở tốc độ định mức:

$$E_{2s} = sE_2 = 0{,}053.250 = 13.4\text{V}$$

Thí dụ 2:

Một động cơ không đồng bộ có các số liệu sau: dây quấn stator và rotor đều nối Y; số rãnh stator $Z_1 = 72$; số rãnh rotor $Z_2 = 12$; số thanh dẫn ở một rãnh stator $S_{r1} = 9$ và ở rotor $S_{r2} = 2$; dây quấn bước đủ có 4 đôi cực.

Khi làm thí nghiệm ngắn mạch, điện áp đặt vào stator là $U_n = 110$ V; dòng điện $I_n = 61$ A và $\cos\varphi_n = 0{,}336$. Tính:

a) Điện trở và điện kháng ngắn mạch r_n, x_n.

b) Điện trở và điện kháng dây quấn rotor r_2, x_2. Cho biết $r_1 = 0{,}159\Omega$; $x_1 = 0{,}46\Omega$

c) Công suất động cơ điện tiêu thụ và công suất tiêu hao trên dây quấn khi ngắn mạch.

Giải:

Theo mạch điện thay thế khi ngắn mạch máy điện không đồng bộ, ta có:

$$r_1 + r_2 = r_n \quad x_1 + x_2' = x_n \qquad z_n = \sqrt{r_n^2 + x_n'^2}$$

Do đó:

a) $$z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{110}{\sqrt{3}.61} = 1{,}044\Omega$$

$$r_n = z_n \cos\varphi_n = 1{,}044.0{,}336 = 0{,}351\Omega$$

$$x_n = z_n \sin\varphi_n = 1{,}044.0{,}94 = 0{,}98\Omega$$

b) $$r_2' = r_n - r_1 = 0{,}351 - 0{,}159 = 0{,}152\Omega$$

$$x_2' = x_n - x_1 = 0{,}98 - 0{,}46 = 0{,}52\Omega$$

Để xác định r_2, x_2 ta cần tìm các hệ số quy đổi k_e, k_1.

Ta có: $$w_1 = \frac{S_{r1}Z_1}{2m_1} = \frac{9.72}{2.3} = 108$$

$$w_2 = \frac{S_{r2}Z_2}{2m_2} = \frac{2.120}{2.3} = 40$$

Hệ số dây quấn stator: $k_{dq1} = k_{n1}k_{r1}$

Vì bước đủ nên $k_{n1} = 1$, còn:

$$k_{r1} = \frac{\sin q_1 \frac{\alpha_1}{2}}{q_1 \sin\frac{\alpha_1}{2}} = \frac{\sin\frac{\pi}{2m_1}}{q_1 \sin\frac{\pi}{2q_1m_1}} = \frac{\sin\frac{180}{2.3}}{3\sin\frac{180}{2.3.3}} = 0{,}963$$

Trong đó: $$q_1 = \frac{Z_1}{2pm_1} = \frac{72}{2.4.3} = 3$$

$$\alpha_1 = \frac{p2\pi}{Z_1} = \frac{\pi}{q_1m_1}$$

$$k_{dq1} = k_{n1}k_{r1} = 0{,}963$$

Hệ số dây quấn rotor: $k_{dq2} = k_{n2}k_{r2}$

Vì bước đủ nên $k_{n2} = 1$, còn:

$$k_{r2} = \frac{\sin\frac{\pi}{2m_2}}{q_2 \sin\frac{\pi}{2q_2m_2}} = \frac{\sin\frac{180}{2.3}}{5\sin\frac{180}{2.5.3}} = 0{,}955$$

Trong đó: $q_2 = \frac{Z_2}{2pm_2} = 5$

$$k_{dq2} = k_{n2}k_{r2} = 0{,}955$$

Vì $m_1 = m_2$ nên $k_i = k_e = \frac{w_1k_{dq1}}{w_2k_{dq2}} = \frac{108.0{,}963}{40.0{,}955} = 2{,}71$

$$r_2 = \frac{r_2'}{k_ek_i} = \frac{0{,}152}{2{,}712.2{,}712} = 0{,}0207$$

$$x_1 = \frac{x_2'}{k_ek_i} = \frac{0{,}52}{2{,}712.2{,}712} = 0{,}0708$$

c) Công suất động cơ tiêu thụ:

$$P_n = \sqrt{3}U_nI_n\cos\varphi_n = \sqrt{3}.110.61.0{,}336 = 3920W$$

Hay có thể tính công suất tổn hao trên r_n

$$P_n = 3I_n^2r_n = 3.61^2.0{,}351 = 3920W$$

Tổn hao sắt trong trường hợp ngắn mạch được bỏ qua, do đó công suất động cơ điện tiêu thụ đều bù đắp vào tổn hao đồng trên dây quấn stator và rotor

Thí dụ 3:

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có các số liệu sau: $P_{đm}$= 11,9kW; $U_{fđm}$= 220V; $I_{fđm}$ = 25A; f = 50Hz; 2p = 6; p_{Cu1} = 745W; p_{Cu2} = 480W; p_{Fe} = 235W; $p_{cơ}$ = 180W; p_f =60W. Tính công suất điện từ, moment điện từ và tốc độ quay của động cơ.

Giải:

Công suất của động cơ:

$$P_{đt} = P_2 + p_{cơ} + p_f + p_{Cu2} = 11900 + 180 + 60 + 480 = 12620W$$

Moment điện từ: $M = \frac{P_{đt}}{\omega_1} = \frac{P_{đt}}{\frac{2\pi n_1}{60}} = \frac{12620}{\frac{2\pi1000}{60}} = 120Nm$

Trong đó: $n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60.50}{3} = 1000$ vòng/phút

Tốc độ quay của động cơ:

Vì $s = \frac{p_{Cu2}}{P_{đt}} = \frac{480}{12620} = 0{,}038$

Nên $n = n_1.(1\text{-}s) = 1000(1\text{-}0{,}038) = 962$ vòng/phút

3.7. Các đặc tính của máy điện không đồng bộ

Trong chương này chúng ta sẽ nghiên cứu các đặc tính của máy mà chủ yếu là đặc tính cơ. Khi viết M = f(s) ta có thể rút ra các kết luận quan trọng về mở máy, điều chỉnh tốc độ, làm việc bình thường của máy v.v...

3.7.1 Mômen điện từ và đặc tính cơ của máy điện không đồng bộ

3.7.1.1.Phương trình cân bằng mômen:

Khi động cơ không đồng bộ làm việc ổn định n = c^{te} thì phải khắc phục mômen phụ tải $M_{cđm}$ tạo nên từ mômen cản không tải M_o và mômen cản hiệu dụng M_2.Do đó mômen điện từ phát sinh ở rotor động cơ lúc n = c^{te} phải có hai thành phần mômen cản tương ứng.Như vậy:

$$M_{đt} = M_o + M_2$$

với:

$$M_0 = \frac{p_{cơ} + p_f}{\omega} = \frac{P_0}{\omega} = \frac{60}{2\pi n}.P_0 = 9{,}55.\frac{P_0}{n}$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = 9{,}55.\frac{P_2}{n}$$

$$M_{đt} = \frac{P_0}{\omega} + \frac{P_2}{\omega} = \frac{P_{cơ}}{\omega} = 9{,}55.\frac{P_{cơ}}{n}$$

$\omega = \frac{2\pi n}{60}$: tốc độ góc quay của rotor.

n: tốc độ quay của rotor.

Mặt khác ta có:

$$M_{đt} = \frac{P_{đt}}{\omega_1} = 9{,}55.\frac{P_{đt}}{n_1}$$

$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$:tốc độ góc quay đồng bộ của từ trường quay

từ đó ta có: $\frac{P_{cơ}}{\omega} = \frac{P_{đt}}{\omega_1} \Rightarrow P_{cơ} = \frac{\omega}{\omega_1}P_{đt} = \frac{n}{n_1}P_{đt} = (1-s)P_{đt}$

3.7.1.2. Biểu thức moment:

a. Theo quan hệ I và Φ:

$$M_{đt} = \frac{P_{đt}}{\omega_1} = \frac{m_2 E_2 I_2 \cos\psi_2}{\omega_1}$$

$$E_2 = \sqrt{2}\pi f_1.w_2 k_{dq2}\Phi_m$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$$

$$M_{đt} = \frac{\sqrt{2}}{2}m_2 p w_2 k_{dq2}\Phi I_2 \cos\psi_2 = C_M \Phi I_2 \cos\psi_2$$

C_M :Hệ số kết cấu của máy

b.Theo hệ số trượt s:

$$M_{đt} = \frac{P_{đt}}{\omega_1} = \frac{p_{cu2}/s}{2\pi f_1/p}$$

$$p_{cu2} = m_2 I_2^2 r_2 = m_2 I_2^2 r_2' = m_2 I_2^2 R_2'$$

$$I_2'' = \frac{U_1}{\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2\right]^{1/2}}$$

$$I_2' = \sigma_1 I_2'' \qquad (3\text{-}5)$$

Với: $R_1 = \sigma r_1$; $R_2' = \sigma_1' r_2'$

$X_1 = \sigma x_1$; $X_2' = \sigma_1' x_2'$

$$M_{đt} = \frac{pm_1 U_1^2 R_2'}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_1 + X_2'\right)^2\right]} (Nm) \qquad (3\text{-}6)$$

(Phương trình đặc tính cơ của máy)

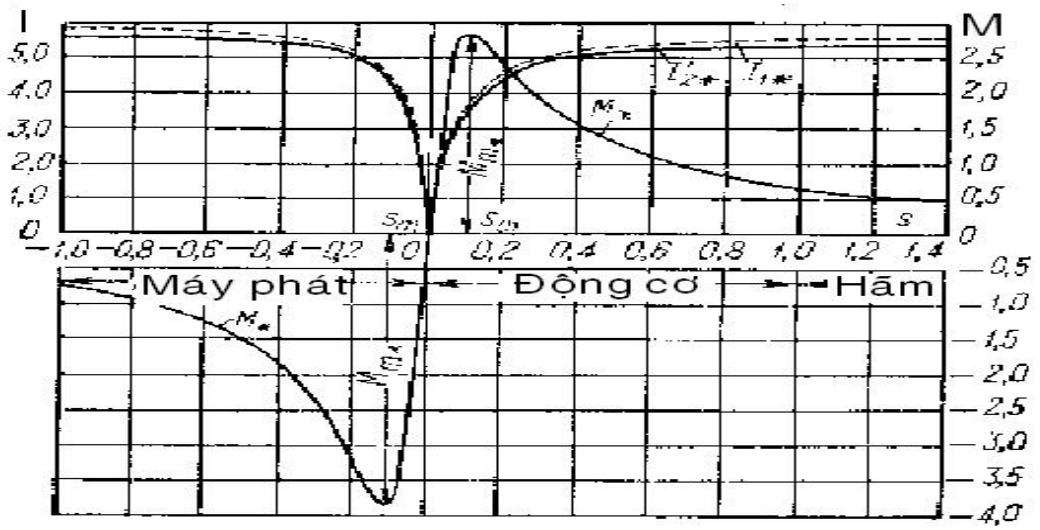
Kết luận: với tần số và các tham số cho trước, $M_{đt}$ tỉ lệ thuận với bình phương điện áp và tỉ lệ nghịch với điện kháng của máy (X_1+X'_2)

Dựa vào (3-5), (3-6) ta có thể tìm được đặc tính

I = f (s) ; M = f (s) ; I'_{2max} ở s = $\pm\infty$

s < 0 $M_{đt}$ <0 (máy phát điện)

Đường M = f (s) khi U = Const là một đường thẳng với các trị số lớn của s thì $M_{đt}$ giảm mặc dầu I'_2 tăng bởi vì $\cos\varphi_2$ giảm nhanh.



Hình 3.20 Đường biểu diễn mômen điện từ và dòng điện theo hệ số trượt.

c. Tính mô men cực đại M_{max}:

Muốn tính M_{max}ta lấy $\frac{dM}{dS}$ =0 thì ta tính được s_{max} ứng với M_{max}

$$\frac{dM}{dS}=\frac{2\pi f_1 m_1 u_1^2 P\left\{-\left[\left(R_1+\frac{R_2'}{s}\right)^2+x_n^2\right]\frac{R_2'}{s^2}+\frac{R_2'}{s}2\left(R_1+\frac{R_2'}{s}\right)\frac{R_2'}{s^2}\right\}}{MSC^2}$$

$$\frac{dM}{dS}=\frac{2\pi f_1 m_1 u_1^2 P\frac{R_2'}{s}\left[-R_1^2-X_n^2+\frac{R_2'}{s^2}\right]}{MSC^2}$$

Muốn cho đạo hàm dM/ds = 0 thì:

$$-R_1^2-X_n^2+\frac{R_2'}{s^2}=0\Rightarrow\frac{R_2'}{s^2}=R_1^2+x_n^2\qquad\Rightarrow s_{max}=\frac{\pm R_2'}{\sqrt{R_1^2+x_n^2}}\quad(3\text{-}7)$$

Trong máy điện không đồng bộ: $R_1 << x_n$ thường R_1 = (10 đến 12)% x_n do đó R_1 bé hơn x_n đến mức có thể bỏ qua được. Trong trường hợp này:

$$s_m\approx\pm\frac{R_2'}{x_n}=\frac{R_2'}{x_1+x_2}$$

Thế (3-7) vào (3-6) ta có M_{max}:

$$M_{max}=\frac{\pm pm_1U_1^2\sqrt{R_1^2+x_n^2}}{2\pi f_1\left[\left(R_1^2\pm\sqrt{R_1^2+x_n^2}\right)^2+x_n^2\right]}$$

$$M_{max}=\frac{\pm pm_1U_1^2\sqrt{R_1^2+x_n^2}}{2\pi f_1\left[\left(R_1^2\pm 2R_1\sqrt{R_1^2+x_n^2}+R_1^2+x_n^2\right)^2+x_n^2\right]}$$

$$M_{max}=\frac{\pm pm_1U_1^2\sqrt{R_1^2+x_n^2}}{4\pi f_1\left[\pm R_1\sqrt{R_1^2+x_n^2}+x_n^2+R_1^2\right]}$$

$$M_{max}=\frac{\pm pm_1U_1^2}{4\pi f_1\left[\pm R_1\sqrt{R_1^2+x_n^2}\right]}\qquad(3\text{-}8a)$$

$$M_{max}=\frac{\pm pm_1U_1^2}{4\pi f_1\sigma_1\left[\pm r_{+1}\sqrt{r_1^2+\left(x_1+\sigma_1x_2'\right)^2}\right]}$$

Nếu tính gần đúng bỏ qua $R_1^2 << x_n^2$ ta có:

$$M_{max} \approx \frac{\pm pm_1 u_1^2}{4\pi f_1[\pm R_1 + x_n]} \approx \frac{\pm pm_1 u_1^2}{4\pi f_1 \sigma_1\left[\pm r_1 + \left(x_1 + \sigma_1 x_2'\right)\right]} \quad (3\text{-}8b)$$

Dấu cộng tương ứng với trường hợp với động cơ.

Dấu trừ ứng với trường hợp với máy phát

Nhận xét về M_{max}:

- Mô men cực đại tỉ lệ thuận với bình phương điện áp.
- Mô men cực đại tỉ lệ nghịch với điện kháng của máy.
- Mô men cực đại không phụ thuộc vào điện trở của rotor.
- Tỉ số $k_m = \frac{M_{max}}{M_{đm}}$: Gọi là hệ số năng lực quá tải của động c. Nói lên khả năng sinh ra M_{max} của động cơ.

d. Tính momen mở máy M_{mm}:

Bên cạnh M_{max}, M_{mm} của động cơ là một trong những đặc tính vận hành vận hành quan trọng nhất của nó. Biểu thức M_{mm} có được từ công thức $M_{đt}$ (3-9) khi s = 1.

$$M_{mm} = \frac{pm_1 U_1^2 R_2'}{2\pi f_1\left[\left(R_1 + R_2'\right)^2 + x_n^2\right]} = \frac{pm_1 U_1^2 R_2'}{2\pi f_1\left[\left(r_1 + \sigma r_2'\right)^2 + \left(x_1 + \sigma x_2'\right)^2\right]} \quad (3\text{-}9)$$

Nếu muốn có $M_{mm} = M_{max}$ thì $s_m = 1$:

$$R_2' = s_1^2(r_2' + r_f') = (R_1^2 + x_n^2)^{1/2} \text{ hay gần đúng:}$$

$$r_2' + r_f' = x_1 + x_2' \quad (3\text{-}10)$$

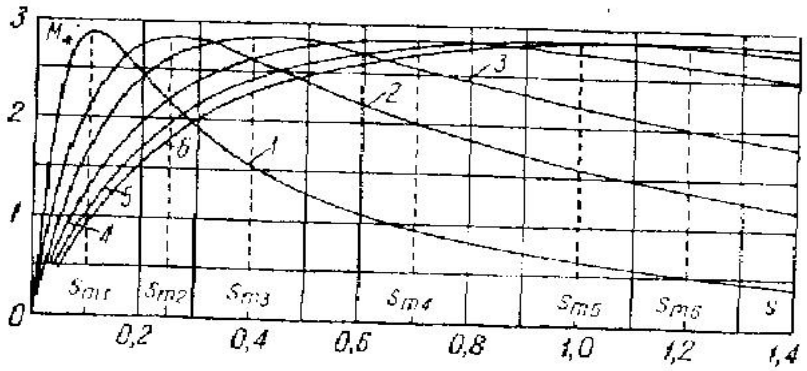
Nhận xét:

- Với tần số và các thông số cho trước mô men mở máy tỉ lệ thuận với bình phương điện áp.
- $M_{mm} = M_{max}$ với điều kiện điện trở tác dụng của roto bằng điện kháng tản của máy
- M_{mm} giảm nếu x_n của máy lớn khi những điều kiện khác của máy giống nhau

-Mômen mở máy thường được biểu diễn bằng tỉ số

$k_{mm} = \frac{M_{mm}}{M_{đm}}$: Bội số của M_{mm}.

e. Sự phụ thuộc của M đối với R_2.



Hình 3.21 Đường đặc tính M = f(s) với các điện trở rotor khác nhau

Nếu $r_f = 0$ thì $R'_2 = \sigma_1^2 r'_2$ và tỉ số R_2/x_n thường rất bé do đó $M_{đt}$ đi qua trị số M_{max} với s không lớn lắm: s_m = 0,12 đến 0,2. Đồng thời M_{mm} ở các động cơ rotor dây quấn có điện kháng tản lớn hơn điện kháng tản của rotor lồng sóc nên M_{mm} có thể giảm xuống quá giới hạn cho phép khi mở máy, làm động cơ không mở máy được, để loại trừ điều ấy, hạn cho phép khi mở máy, làm động cơ không mở máy được, để loại trừ điều ấy, cần thiết phải đưa vào roto một điện trở phụ r_f. Như vậy từ biểu thức (3-8a), (3-7) thì M_{max} = const nhưng s_m được tăng lên.

3.7.1.3. Công thức Clox (Klox):

Trong truyền động điện việc xác định M= f(s) theo những số đã cho ở cẩm nang rất quan trọng. Các thông số thường được cho: $M_{đm}$, $s_{đm}$, k_M...

Nếu không có các tham số cấu tạo của động cơ R_1, x_1, R_2, x_2 ta vẫn có thể tính được s_{max}, M_{max} và vẽ được đặc tính cơ của máy. Lấy các quan hệ (3-6) và (3-8a) chỉ dùng dấu (+) trường hợp động cơ và bỏ trị số điện từ ta có:

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2\frac{R_2}{s}\left(R_1 + \sqrt{R_1^2 + x_n^2}\right)}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_n^2}$$

Theo (3-7) ta có: $\frac{R_2'}{s_{max}} = \sqrt{R_1^2 + x_n^2}$

Đưa trị số của căn vào biểu thức trên:

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2R_2'\left(R_1 + \frac{R_2'}{s_{max}}\right)}{s\left[\left(\frac{R_2'}{s_{max}}\right)^2 + \left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + \frac{2R_1R_2'}{s}\right]}$$

Đặt $\frac{R_2'}{s_{max}}$ làm thừa số chung:

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2\frac{R_2'}{s_{max}}\left(\frac{R_1.s_{max}}{R_2'} + 1\right)}{\frac{R_2'}{s_{max}}\left(\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s} + 2\frac{R_1}{R_2}.s_{max}\right)} \qquad \frac{M}{M_{max}} = \frac{2\left(\frac{R_1 s_{max}}{R_2'} + 1\right)}{\left(\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s} + 2\frac{R_1}{R_2}s_{max}\right)}$$

Trong các động cơ không đồng bộ khi $r_f = 0$ thường $r_1 = r'_2$ và $R_1 \approx R_2$, s_{max}=0,12 ÷ 0,2, nên $2\frac{R_1}{R_2}s_m$ rất nhỏ có thể bỏ qua

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s}} \Rightarrow M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s}} \qquad (3\text{-}11)$$

(3-11): là biểu thức Klox để vẽ đường thẳng cơ của máy. Với s_{max} được tính như sau:

$s_{max} = s_{đm}(k_m + \sqrt{k_m^2 - 1})$

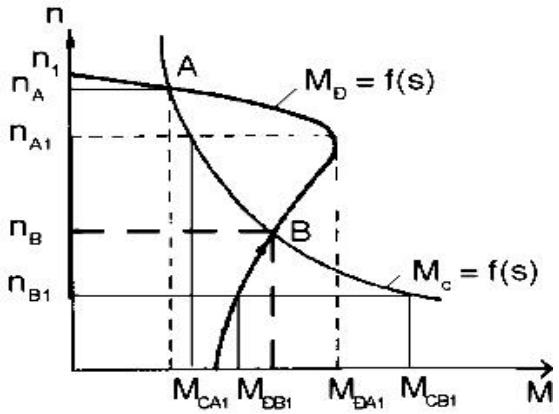
3.7.1.4. Đặc tính cơ và vấn đề ổn định

Ta đã biết: $M_2 = M_{đt} - M_0$

Do $M_0 << M_2$ nên đặc tính cơ của động cơ $M_2 = f(n)$ có thể coi bằng $M_{đt} = f(n)$ và nó có dạng như M= f(s) ở hình 3.22

Phân tích sự làm việc ổn định của động cơ:

Giả sử động cơ làm việc vớI một moment phụ tảI M_c nào đó. Theo phương trình cân bằng mô men động cơ có thể làm việc ở hai điểm A và B.



Hình 3.22 Sự làm việc ổn định của động cơ điện và máy công tác.

- Xét trường hợp máy làm việc ở điểm A: nếu vì một lí do nào đấy M_{CA} tăng $M_{CA1} > M_{CA}$ thì $M_{đl} < 0$; $n_A \rightarrow n_{A1}$.

Tại n_{A1} $M_{ĐA1} > M_{CA1} \Rightarrow M_{đl} > 0 \Rightarrow n_{A1} \rightarrow n_A$ nên điểm A là điểm làm việc ổn định.

Điều kiện làm việc ổn định: $\frac{dM_Đ}{ds} > \frac{dM_C}{ds}$ $\left(\text{hay} \frac{dM_Đ}{dn} < \frac{dM_C}{d_n}\right)$

-Xét trường hợp máy làm việc tại điểm B:

Giả sử M_{CB} tăng đến $M_{CB1} > M_{ĐB} \Rightarrow M_{đl} < 0 \Rightarrow n_B \rightarrow n_{B1}$

Tại n_{B1}: $M_{đl} = M_{ĐB1} - M_{CB1} < 0 \rightarrow M_{đl}$ âm $\Rightarrow$ n_{B1} giảm n = 0 $\Rightarrow$ điểm B là điểm làm việc không ổn định

Điều kiện làm việc không ổn định:

$\frac{dM_Đ}{ds} < \frac{dM_C}{ds}$ $\left(\text{hay} \frac{dM_Đ}{dn} > \frac{dM_C}{d_n}\right)$

Hình 3.23 Các đường đặc tính làm việc của máy điện không đồng bộ.

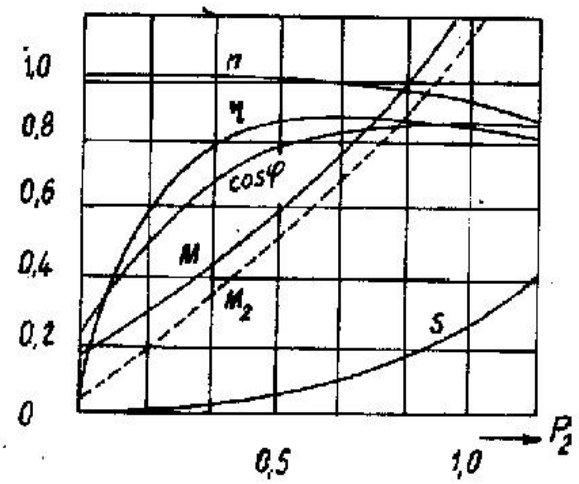
§3.7.2 Các đặc tính làm việc của động cơ không đồng bộ

Các đặc tính làm việc của động cơ điện không đồng bộ gồm: n, M, h và $\cos\varphi = f(P_2)$

với U_1 = const, f_1 = const.

3.7.2.1. Đặc tính tốc độ n = f (P_2)

Từ công thức:



$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \Rightarrow$$

$$n = n_1(1 - s)$$

Với $$s = \frac{p_{cu2}}{P_{đt}}$$

- Khi không tải $p_{cu2} \approx 0 \Rightarrow s = 0, n \approx n_1$

Khi không tải lí tưởng $p_{cu2} = 0$. Khi phụ tải tăng $M_C = M_{đm}$ do hiệu suất η của động cơ nên $s = \frac{p_{cu2}}{P_{đt}} \approx \frac{p_{cu2}}{P_2}$ = (1,5÷5) %. Số bé ứng với động cơ công suất lớn, số lớn ứng với động cơ công suất nhỏ (3.÷10) KW. Do đó s rất nhỏ, tốc độ giảm rất ít khi s giảm coi quan hệ n = f(P_2) là một đường thẳng hơi nghiêng về trục hoành.

3.7.2.2. Đặc tính moment M = f (P_2)

Ta đã biết ở tình trạng làm việc ổn định $M = M_2 + M_0$ khi $M_c = 0 \div M_{đm}$ thì coi như n = const (s biến đổi trong giới hạn bé) nên M = f(P_2) coi như một đường thẳng ($M = \frac{P_2}{n}$ 9,55).

3.7.2.3. Tổn hao và đặc tính hiệu suất của động cơ h = f (P_2)

Khi máy làm việc có các tổn hao: Tổn hao đồng trong stator và rotor p_{cu1} và p_{Cu2}, tổn hao sắt p_{Fe}, tổn hao cơ $p_{Cơ}$, tổn hao phụ p_f,... 4 loại tổn hao đầu đã có công thức xác định ($p_{Cu1} = m_1 I_1^2 r_1$, $p_{Fe} = m_1 I_0^2 r_m$, $p_{cu2} = m_1 I_2'^2 r'_2$, $p_{cơ} = P_{cơ} - P_2 - p_f$) còn tổn hao phụ bao gồm tổn hao phụ trong đồng và sắt. Cách tính rất phức tạp nên thường lấy là p_f = 0,5%P_1.

Thường thiết kế η_{max} vào khoảng (0,5 ÷ 0,75) P_2.

Hiệu suất của máy:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \sum p}{P_1} = 1 - \frac{\sum p}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \sum p}$$

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_2 + \sum p} 100$$

3.7.2.4. Đặc tính hệ số công suất cosφ = f (P_2)

Động cơ không đồng bộ lấy công suất kích từ lưới vào nên hệ số công suất luôn luôn khác 1 và cosφ <1.

Khi không tải $\cos\varphi_2 \le 0.2$ rồi sau đó tăng tương đối nhanh theo phụ tải và đạt $\cos\varphi_{max}$ khi $P_2 \approx P_{2đm}$ khi phụ tải tăng hơn nữa thì $n_Đ$ giảm, tương ứng

$\Psi = \text{arc tg} \frac{s.x'_2}{r'_2}$ tăng và $\cos\Psi_2$ và $\cos\varphi_2$ giảm.

3.7.2.5. Năng lực quá tải $$k_M = \frac{M_{max}}{M_{đm}}$$

Khi làm việc bình thường $M \le M_{đm}$ nhưng trong một thời gian ngắn, máy có thể chịu tải lớn hơn (quá tải) mà không bị hư hỏng gì thì được gọi là năng lực quá tải của máy.

Thường các động cơ công suất bé và trung bình có $k_M = 1,6 \div 1,8$. Động cơ công suất trung bình và lớn hơn có $k_M = 1,8 \div 2,5$. Động cơ đặc biệt $k_M = 2,8 \div 3$ và hơn nữa.

3.7.3. Các đặc tính động cơ không đồng bộ trong điều kiện không định mức

3.7.3.1. Điện áp không định mức

Giả thiết $U < U_{đm}$, ta đã biết $M \equiv U_1^2$ nên khi u_1 giảm x lần thì M giảm x^2 lần. Nếu bỏ qua điện áp rơi coi $U_1 \approx E_1 \equiv \Phi$ thì khi U_1 giảm thì s.đ.đ E_1 và Φ cũng giảm theo mức độ như vậy. Nếu mô men tải $M = C_M \Phi I \cos\varphi_2 = const$ thì I_2 tăng làm nóng máy (hệ số trượt phải thay đổi để cho I_2 biến thiên nghịch với Φ)

Khi động cơ làm việc với điện áp thấp ở tải nhẹ (< 40%) thì $\sum p$ giảm, I_2 tăng ít máy ít nóng $\cos\varphi$ giảm → ŋ tăng. Khi máy làm việc đầy tải nên cung cấp $U_{đm}$ để I_2 khỏi tăng.

3.7.3.2. Tần số không định mức $f \neq f_1$

Đối với máy phát nhỏ kéo tải thì khi M_c tăng dẫn đến f tăng. Nếu $f = f_1 \pm 5\% f_1$ thì coi như f = const. Nếu bỏ qua điện áp rơi: $U \approx E = \sqrt{2}\pi f_1 W_1 k_{dq1} \Phi \cong f \Phi = const$

Khi U = const thì: $\Phi \cong 1/f$.

Khi f giảm →Φ tăng → I_0 tăng → $P_{Fe} = m_1 I_0^2 r_m$ tăng (lõi sắt nóng).

$M_C = C_M \Phi I_2 \cos\Psi_2$ = const → Φ tăng → I_2 giảm → $s.P_{đt} = p_{Cu2} = m_1 I'^2_2, r'_2$ giảm → s giảm. Khi f giảm → $n_1 = f_{1/p}$ giảm máy làm nguội kém.

Thí dụ 1:

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có các số liệu sau: $P_{đm}$ = 11,9 kW; $U_{fđm}$ = 220 V; $I_{fđm}$ = 25 A; f = 50 Hz; 2p = 6; $n_{đm}$ = 960 vòng/phút; p_{Cu1} = 745 W; p_{Cu2} = 480 W; I'_2 = 20,25 A; $x_n = x_1 + x'_2$ = 2,18W. Tính moment điện từ của động cơ.

Giải:

Điện trở: $$r_1 = \frac{p_{cu1}}{m I_1^2} = \frac{745}{3.25^2} = 0,398\Omega$$

$$r_2^{/} = \frac{p_{cu2}}{m I_1^{/2}} = \frac{480}{3.20,25^2} = 0,39\Omega$$

Tốc độ đồng bộ: $$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60.50}{3} = 1000 \text{ vòng/phút}$$

Hệ số trượt: $$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{100 - 960}{1000} = 0,04$$

Moment điện từ: $$M = \frac{m_1 p U_1^2 r_2^{/}}{2\pi f_1 \left[\left(r_1 + \frac{\sigma_1 r_2^{/}}{s} \right)^2 + \left(x_1 + \sigma_1 x_2^{/} \right)^2 \right]}$$

$$= \frac{\frac{3.3.220^2.0,39}{0,04}}{2\pi 50\left[\left(0,398+\frac{0,39}{0,04}\right)^2+2,18^2\right]} = 120 \text{ Nm}$$

Coi $\sigma_1 = 1$

3.8: Mở máy và điều chỉnh tốc độ

3.8.1. Quá trình mở máy động cơ điện không đồng bộ:

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

$$M_Đ - M_c = M_j = J\frac{d\omega}{dt}$$

Trong đó:

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

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

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

G: trọng trường phần quay

D: đường kính phần quay

ω: tốc độ góc của rotor

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

Khi bắt đầu mở máy s = 1:

$$I_{mm} = \frac{U_{1pha}}{\sqrt{(R_1+R_2)^2+x_n^2}} = (4 \div 7) I_{đm}$$

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

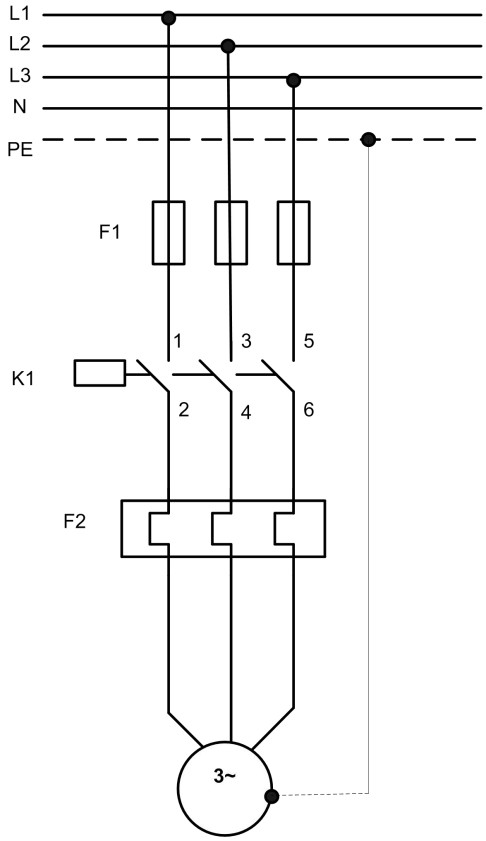
3.8.2. Các phương pháp mở máy

Các yêu cầu khi mở máy:

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

3.4.2.1. Mở máy trực tiếp động cơ rotor lồng sóc:

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



Hình 3.25 Hạ áp mở máy bằng điện kháng

3.8.2.2. Phương pháp hạ điện áp mở máy:

Chỉ dùng với các thiết bị yêu cầu moment mở máy nhỏ.

a. Dùng cuộn kháng bão hòa trong mạch stator

Khi mở máy đóng D_1, D_2 mở:

Mở máy xong đóng D_2

-Lúc mở máy trực tiếp:

$$I_{mm} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{R_n^2 + x_n^2}} = \frac{U_{đm}}{Z_n}$$

$$M_{mm} = \frac{m_1 I_{mm}^2 r_2'}{\omega_1}$$

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

$$I_{mmk} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{R_n^2 + (x_n + x_k)^2}} \quad ; M_{mmk} = \frac{m_1 I_{mmk}^2 r_2'}{\omega_1}$$

Từ đó, ta có:

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

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

b. Dùng biến áp tự ngẫu hạ U mở máy

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

Gọi:

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

$$U'_{mm} = K_T.U_1$$

$$I'_{mm} = \frac{U'_{mm}}{Z_n} = \frac{U_1}{Z_n}k_T$$

$$I_1 = I'_{mm}k_T = \frac{U_1}{Z_n}k_T^2 = k_T^2 I_{mm}$$

P

vì $k_T = \frac{U'_{mm}}{U_1}\frac{I}{I'_{mm}}$

$$\Rightarrow U'_{mm} = U_1 k_T ,$$

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

Hình 3.26 Hạ điện áp mở máy bằng biến áp tự ngẫu

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

c. Phương pháp: Y – Δ

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

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

Gọi: U_L: là điện áp của lưới.

U_Y: điện áp pha khi dây quấn nối Y,

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

$I_{mmfĐY}$, $I_{mmfÑ\Delta}$: dòng điện mở máy trong dây quấn stator khi nối Y, Δ.

Z_n: tổng trở ngắn mạch một pha.

Hình 3.27 Mở máy bằng phương pháp sao tam giác

* Khi đấu Y: $$I_{mmLY} = I_{mmfĐY} = \frac{U_Y}{Z_n} = \frac{U_L}{\sqrt{3}.Z_n}$$

* Nếu đóng động cơ vào lưới khi đấu Δ: $$I_{mmfĐ\Delta} = \frac{U_\Delta}{Z_n} = \frac{U_L}{Z_n}$$

và $$I_{mmL\Delta} = \sqrt{3}.I_{mmf\tilde{N}\Delta} = \frac{\sqrt{3}.U_L}{Z_n}$$

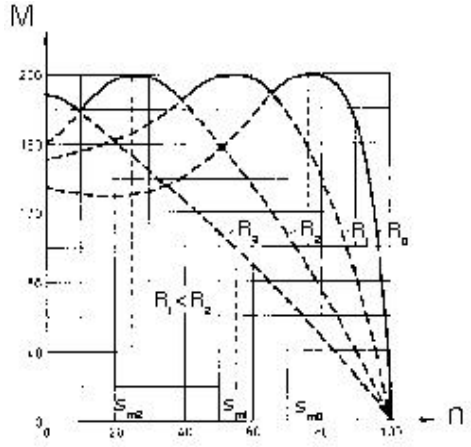
Lập: $$\frac{I_{mmLY}}{I_{mmL\Delta}} = \frac{U_L}{\sqrt{3}.Z_n}.\frac{Z_n}{\sqrt{3}.U_L} = \frac{1}{3}$$

Dòng điện mở máy trong lưới khi nối Y nhỏ hơn nhiều khi nối Δ 3 lần. M_{mm} cũng giảm đi 3 lần: $$M_{mmY} \equiv U_Y^2 = \frac{U_L^2}{3}.$$

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

3.8.2.3. Thêm R_f vào dây quấn rotor:

Chỉ áp dụng với động cơ không đồng bộ rotor dây quấn nếu $M_c > M_{đt}$ mà động cơ sinh ra khi s = 1 thì động cơ không thể khởi động được.Ta phải đóng R_f vào để khi mở máy



M_{mmmax} cần phải chọn $R_f = \sqrt{R_1^2 + x_n^2} - R_2$. Quá trình mở máy ứng với các R_f như hình vẽ.

Hình 3.28 Đặc tính môment ứng với các điện trở phụ khác nhau trong mạch totor.

3.8.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện không đồng bộ

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

- Từ phía stator: Thay đổi điện áp U, tần số f, số đôi cực p.
- Từ phía rotor: Thay đổi điện trở trong mạch rotor, đưa vào mạch rotor một s.đ.đ phụ có cùng tần số với s.đ.đ chính của rotor.

3.8.3.1. Điều chỉnh n bằng cách thay đổi số đôi cực:

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

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

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

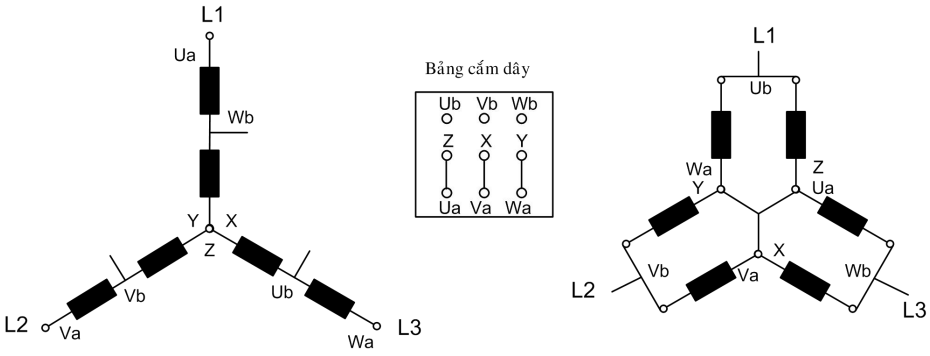
- Chế tạo 2 dây quấn độc lập có số đôi cực khác nhau, chỉ dùng với động cơ có cấp tốc độ 4/3 hoặc 6/5.
- Chế tạo 2 dây quấn độc lập trên stator, mỗi cái lại có đổi nối các cực. Ví dụ: muốn cho động cơ có 4 cấp tốc độ quay đồng bộ 1500, 1000, 750, 500 vòng/1 phút thì trên stator có thể đặt 2 dây quấn: một dây quấn có số cực là 2p = 4 và 2p = 8, còn một dây quấn có số cực là 2p = 6 và 2p = 12.

Nếu động cơ rotor dây quấn phải đổi nối số đôi cực đồng thời trên cả stator và rotor, điều này hơi phức tạp nên các động cơ có đổi nối p thường là rotor lồng sóc. Cách đổi nối trên hình 3.29 a,b gọi là đổi nối nối tiếp, còn cách đổi nối trên hình 4.6c gọi là đổi nối song song.

Phương pháp đấu giữa các pha để đổi cực:

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

Trường hợp đổi từ Y → YY**:**



Hình 3.30 Sơ đồ đấu dây quấn thay đổi cực từ Y sang Y Y tỉ lệ thay đổi tốc độ 2:1 với M = const

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

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

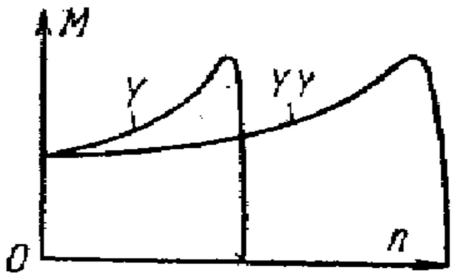
Đấu Y: $I_L = I_f$

Đấu YY: $I_L = 2I_f$

Công suất: $P_{2Y} = \sqrt{3}U_L I_f \eta \cos\varphi$

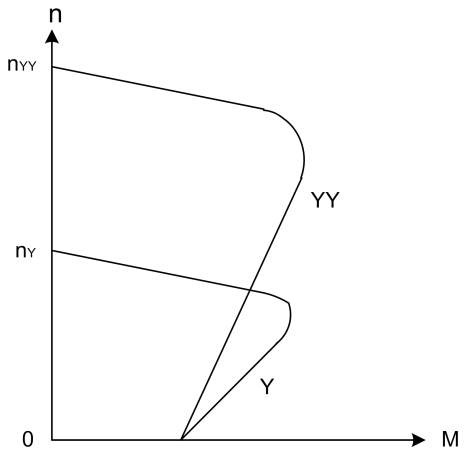
Nếu coi η, cosφ = const thì: $\frac{P_{2YY}}{P_{2Y}} = 2$

Ta đã biết P=Mω mà $\omega_I = 2\omega_{II}$ nên:



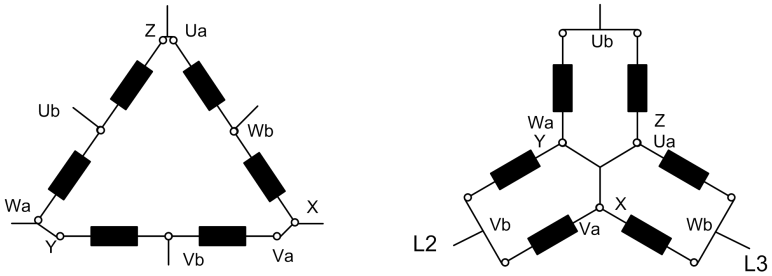
Hình 3.31 Đặc tính cơ của động cơ điện 2 tốc độ đấu Y sang YY

$$\frac{P_{2YY}}{P_{2Y}} = \frac{M_{2I}\omega_I}{M_{2II}\omega_{II}} = 2 \Rightarrow M_{2I} = M_{2II} = const$$



Hình 3.31 Đặc tính cơ của động cơ điện 2 tốc độ đấy Y sang YY

β. Đấu Δ → YY:

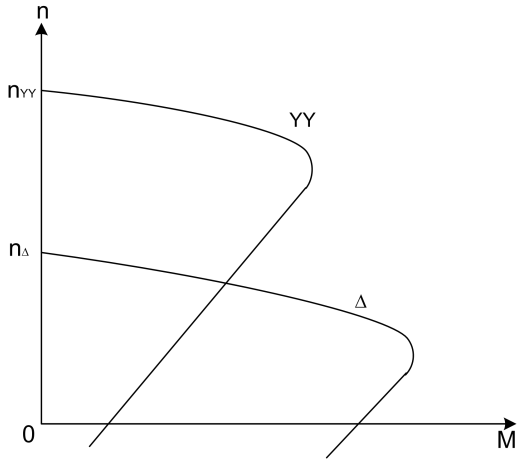


Hình 3.32 Sơ đồ đấu dây quấn thay đổi cực từ sang YY tỉ lệ thay đổi tốc độ 2:1 với P = const

$$P_{2\Delta} = \sqrt{3}U_L l_L \eta \cos\varphi = \sqrt{3}U_L \sqrt{3} l_L \eta \cos\varphi$$

$$P_{2YY} = \sqrt{3}U_L l_L \eta \cos\varphi = \sqrt{3}U_L 2 l_L \eta \cos\varphi$$

$$\Rightarrow \frac{P_{2YY}}{P_{2\Delta}} = \frac{\sqrt{3}U_L 2 l_L \eta \cos\varphi}{\sqrt{3}U_L \sqrt{3} l_L \eta \cos\varphi} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}15 \approx 1 \Rightarrow \text{P = const} \quad \text{M = var}$$



Hình 3.33 Đặc tính cơ của động cơ điện 2 tốc độ đấu Δ sang YY

3.8.3.2. Thay đổi tần số:

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

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

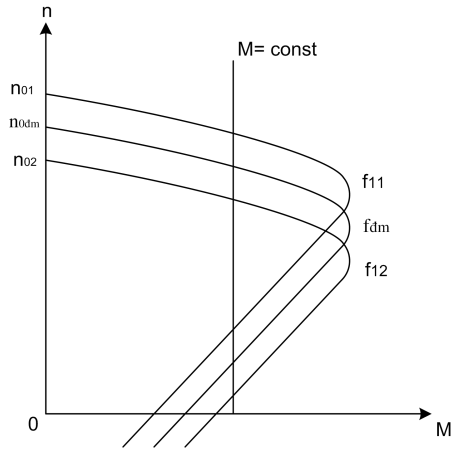
$$\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1}\sqrt{\frac{M'}{M}}$$

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

U_1, M là điện áp và moment ứng với f_1.

- Khi M = const: $\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1} \Rightarrow \frac{U_1}{f_1} = const$

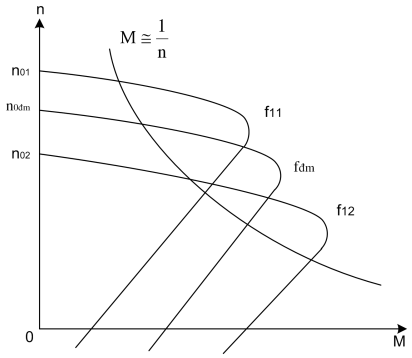
Tức là điện áp đặt vào động cơ phải tỷ lệ thuận với f. Ta có dạng đồ thị biểu thị quan hệ giữa mô men của tải và đặc tính cơ của động cơ như sau:



Khi P = const:Thì moment của động cơ biến thiên tỷ lệ nghịch với n:

$M \equiv \frac{1}{n} \Rightarrow M \equiv \frac{1}{f_1}$

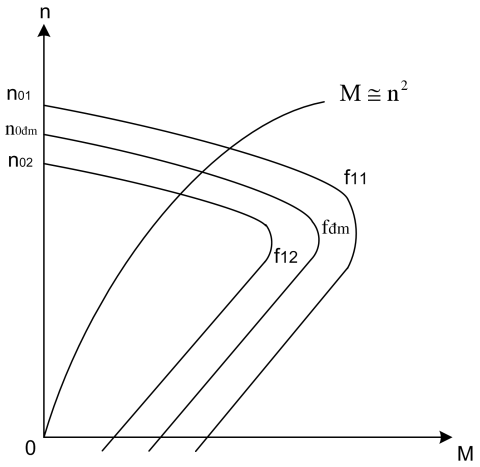
Tức là $\frac{M'}{M} = \frac{f_1}{f_1'}$ thế vào (1), ta có: $\frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'}{f_1}\sqrt{\frac{f_1}{f_1'}} \Rightarrow \frac{U_1'^2}{U_1^2} = \frac{f_1'}{f_1} \Rightarrow \frac{U_1'^2}{f_1'} = \text{const}$



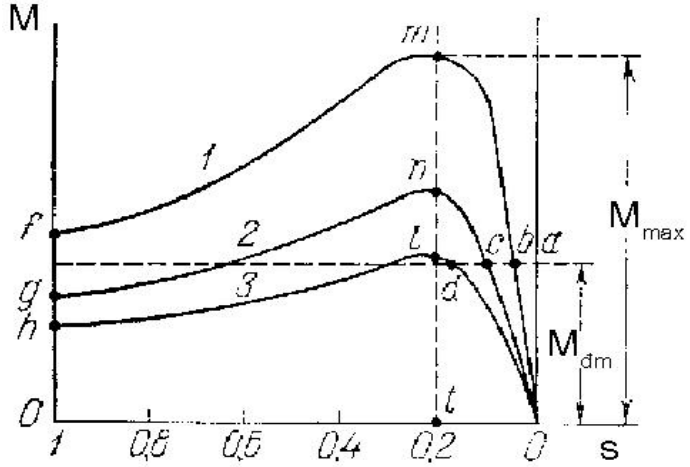
- Khi $M \equiv n^2$ ($M \equiv f^2$):

$$\frac{M'}{M} = \frac{f_1'^2}{f_1^2} \Rightarrow \frac{U_1'}{U_1} = \frac{f_1'^2}{f_1^2} \Rightarrow \frac{U_i}{f_1^2} = \text{const}$$

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



3.8.3.3. Thay đổi điện áp:



1. Hình 3.34 Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp

Giả thiết đường 1 là $U = U_{đm}$, M_c = const và không phụ thuộc vào n làm việc với hệ số trượt s_a.

Nếu U_1 giảm x lần: $U_1 = xU_{đm}$ (x < 1) thì M giảm x^2 lần: $M = x^2 M_{đm}$ vì M_c = const $\Rightarrow$ n giảm $\Rightarrow$ s tăng từ $s_a \to s_b \to s_c$.

Nếu bỏ qua điện áp rơi trên dây quấn stator: $U_1 \approx E_1 \equiv \Phi$ nên U_1 giảm x lần $\to E_1$, Φ giảm x lần $(\Phi = x\Phi_{ñm})$ mà $M_c = c_M I_2' \Phi \cos\varphi = const$ thì I_2' tăng $\frac{1}{x}$ để M = const.

Nhưng: $s = \frac{p_{cu2}}{P_{đt}} = \frac{m_1 I_2'^2 r_2'}{M_1 \omega_1}$; $P_{đt} = M_1\omega_1 = \text{const} \to s' = \frac{1}{x^2} s$

(vì M = const, ω_1 = const)

Tốc độ quay của rotor: $n = n(1 - s') = n_1\left(1 - \frac{1}{x^2} s\right)$

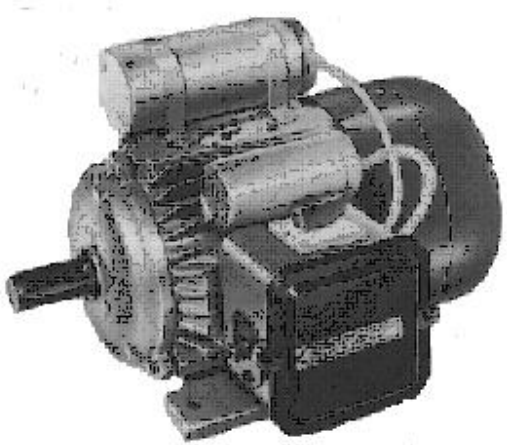
3.8.3.4. Thêm R_f vào mạch của rotor:

Mặt vật lý của quá trình xảy ra khi điều chỉnh tốc độ:
Đưa R_f vào n chưa thay đổi kịp $\Rightarrow$ I_2 giảm $\Rightarrow$ $M = c_M l_2 \Phi \cos\psi_2$ giảm $\Rightarrow$ $M_{đc} < 0$ $\Rightarrow$ n giảm $\Rightarrow$ s tăng $\Rightarrow$ $E_{2s} = sE_2$ tăng $\Rightarrow$ I_2 tăng đặt tới trị số mà $M = M_c$.

Ta hãy xem các đường cong M = f(s) trên hình: Nếu M = const thì động cơ làm việc ổn định tương ứng với các điểm a, b, c. Ta thấy rằng đưa R_f vào rotor có thể điều chỉnh được n $< n_{đm}$ trong một giới hạn đủ rộng. Xong do có tổn hao trên R_f (p_{CuR1}) $\Rightarrow$ P_2 giảm $\Rightarrow \eta$ giảm.

3.9.Máy điện không đồng bộ một pha

3.9.1.Đại cương



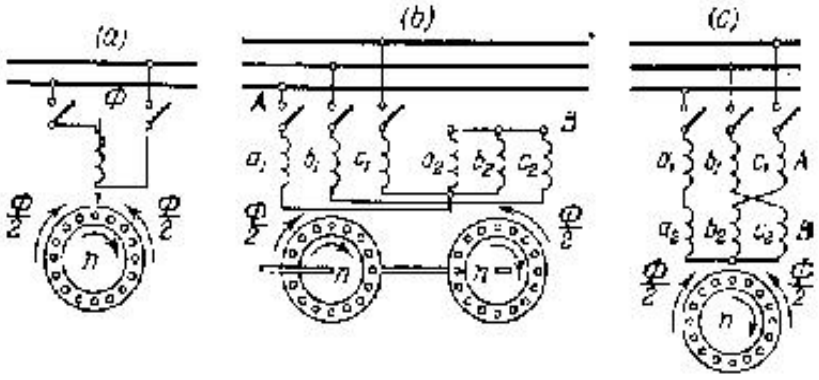
Hình 3.36 Động cơ không đồng bộ 1 pha

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

3.9.2.Nguyên lý làm việc

Đầu tiên, ta xét chế độ làm việc của động cơ điện một pha khi dây quấn mở máy đã ngắt ra khỏi lưới. Dây quấn làm việc nối với điện áp một pha, dòng điện trong dây quấn sẽ sinh ra từ trường đập mạch Φ. Từ trường này có thể phân tích thành hai từ trường quay Φ_A và Φ_B có chiều ngược nhau, có $n_A = n_B$ và biên độ bằng 1/2 biên độ từ trường đập mạch *(hình 3.37a)*.

Hình 3.37 Nguyên lý làm việc của động cơ điện không đồng bộ một pha

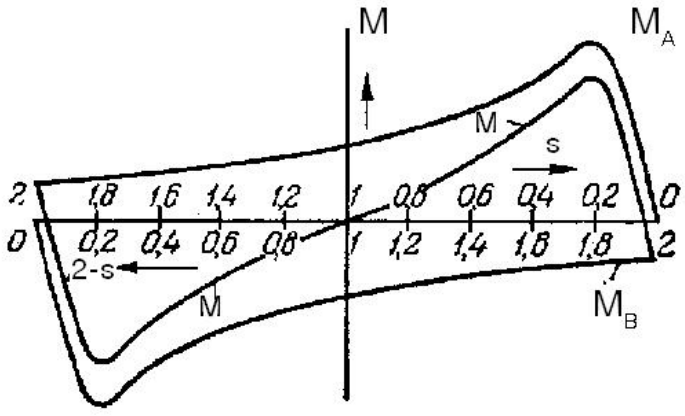


Như vậy, có thể xem động cơ điện một pha tương đương như 2 động cơ điện ba pha giống nhau có rotor đặt trên cùng một trục và dây quấn stator nối nối tiếp nhau sao cho từ trường của chúng sinh ra trong không gian theo chiều ngược nhau (hình 3.37b). Đến lượt chúng lại tương đương một động cơ điện ba pha có hai dây quấn nối nối tiếp nhau tạo ra Φ_A và Φ_B (hình 3.37c). Trong động cơ điện một pha cùng như trong hai mô hình của chúng, từ trường quay thuận và nghịch tác dụng với dòng điện rotor do chúng sinh ra tạo thành hai moment M_A và M_B. Khi động cơ đứng yên (s = 1) thì $M_A = M_B$ và ngược chiều nhau, do đó moment tổng $M = M_A + M_B = 0$. Động cơ không quay được ngay cả khi không có M_C trên trục.

Nếu quay rotor của động cơ điện theo một chiều nào đó (ví dụ quay theo chiều quay của từ trường dây quấn A như *hình 3.37b*) với tốc độ n thì tần số của s.đ.đ, dòng điện cảm ứng ở rotor do từ trường quay thuận Φ_A sinh ra sẽ là:

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

Còn đối với từ trường quay ngược Φ_B thì tần số ấy là:



Hình 3.38 Đặc tính M = f(s) của động cơ điện không đồng bộ 1 pha

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

Ở đây (2 - s) là hệ số trượt của rotor đối với từ trường Φ_B .Cho rằng M > 0 khi chúng tác dụng theo chiều quay của từ trường Φ_A , ta sẽ có các dạng đường cong M_A và M_B như *hình 3.38:*

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

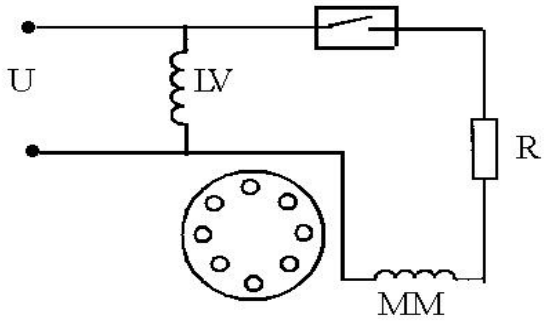
3.9.3. Phương pháp mở máy và các loại động cơ điện một pha

3.9.3.1. Các phương pháp mở máy:

a. Dùng dây quấn phụ:

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

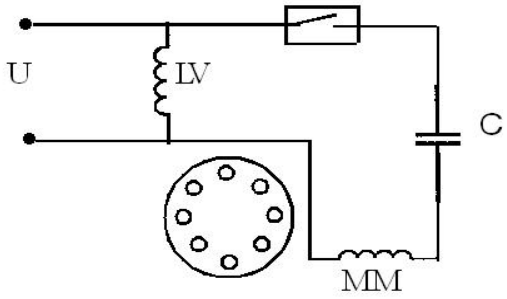
Muốn động cơ tự mở máy (khởi động) thì từ trường trong máy phải là từ trường quay hoặc ít nhất từ trường quay ngược phải yếu hơn so với từ trường quay thuận Φ_A , để tạo ra từ trường quay có thể dùng vòng ngắn mạch hoặc dây quấn phụ và phần tử mở máy. Dây quấn phụ đặt lệch pha so với dây quấn chính một góc 90^0 trong không gian trên mạch từ stator; phần tử mở máy dùng dùng để tạo sự lệch pha về thời gian giữa dòng điện trong dây quấn chính và dây quấn phụ có thể là điện trở cuộn dây hoặc tụ điện, tụ điện được dùng phổ biến vì dùng tụ động cơ có mô men mở máy lớn, hệ số công suất cosφ cao và dòng điện mở máy tương đối nhỏ.



Hình 3.39 Mở máy bằng điện trở

α. Dùng điện trở để mở máy:

Để làm cho I_{mm} lệch pha so với I_{lv} người ta nối thêm một điện trở hay điện cảm vào cuộn dây mở máy. M_{mm} của loại động cơ này tương đối nhỏ. Trong thực tế chỉ cần tính toán sao cho bản thân dây quấn phụ có điện trở tương đối lớn là được (dùng bối dây chập ngược) không cần nối thêm điện trở ngoài.



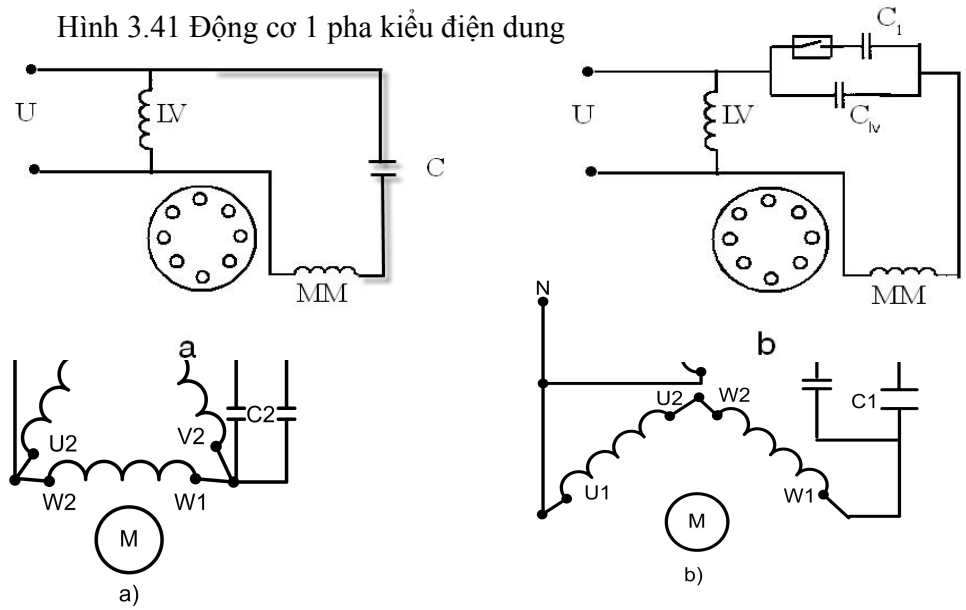
Hình 3.40 Mở máy bằng điện dung

β. Dùng tụ điện mở máy:

Nối tụ điện vào dây quấn mở máy ta được kết quả tốt hơn. Có thể chọn trị số tụ điện sao cho khi s = 1 thì I_{mm} lệch pha so với I_{lv} 90^0 và dòng điện của các dây quấn đó có trị số sao cho từ trường do chúng sinh ra bằng nhau. Như vậy khi khởi động động cơ sẽ cho một từ trường quay tròn.

γ. Động cơ điện một pha kiểu điện dung:

Hình 3.41 Động cơ 1 pha kiểu điện dung

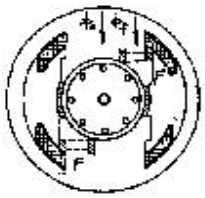


Hình 3.43 Động cơ điện một pha kiểu điện

Ta có thể để nguyên dây quấn mở máy có tụ điện nối vào lưới điện khi động cơ đã làm việc. Nhờ vậy động cơ điện được coi như động cơ điện hai pha. Loại này có đặc tính làm việc tốt, năng lực quá tải lớn, hệ số công suất của máy được cải thiện. Nhưng trị số điện dung có lợi nhất cho mở máy lại thường quá lớn đối với chế độ làm việc, vì thế trong một số trường hợp khi mở máy kết thúc phải cắt bớt trị số của tụ điện ra bằng công tắc ly tâm.

b. Dùng vòng ngắn mạch:

Vòng ngắn mạch F đóng vai trò cuộn dây phụ quãng 1/3 cực từ. Khi đặt một điện áp vào cuộn dây chính để mở máy, dây quấn sẽ sinh ra một từ trường đập mạch Φ_c. Một phần của Φ_c là Φ'_c sẽ đi qua F và sinh ra I_n trong F ($I_n - \Phi_n$), nếu bỏ qua tổn hao trong vòng ngắn mạch thì Φ_n sẽ trùng phương với I_n. Φ_n tác dụng với Φ'_c sinh ra $\Phi''_f=\Phi''_n+\Phi''_c$ lệch pha so với phần từ thông còn lại $\Phi_c - \Phi'_c$. Do đó, sẽ sinh ra một từ trường gần giống từ trường quay và cho một moment mở máy đáng kể.



Hình 3.42 Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch

3.9.3.2. Phân loại: Động cơ điện một pha có thể phân làm các loại sau:

- Động cơ điện một pha có vòng ngắn mạch
- Động cơ điện một pha mở máy bằng điện trở
- Động cơ điện một pha mở máy bằng điện dung
- Động cơ điện một pha kiểu điện dung:
  + Có điện dung làm việc
  + Có điện dung làm việc và mở máy

3.9.3. Sử dụng động cơ điện 3 pha vào lưới điện 1 pha:

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

- Sơ đồ *hình 3.43a*

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

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

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

- Sơ đồ *hình 3.43b*

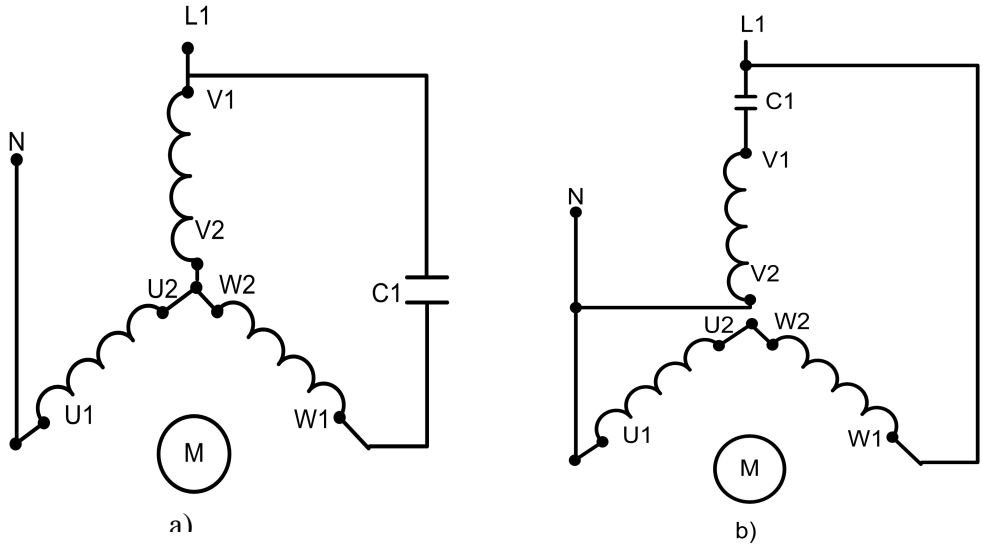
+ Điện áp nguồn bằng điện áp pha của động cơ $U = U_f$

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

+ Điện áp làm việc của tụ điện:

Cách đấu dây theo sơ đồ *hình 3.43b* có ưu điểm hơn sơ đồ *hình 3.43a*: Mômen mở máy lớn hơn, lợi dụng công suất khá, điện dung của tụ nhỏ hơn, nhưng điện áp trên tụ lớn hơn.

b. Khi điện áp nguồn điện 1 pha bằng điện áp dây của động cơ 3 pha.



Hình 3.44- Động cơ điện một pha kiểu điện dung

Có thể đấu dây theo sơ đồ sau

- Sơ đồ *hình 3.44a* $+ U = U_d$ $+ C_{LV} = 2800\frac{I_f}{U}\mu F$ $+ U_c \approx U$

-Sơ đồ *hình 3.44b* $+U = U_d$ $+C_{LV} = 2740\frac{I_f}{U}\mu F$ $+U_c \approx 1{,}15U$

3.10 Sơ đồ dây quấn động cơ KĐB

3.10.1 Những vấn đề chung về dây quấn máy điện xoay chiều.

1.Nhiệm vụ của dây quấn.

-Cơ năng thành điện năng (dây quấn máy phát điện).

-Điện năng thành cơ năng(dây quấn máy phát điện).

2.Phân loại dây quấn.

-Dây quấn phần ứng:Đây dây quấn dưới tác động của từ trường biến thiên gửi qua dây quấn sinh ra sức điện động.

- Dây quấn phần cảm:Đây dây quấn tạo tạo ra từ trường có tác dụng như một nam châm.

Như vậy trong một thiết bị điện có thể có cả hai loại dây quấn phần ứng trên nhưng cũng có thể có một trong hai thành dây quấn phần cảm hoặc dây quấn phần ứng.

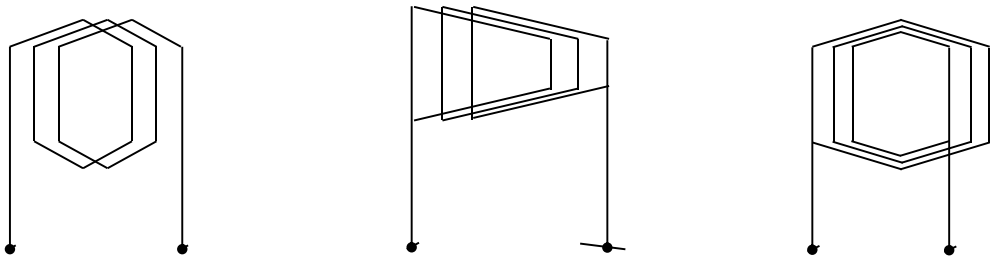
3.Yêu cầu đối với dây quấn.

-Sinh ra một sức điện động cần thiết để có thể cho một dòng điện chạy qua mà không nóng quá một nhiệt độ cho phép nhất định,hoặc tạo được mô men cần thiết cho quá trình chuyển động quay.

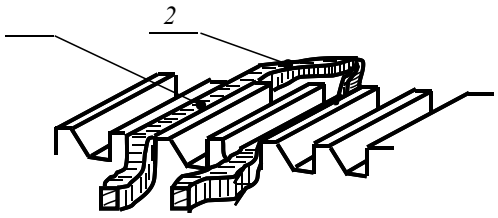
-Triệt để tiết kiệm nguyên vật liệu,kết cấu đơn giản,làm việc an toàn chắc chắn.

4.Các bộ phận chính của dây quấn.

Kết cấu của một dây quấn máy điện quay gồm nhiều phần tử dây quấn nối với nhau theo một qui luật nhất định.Phần tử dây quấn (còn gọi bối dây hay tép dây)là một cuộn dây quấn có nhiều vòng dây quấn cùng một chiều nối tiếp nhau.Phần tử dây quấn có thể chỉ có một vòng dây.



Trong một phần tử dây quấn có hai cạnh tác dụng được đặt trong rãnh, phần đầu nối là phần phần dây dẫn nối hai cạnh tác dụng.Phần cạnh tác dụng là phần trực tiếp tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng,phần đầu nối có nhiệm vụ dẫn dòng từ cạnh tác dụng này sang cạnh tác dụng khác.Do vậy để tiết kiệm kim loại màu người ta rút ngắn cạnh tác dụng đến mức có thể được,miễn là sao cho việc lồng dây rãnh thực hiện được.



1. *Phaàn caïnh taùc duïng.*
2.. phaàn ñaàu noái.

5.Phương pháp biểu diễn sơ đồ dây quấn.

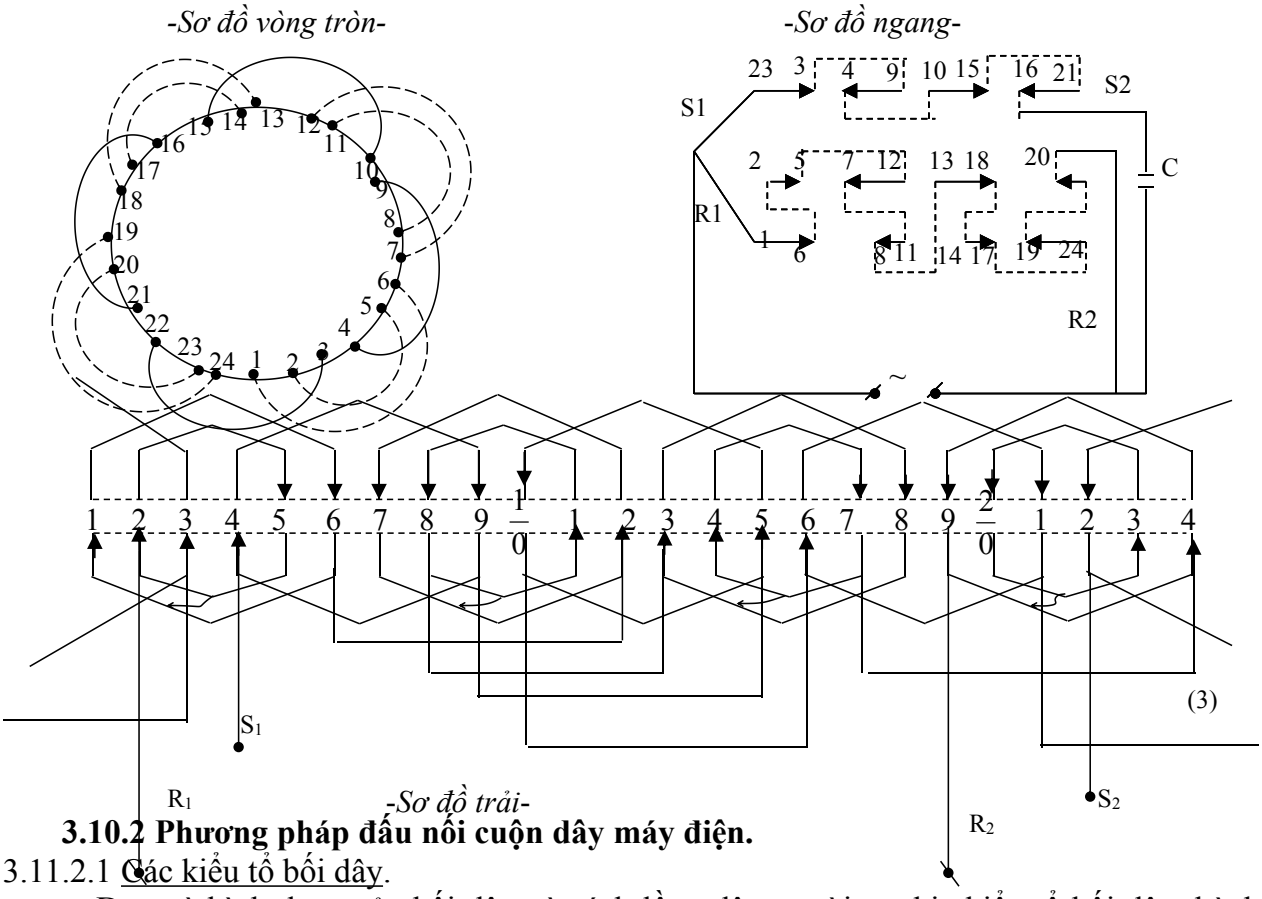
Biểu diễn sơ đồ dây quấn biểu diễn dưới ba dạng sơ đồ vòng tròn- sơ đồ ngang và sơ đồ trải:

-Đối với sơ đồ vòng tròn dễ nhìn, thuận lợi thuận lợi cho việc bố trí dây đối xứng,đặc biệt là cho người mới học,học cấp tốc.Nhượt điểm của sơ đồ này không thể hiện được cách đấu nối dây. Hoặc đối với người chuyên môn vẽ nháp cách bố trí dây kiểm tra điều kiện từ trườngđối xứng.Sơ đồ tròn thường đi với sơ đồ ngang biểu diễn cách đấu nối dây nên cả hai loại sơ đồ này có đa số tài liêu gọi tên chungg là“sơ đồ ngang”.

-Sơ đồ ngang thể hiện được cách đấu nối dây, sơ đồ này thể hiện sự nối dây cho các bối của một cuộn dây và nối dây giữa các cuộn dây của động cơ.Nhưng cách bố trí không thể hiện rõ.Thường thì các bối dây tượng trưng cho một đoạn thẳng có mũi tên triển khai theo chiều dọc(phương của chiều dòng điện).Do vậy sơ đồ nối dây còn gọi là sơ đồ ngang. Sơ đồ này dễ bị nhầm lẫn.

-Sơ đồ trải đây là sơ đồ biểu diễn dây quấn đặt trong rãnh lõi thép,hình biểu diễn là hình khai triển vòng tròn lõi thép có dây quấn trên mặt phẳng.Nên được gọi là sơ đồ khai triển.Với sơ đồ khai triển mỗi cạnh tác dụng của bối dây tương ứng cho một gạch ngang kèm theo số thứ tự cho rãnh hay cạnh tác dụng.

Ví dụ: Một động cơ một pha dùng tụ mở máy có Z=24 ,2p=4,cuộn làm việc gồm 4 tổ bối đôi và 4 to bối đơn.



-Sơ đồ trải-

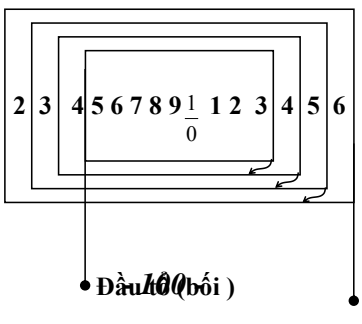
3.10.2 Phương pháp đấu nối cuộn dây máy điện.

3.11.2.1 Các kiểu tổ bối dây.

Dựa và hình dạng của bối dây và cách lồng dây người ta chia kiểu tổ bối dây thành các kiểu như: tổ bối dây lớp đơn đồng tâm (mẹ con), tổ bối dây lớp đơn đồng khuôn(hoa sen hoặc dóc lòng tôm,tổ bối dây kép kiểu đồng khuôn (dóc lòng tôm kép)…

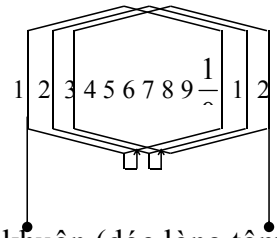
.Tổ bối dây lớp đơn kiểu đồng tâm.

Đây là kiểu bối dây thường sử dụng trong động cơ 1 pha và động cơ điện xoay chiều ba pha có công suất dưới 10KW. Đặc điểm của tổ bối dây này là trong mỗi rãnh chỉ có mỗi cạnh của 1 bối dây , độ rộng của của mỗi bối dây lớn nhỏ không đều,bối lớn ôm lấy bối nhỏ vàng có chung một tâm nên gọi là kiểu dây đồng tâm hay dây quấn đồng tâm.



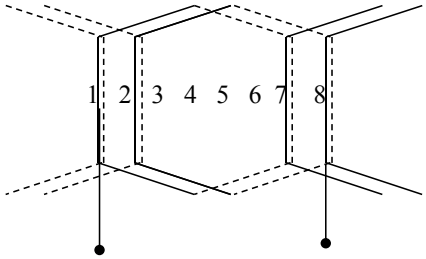
.Kiểu bối dây lớp đơn đồng khuôn(hoa sen hoặc dóc lòng tôm).

Kiểu này được sủ dụng nhiều trong các động cơ điện ba pha công suất lớn,đôi khi cũng có sử dụng quạt bàn quạt trần.Đặc điểm của kiểu tổ bối dây này là trong mỗi rãnh chỉ có mỗi cạnh của 1 bối dây và độ rộng của của mỗi bối dây lớn nhỏ đồng đều nhau,được quấn bằng một loại khuôn .



Tổ bối dây kép kiểu đồng khuôn (dóc lòng tôm kép)…

Đây là kiểu bối dây sử dụng phổ biến trong động cơ điện xoay chiều ba pha công suất nhỏ và các động cơ điện xoay chiều một pha thông dụng.Đặc điểm của kiểu bối dây này trong mỗi rãnh có hai cạnh của hai bối dây, độ rông các bối dây đều nhau.Quấn dây theo kiểu này tiết kiệm được lượng đồng và cải thiện được đặc tính của động cơ nhưng nhượt điểm khó lồng dây vì có các bối chờ.



3.113 Cách đấu các tổ bối dây trong cùng một cuộn dây.

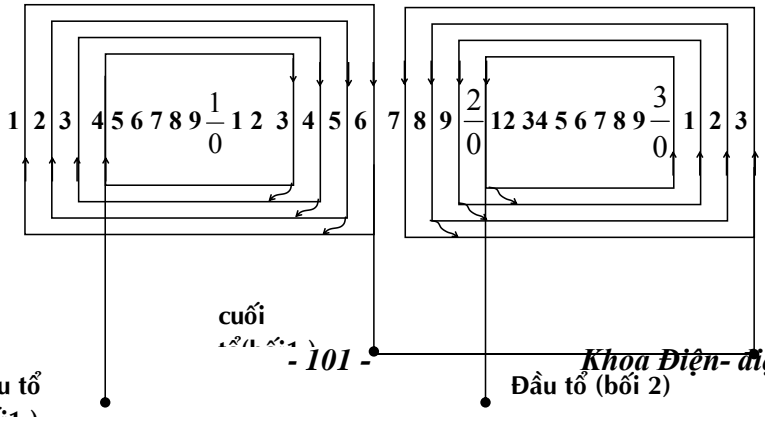
Trong một tổ bối dây có thể có vài bối dây nhưng cũng có thể có một bối dây.Trường hợp một bối dây gọi bối đơn ,thường gặp ở cuộn dây quạt bàn hayquạt trần.Ngược lại trong một cuộn dây không bao giờ có trường hợp chỉ có một tổ bối mà bao giờ cũng có từ hai bối trở lên.

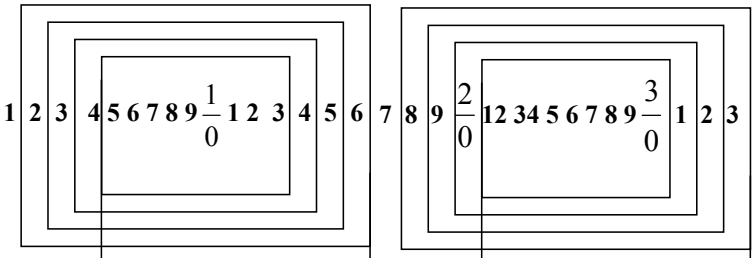
Vấn đề đặt ra là phải đấu nối các tổ bối dây lại tao thành một cuộn có hai đầu dây.Trong thực tế có ba cách đấu nối các tổ bối dây là:đấu nối tiếp,dấu song song và đấu hỗn hợp.

1.Đấu nối tiếp.

Đấu nối tiếp là dấu cho dòng điện đi lên liên tiếp từ tổ đầu đến tổ cuối của cuộn dây ,cách đấu này làm cho đường dòng điện dài nhất nên thường sử dụng động cơ làm việc ở điện áp cao(điện áp cao là điện áp cao hơn cấp điện áp động cơ làm việc ở chế độ đấusong song).

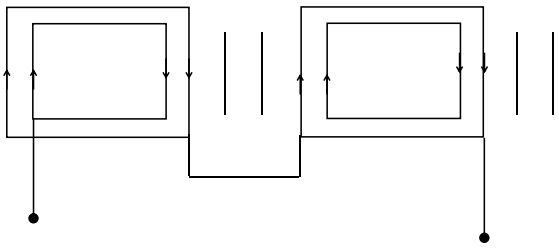
-Giả sử ta có hai tổ bối đồng tâm,muốn được cuộn dây có hai cực ta phải đấu nối tiếp cùng phía,tức là đấu đầu tổ trước với cuối tổ sau hoặc cuối tổ trước với cuối tổ sau (còn gọi là cách đấu đầu với đầu-cuối với cuối ,hay xa với xa gần với gần). Cách đấu này số bối dây bằng số cực từ nên gọi là đấu cực từ thật.





+ Chiều dòng điện trong dây quấn có hai nhóm (nhóm có chiều dòng điên liên tiên tiếp nhau) hình thành hai cực từ .

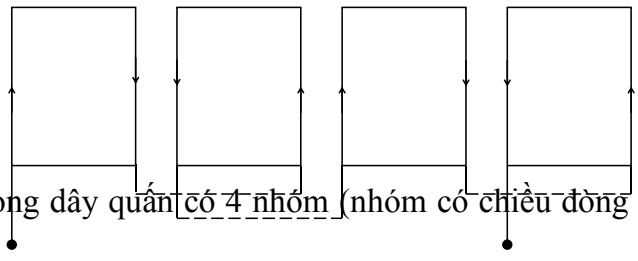
-Ta cũng có thể đấu nối tiếp hai tổ hai bối để có được cuộn dây bốn cực bằng cách đấu khác phía,tức là đấu đầu tổ trước với cuối tổ sau, hoặc cuối tổ trước với đầu tổ sau (còn gọi là đấu đầu với cuối ,vuối với đầu hoặc xa với gần,gần với xa.)Cách đấu này cho ta số cực gấp đôi số tổ bối dây nên còn có tên gọi là đấu cực từ giả.



Chiều dòng điện trong dây quấn có 4 nhóm (nhóm có chiều dòng điênliên tiên tiếp nhau) hình thành 4 cực từ .

-Cách đấu trong hai trường hợp trên còn có tên gọi chung là dây quấn tập trung.Trong trường hợp gặp động cơ có đường kính trong của satato bé dùng dây quấn tập trung khó lồng dây đặc biệt là tổ bối lớn hơn 4 càng khó lồng dây.Để dễ thao tác và tiết kiệm được đồng người ta sang tổ bối ra làm hai bối rồi đấu dây theo kiểu cực từ thật hay giả tùy theo yêu cầu số đối cực của động cơ. Dây quấn bố trí theo kiểu này gọi là dây quấn phân tán .

+Ví dụ như trường hợp hai ta sang tổ bối hai thành hai tổ bối đơn,như vậy dây quấn có bốn tổ bối đơn.

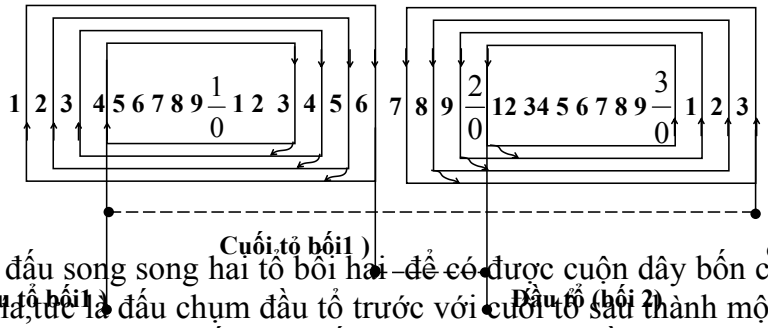


+ Chiều dòng điện trong dây quấn có 4 nhóm (nhóm có chiều dòng điênliên tiên tiếp nhau) hình thành 4 cực từ .

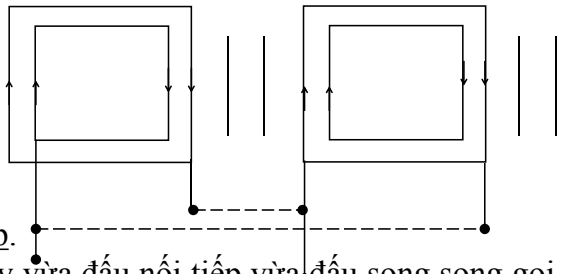
2.Đấu song song.

Đấu song song là đấu cho dòng điện đi song song qua môt lượt qua tất cả bối dây.Cách đấu này đường đi của dòng điện là ngắn nhất,nên thường sử dụng khi cần động cơ chạy điện áp thấp (điện áp thấp là điện áp thấp hơn điện áp động cơ làm việc ở chế độ đấu nối tiếp).Khi động cơ chạy ở điện áp thấp

-Giả sử ta có hai tổ bối đồng tâm,muốn được cuộn dây có hai cực ta phải đấu song song khác phía,tức là đấu chụm đầu tổ trước với cuối tổ sau thành một mối và cuối tổ trước với đầu tổ sau thành một mối , hai mối đó chính là hai đầu song song .(Cách đấu này số bối dây bằng số cực từ nên cũng được gọi là đấu cực từ thật.)



-Ta cũng có thể đấu song song hai tổ bối hai để có được cuộn dây bốn cực bằng cách đấu song song khác phía,tức là đấu chụm đầu tổ trước với cuối tổ sau thành một mối và cuối tổ trước với cuối tổ sau thành một mối.Hai mối đó chính là hai đầu song song. (Cách đấu này cho ta số cực gấp đôi số tổ bối dây nên cũng có tên gọi là đấu cực từ giả.)

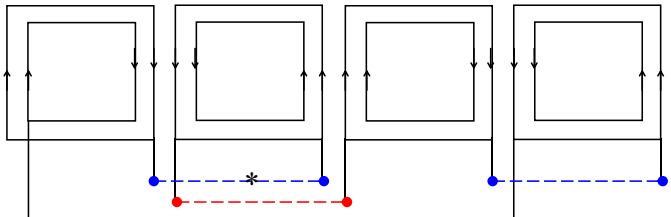


3.<u>Cách đấu hỗn hợp</u>.

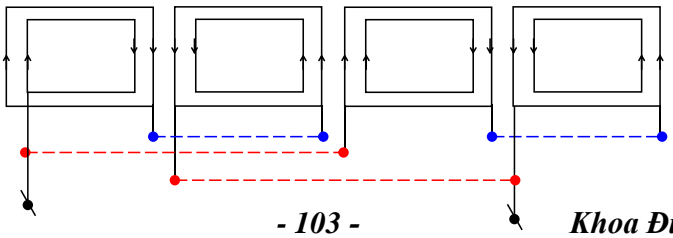
Trong một cuộn dây vừa đấu nối tiếp vừa đấu song song gọi là đấu dây hỗn hợp.Thực tế ít khi người ta sử dụng đấu song song riêng lẽ mà thường kết hợp với đấu nối tiếp để tao ra cuộn dây làm việc với hai cấp điện áp.Thông thường cuộn dây đấu nối tiếp để chạy động cơ với cấp điện áp cao(220V chẳng hạn) và khi đấu song song
chạy động cơ với cấp điện áp thấp (110V).Do đặt thù cách đấu nên để đấu hai cấp điện áp chỉ áp dụng khi tổ bối chẵn và phải có từ 4 tổ bối trở lên.

-Giả sử ta có 4 tổ bối ba để cuộn dây có bốn cực lầm việc với điện áp 220V ta phải đấu nối tiếp cùng phía cả bốn bối.Khi chạy 110V ta phải đấu thành hai dãy song song mỗi dãy hai tổ bối dây.

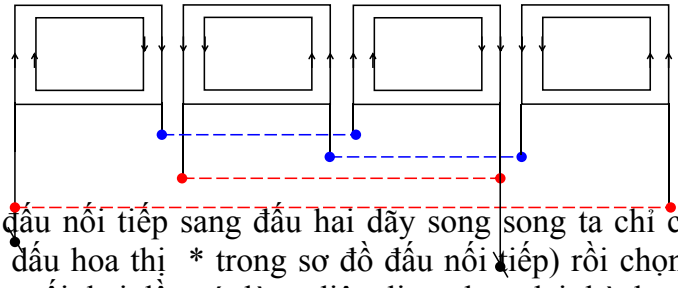
+Đấu nối tiếp bốn tổ bối hai để được cuộn dây 4 cực.



+Đấu song song hai dãy bốn tổ bối hai để được cuộn dây 4 cực.



+ Đấu song song hai dãy bốn tổ bối hai để được cuộn dây 4 cực đối xứng.



*Lưu ý:

-Khi chuyển từ đấu nối tiếp sang đấu hai dãy song song ta chỉ cần cắt mối nối chỗ chia đôi số tổ bối (chỗ dấu hoa thị * trong sơ đồ đấu nối tiếp) rồi chọn hai đầu dòng điện vào chụm lai thành một mối, hai đầu có dòng điện đi ra chụm lại thành một mối. Hai mối đó là hai đầu của cuộn dây.

-Ngoài ra các tổ bối đấu nối tiếp trong một dãy phải trãi đều trong lõi thép ,không nên đấu tập trung về một phía.Vì nếu đấu như vậy có thể sinh ra dòng điện quẩn trong mạch đấu song song ,gây nóng và động cơ tăng thên tiếng kêu do từ trương trong cuộn dây mất đối xứng.

-Để đảm bảo tốc độ cho động cơ thì phải đảm bảo số đối cực của động cơ ,hay nói cách khách là đảm bảo số cực từ 2p của dây quấn.

+Cực từ trong dây quấn máy điện xoay chiều được định nghĩa là tập hợp nhóm dòng điện cùng chiều liên tiếp chạy trong dây quấn động cơ.Như vậy để kiểm tra dây quấn có bao nhiêu cực từ là kiểm tra xem chiều dòng điện chạy trong dây quấn có bao nhiêu nhóm dòng điện cùng chiều liên tiếp chạy trong dây quấn.

+Khoảng cách từ tâm cực từ này đến tâm cực từ kia được gọi là bước cực từ và kí hiệu là τ .Trên tực tế ta hay quen dùng một cách không đúng nhưng vẫn được chấp nhận là " bước cực từ τ " là "cực từ " nên cũng kí hiệu là τ .

+Trong dây quấn máy điện xoay chiều hai dây quấn hoặc ba dây quấn thì böôùc cực từ bằng bề rộng cực từ.Nhưng trong dây quấn máy điện một chiều thì không đúng.

3.10.3 NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ DÂY QUẤN MÁY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA.

I/Các khái niệm và thông số cơ bản.

1.Các kí hiệu.

Z:tổng số rãnh stato.

2p:số cực từ của bộ dây quấn.

m:số pha.

y:bước bối dây(bước dây quấn).

α_{hh} : góc lệch hình học(góc lệch không gian) giữa hai rãnh liên tiếp.

q:số rãnh một pha dưới mọt cực từ.

p:Số đối cực của bộ dây quấn (còn gọi là số đôi cực tù của bộ dây quấn

β : hệ số rút ngắn của dây quấn.

α_d :góc độ diện giữa hai rãnh liên tiếp liên quan đến cực từ.

τ :bước cực từ

2.Các thông số cơ bản cơ bản.

-Cực từ và bước cực từ:

+Cực từ là tập hợp các cạnh tác dụng của dây quấn liên tiếp có cùng chiều liên nhau trong không gian stato.Bề rộng cực từ được tính bằng số rãnh chứa các cạnh tác dụng của dây quấn.

+ Bước cực từ là khoảng cách từ tâm cực từ này đến tâm cực từ kia đi theovòng cung tròn trong stato kí hiệu là τ và được tính bằng số rãnh.

+Trong dây quấn máy điện xoay chiều bước cực có rố rãnh bằng bề rộng cực từ và được xác định:

$$\tau = \frac{Z}{2p} \text{ ;(rãnh/1cực từ.)}$$

-Góc lệch hình học α_{hh} & góc độ điện $\alpha_{đ}$ là các đại lượng dùng để xác định vị trí đặt từng bộ dây của từng pha cũng như trong xác định sơ đồ hình tia,xác định vùng pha của dây quấn và hệ số dây quấn.

$$\alpha_{hh} = \frac{360}{Z}$$

$$\alpha_{đ} = \text{p. } \alpha_{hh} = \frac{p \,.\, 360^{0}}{Z} = \frac{180}{\tau}$$

-Số rãnh phân bố một pha dưới 1 bước cực q:

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{Z}{2 \,.\, p \,.\, m}$$

-Vùng pha là góc mở dưới mỗi cực từ tính theo sự rãi dây quấn của từng pha dưới mỗi cực từ (khoảng không gian tính theo đơn vị đo góc điện)

$$\gamma = q.\alpha_{đ}$$

-Bước dây quấn là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của một bối dây tính bằng rãnh.

y = τ (bước đủ)

y > τ (bước dài)

y < τ (bướcngắn)

3.10.4 PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG SƠ ĐỒ TRẢI 1 LỚP

-Bước1: Xác định số liệu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

Tổng số rãnh stato Z, số cực từ của bộ dây quấn 2p ,số pha m,loại dây quấn.

-Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

+Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p}.$$

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$$q = \frac{\tau}{m}$$

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = \text{p. } \alpha_{hh} = \frac{p \,.\, 360^{0}}{Z} = \frac{180}{\tau}$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^{0}}{\alpha_d}$$

+Bước đây quấn y

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

.Khi chọn dây quấn tập trung $S_f = p$

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_f = 2p$

+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_đ$$

Bước 3:

+Vẽ các đoạn thẳng song song bằng nhau cách đều nhau, mỗi đoạn thẳng tượng trưng cho một cạnh tác dụng chứa trong rãnh.Đánh số thứ tự các đoạn thẳng này,tổng số đoạn thẳng cần vẽ bằng số rãnh stato.

+Dựa và trị số τ để phân ra bước cực từ trên stato,ta biết số rãnh stato trong mỗi khoảng cực từ (Cách chia này không phải bước cực từ của bộ dây quấn)

+Trong mỗi vùng cực từ,căn cứ giá trị q để xác định số rãnh một pha trong mỗi bước cực,nếu thứ tự các pha là ABC thì tai mỗi cực từ cũng theo thứ tự ABC.

-Bước 4:

+Vẽ phần đầu nối cho nhóm bối và nhóm dây theo thứ tự từng pha để hoàn chỉnh dây quấn.

+Trước khi vẽ phần đầu nối cho tường pha phải chú ý số cực từ dây quấn phải đảm bảo yêu cầu của động cơ.Để đảo bảo yêu cầu nay ta chọn một trong hai cách đấu sau:

.Đấu cực từ thật số cực từ bằng số nhóm bối một pha.

.Đấu cực từ giả số cực từ bằng hai lần số nhóm bối một pha.

b.Các ví dụ:

Ví dụ1:

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stao động cơ ba pha có Z=18; 2p=4;Dây quấn đồng khuôn bước đủ ,tập trung.

Giải:

-Bước1:

Z=18; 2p=2;

Dây quấn 3 pha đồng khuôn bước đủ,tập trung.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{18}{2} = 9 \text{ rãnh/1bước cực.}$$

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{9}{3} = 3 \text{ rãnh/1pha/1bước cực.}$$

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_đ = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{9} = 20^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{20} = 6 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn

y= τ =9 rãnh

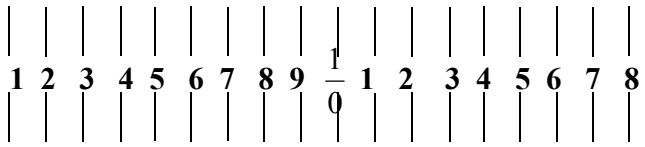
+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

Chọn dây quấn tập trung nên $S_f = p = 1$

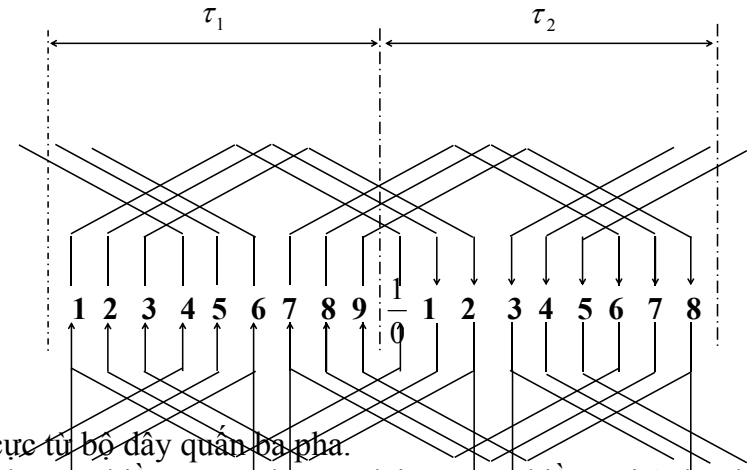
+Xác định vùng pha

$\gamma = q.\alpha_đ = 3.20 = 60^0$

-Bước3:



-Bước 4:



-Bước 5:Kiểm tra cực từ bộ dây quấn ba pha.

+Chọn hai pha có chiều tuỳ ý,pha còn lại ngược chiều với 2pha đã chọn.Sự phân bố cực từ đúng khi và chỉ khi các rãnh dòng điện đi qua tạo thành các vuvng chuyển dịch theo từng nhóm xen kẽ lên xuống bằng 2p. Nếu có một rãnh trong nhóm ngược chiều là ta đã đấu nhầm.Mặt cực từ nằm giữa hai vùng dòng điện lên và xuống .

Ví dụ2:

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stato động cơ ba pha có Z=18; 2p=2;Dây quấn đồng khuôn bước ngắn ,phân tán.

Giải:

-Bước1:

Z=18; 2p=4;

Dây quấn 3 pha đồng khuôn bước ngắn,phân tán.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{18}{2} = 9 \text{ rãnh/1bước cực.}$$

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{9}{3} = 3 \text{ rãnh/1pha/1bước cực.}$$

+Vì dây quấn chọn là phân tán nên chia bối thành hai bối (phân tán).

.Bối thư nhất có :

$q_1 = \frac{q+1}{2} = \frac{3+1}{2} = 2$

.Bối dây thứ hai có:

$q_2 = \frac{q-1}{2} = \frac{3-1}{2} = 1$

(Trường hợp bối q chẵn thì sang q thành hai nửa mỗi nữa là $\frac{q}{2}$)

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{9} = 20^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{20} = 6 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y:

Bước bối dây nhó thứ nhất :

$$y_1 = \tau - q_2 = 9 - 1 = 8$$

Bước bối dây nhó thứ hai:

$$y_2 = \tau - q_1 = 9 - 2 = 7$$

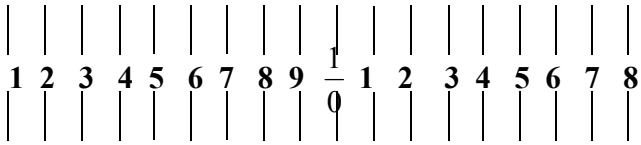
+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

Chọn dây quấn phân tán nên $S_f = 2p = 2$

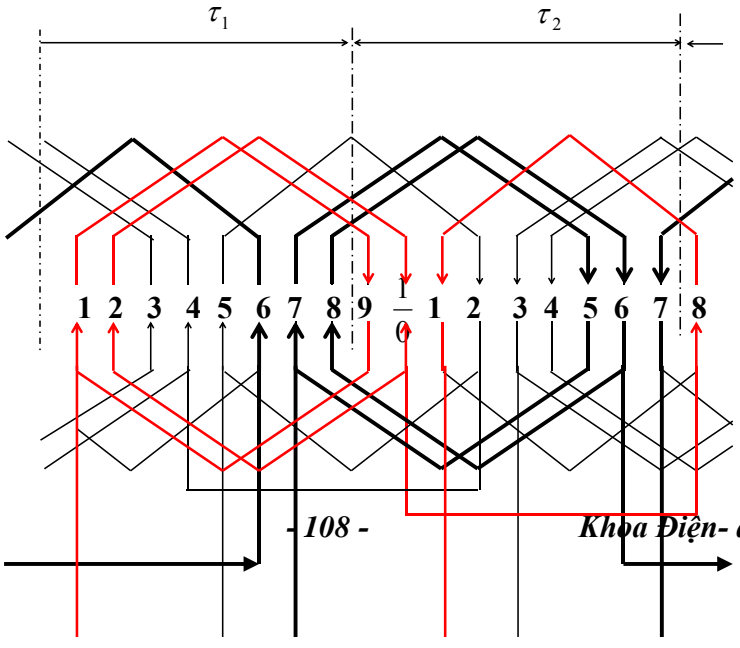
+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ} = 3.20 = 60^0$$

-Bước3:



-Bước



Ví dụ 3:

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stao động cơ ba pha có Z=24; 2p=4;Dây quấn đồng khuôn bước ngắn ,phân tán.

Giải:

-Bước1:

Z=18; 2p=4;

Dây quấn 3 pha đồng khuôn bước ngắn,phân tán.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$ rãnh/1bước cực.

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$q = \frac{\tau}{m} = \frac{6}{3} = 2$ rãnh/1pha/1bước cực.

+Vì dây quấn chọn là phân tán nên chia bối thành hai bối (phân tán).

.Bối thư nhất có :

$q_1 = \frac{q}{2} = \frac{2}{2} = 1$

.Bối dây thứ hai có:

$q_2 = \frac{q}{2} = \frac{2}{2} = 1$

(Trường hợp bối q chẵn thì sang q thành hai nửa mỗi nữa là $\frac{q}{2}$)

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_đ = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{6} = 30^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{30} = 4 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y:

Bước bối dây nhóm thứ nhất :

$$y_1 = \tau - q_2 = 6 - 1 = 5$$

Bước bối dây nhóm thứ hai:

$$y_2 = \tau - q_1 = 6 - 1 = 5$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

Chọn dây quấn phân tán nên $S_f = 2p = 4$ (*nhóm bối /1pha*.)

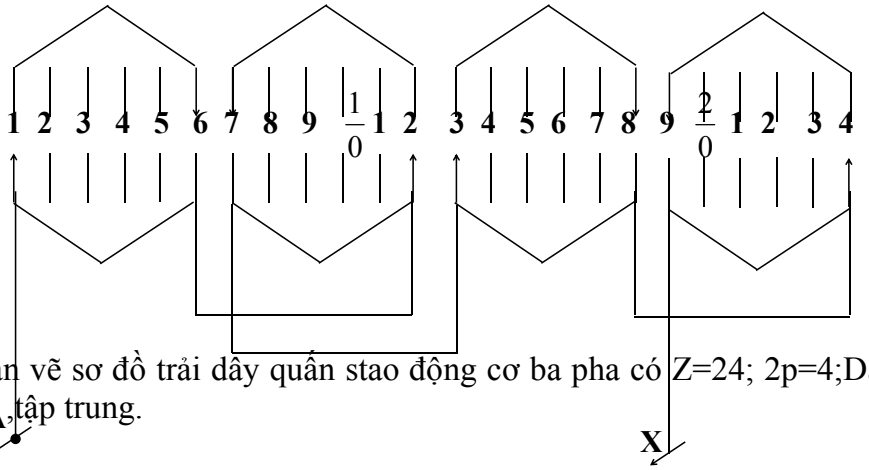
+Xác định vùng pha

$\gamma = q.\ \alpha_đ = 2.30 = 60^0$

-Bước3:

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	$\frac{1}{0}$	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	$\frac{2}{0}$	**1**	**2**	**3**	**4**

-Bước 4:



Ví dụ 4:

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stao động cơ ba pha có Z=24; 2p=4;Dây quấn đồng khuôn bước đủ,tập trung.

Giải:

-Bước1:

Z=24; 2p=4;

Dây quấn 3 pha đồng khuôn bước ngắn,phân tán.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \text{ rãnh/1bước cực.}$$

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{6}{3} = 2 \quad \text{rãnh/1pha/1bước cực.}$$

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = \text{p.}\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^{0}}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{6} = 30^{0}$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^{0}}{\alpha_d} = \frac{120}{30} = 4 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y:

$$y = \tau = 6 \text{ rãnh}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

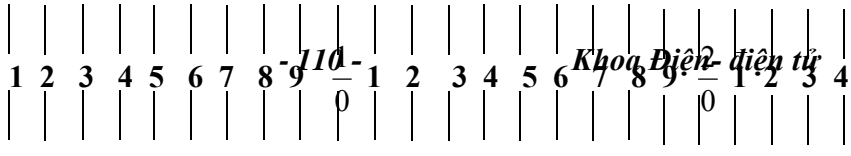
Chọn dây quấn tập trung nên S_f = p =2 (*nhóm bối /1pha*.)

$\Rightarrow$ Đấu cực từ giả.

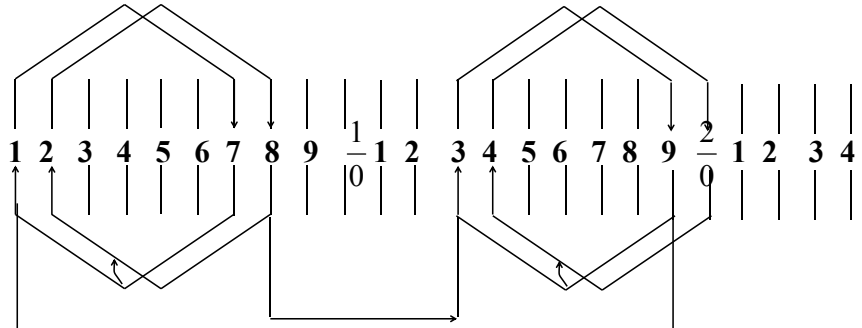
+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ} = 2.30 = 60^{0}$$

-Bước3:



-Bước 4:



Ví dụ 5:(Dây quấn đồng tâm tập trung)

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stao động cơ ba pha có Z=36; 2p=4;Dây quấn đồngđồng tâm,tập trung.

Giải:

-Bước1:

Z=36; 2p=4;

Dây quấn 3 pha đồng tâm,phân tán.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9$ rãnh/1bước cực.

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$q = \frac{\tau}{m} = \frac{9}{3} = 3$ rãnh/1pha/1bước cực.

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_đ = \text{p.}\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{9} = 20^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{20} = 6 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y: $y_2 = \tau = 9$ rãnh

$y_1 = \tau - 2 = 9 - 2 = 7$ rãnh

$y_3 = \tau + 2 = 11$ rãnh

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

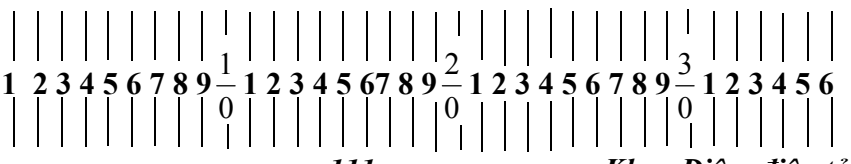
Chọn dây quấn tập trung nên S_f = p =2 (*nhóm bối /1pha*.)

$\Rightarrow$ Đấu cực từ giả.

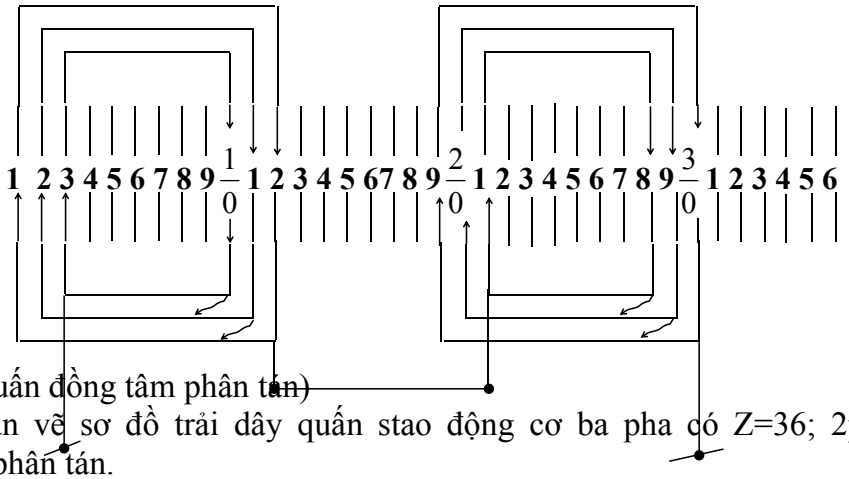
+Xác định vùng pha

$\gamma = q.\alpha_đ$ =2.20=40^0

-Bước3:



-Bước 4:



Ví dụ 6:(Dây quấn đồng tâm phân tán)

Tính toán vẽ sơ đồ trải dây quấn stao động cơ ba pha có Z=36; 2p=4;Dây quấn đồngđồng tâm,phân tán.

Giải:

-Bước1:

Z=36; 2p=4;

Dây quấn 3 pha đồng tâm,phân tán.

-Bước 2:

+Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9$ rãnh/1bước cực.

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$q = \frac{\tau}{m} = \frac{9}{3} = 3$ rãnh/1pha/1bước cực.

+Vì dây quấn chọn là phân tán nên chia bối thành hai bối (phân tán).

.Bối thư nhất có :

$q_1 = \frac{q+1}{2} = \frac{3+1}{2} = 2$

.Bối dây thứ hai có:

$q_2 = \frac{q-1}{2} = \frac{3-1}{2} = 1$

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{9} = 20^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{20} = 6 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y:

.Bước dây nhóm bối thứ nhất:

$y_{1(b_1)} = \tau - q_2 = 9 - 2 = 7$ rãnh

$y_{2(b_1)} = y_{1(b1)} + 2 = 9$ rãnh.

.Bước dây nhó bối thứ hai:

$$y_{1(b2)} = \tau - q_1 = 7 \text{ rãnh}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha S_f.

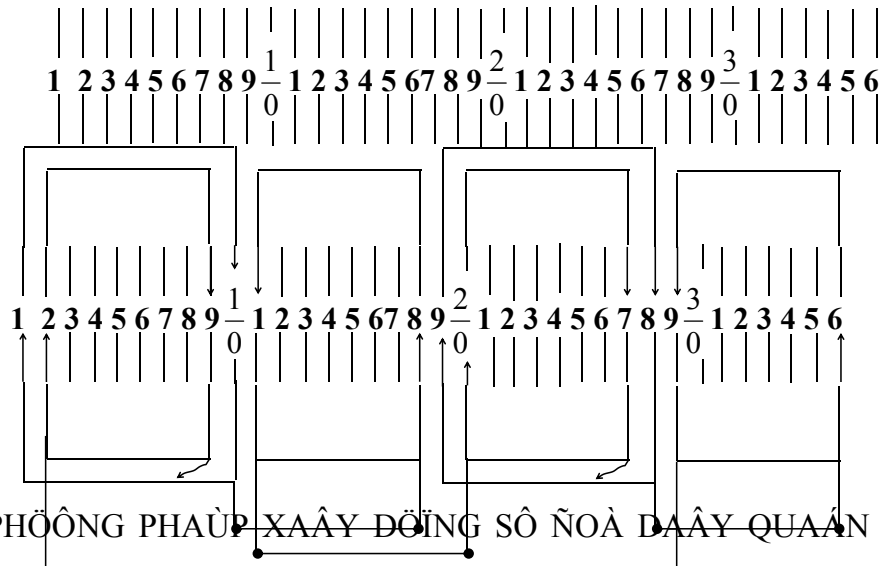
Chọn dây quấn phân tán nên S_f = 2p =4 (*nhóm bối /1pha*.)

$\Rightarrow$ Đấu cực tư thật

+Xác định vùng pha: $\gamma = q.\alpha_{đ}$ =2.20=40^0

-Bước3:

-Bước 4:



3.10.5 PHÖÔNG PHAÙP XAÂY DÖÏNG SÔ ÑOÀ DAÂY QUAÁN 3PHA HAI LÔÙP

1 .Phương pháp xây dựng sơ đồ dây quấn hai lớp(dây quấn xếp q nguyên)

-Bước 1:Lấy số liệu cơ bản Z,2p,loại dây quấn,bước dây quấn …

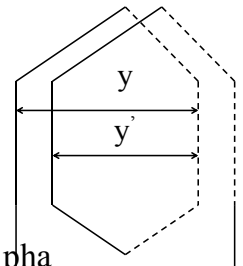
-Bước 2:Xác định các tham số cơ bản τ ,q, $\alpha_{đ}$,…

-Bước 3: Chọn bước bối dây nằm trong khoảng $y_{max} \le y \ge y_{min}$ trong đó

. y_{max}=-1

. $y_{min} = \frac{2}{3}\tau$

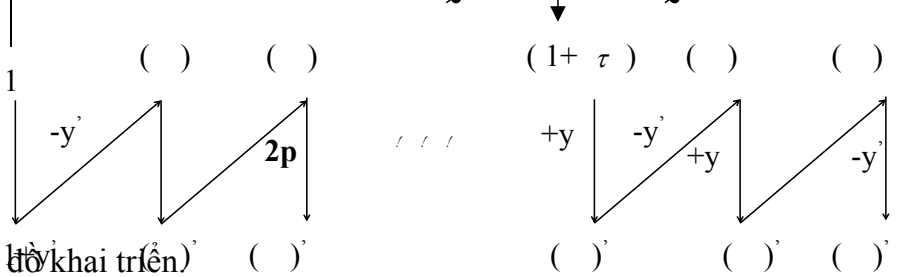
-Bước 4: Xác định y'



-Bước 5 : Lập bảng phân nhóm cho từng pha

Lớp trên τ

Lớp dưới



-Bước 6: Vẽ sơ đồ khai triển

Ví dụ 1:Vẽ sơ đồ dây quấn xếp hai lớp bước ngắn cho động cơ ba pha Z = 36 ,2p =4.

Giải:

-Bước 1:Lấy số liệu cơ bản Z = 36 ,2p =4,loại dây quấn xếp,bước bước ngắn…

-Bước 2:Xác định các tham số cơ bản

+Bước cực từ

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \text{ rãnh/1bước cực.}$$

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{9}{3} = 3 \quad \text{rnh/1pha/1bước cực.}$$

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = \text{p. } \alpha_{hh} = \frac{p.360^{0}}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{9} = 20^{0}$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{120^0}{\alpha_d} = \frac{120}{20} = 6 \text{ rãnh}$$

-Bước 3:

+Bước đây quấn y:

.Bước dây lớn nhất:

$$y_{\max} = \tau - 1 = 9 - 1 = 8 \text{ rãnh}$$

.Bước dây lớn nhất:

$$y_{\min} = \frac{2}{3}\tau = \frac{2}{3}9 = 6 \text{ rãnh.}$$

.Chọn bước dây :

y = 7

Chọn bước bối dây nằm trong khoảng $y_{max} \le y \ge y_{min}$ trong đó

. y_{max}=-1

. $y_{min} = \frac{2}{3}\tau$

+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ} = 2.20 = 40^0$$

-Bước 4: Xác định y'

. y'=y-1=6 rãnh.

-Bước 5 : Lập bảng phân nhóm cho từng pha

Pha A:

Lớp trên

1 2 3 10 11 12 19 20 21 28 29 30

Lớp dưới

8 9 10 17 18 19 26 27 28 35 36 1

Pha B:

Lớp trên

7 8 9 16 17 18 25 26 27 34 35 36

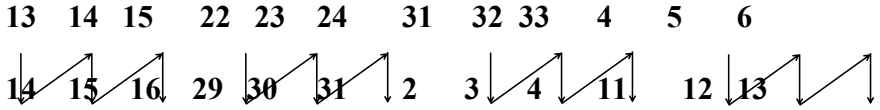
Lớp dưới

14 15 16 23 24 25 32 33 34 5 6

Lớp dưới

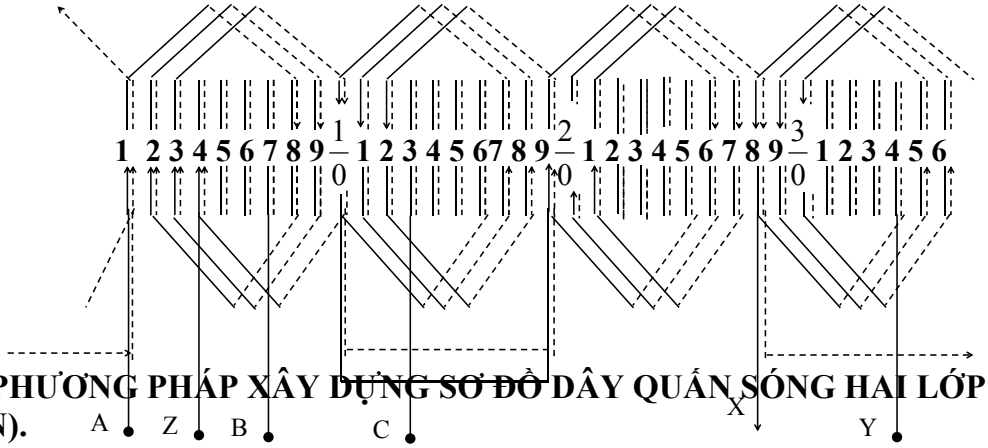
Pha C

Lớp trên



Lớp dưới

-Bước 6: Vẽ sơ đồ khai triển.



3.10.6 PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG SƠ ĐỒ DÂY QUẤN SÓNG HAI LỚP (Q NGUYÊN).

1.Đặc điểm.

Dây quấn sóng hai lớp tương tự như dây quấn sóng động cơ một chiều(hay động cơ vạn năng),tuy nhiên dây quấn sóng hai lớp (hay dùng dây quấn nghịch)không đi liên tục một mạch trong một pha ,mà sau khi đi một chiều hết một nữa cạnh tác dụng trong pha đó,ta phải tách ly dây quấn rồi lộn ngược theo chiều nhược quấn nữa số cạnh tác dụng còn lại trong pha đó.

Khi thực hiện dây quấn sónh nghịch hai lớp ,thường nửa nhóm bối dây trong trong pha có thể đấu song song hoặc nối tiếp nhau.

-Khi thực hiện đấu song song số bối thuộc nửa nhóm bối dây phải bằng nhau.

-Khi thực hiện đấu nối tiếp chỉ cần một thanh dẫn liên kết hai nhóm với nhau.

Dây quấn sóng nghịch thường dùng cho động cơ có bước cực τ là bội số của ba và lớn hơn hoặc bằng sáu.Nếu động cơ không thoả mản điều kiện này thì thực hiện sơ đồ khó khăn và phức tạp. Điều kiện đẻ quấn dây quấn sóng ngược:

.Z là bội của 3.

.Z là bội số của số đôi cực p

. Hoặc $Z \pm 1$ là bội của p.

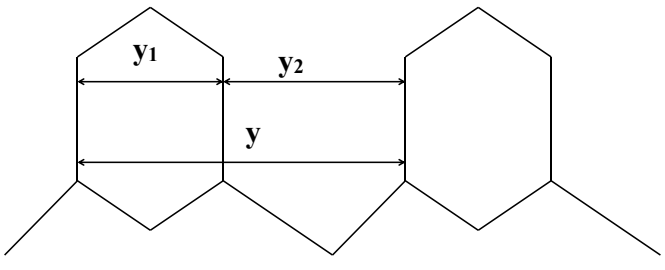
2.Trình tự các bước xây dựng.

Bước1: Lấy số liệu Z,2p,suy ra τ và kiểm tra điều kiện Z và τ

Bước 2:

-Chọn dây quấn tổng hợp y:

$$Z = \frac{(Z \pm b)}{p}$$



+Khi Z=np (n là số nuyên dương)chọn b=0 hay Z là bội số của p.

+Khi số canh tác dụng trong rãnh là 2 hay bội số của hai ta chọn

b=1.

(Dây quấn sóng ngược cũng có thể quấn cho dây quấn 1 lớp)

Bước 3:

Gọi F là tổng số cạnh tác dụng của bộ dây quấn.

-Nếu F/6 là số chẵn thì một nhánh trong một pha có F/6 cạnh tác dụng.

-Nêu F/6 là một số lẽ thì một nhánh trong một pha là $\frac{F}{6}-1$ cạnh tác dụng, nhánh còn lại là $\frac{F}{6}+1$ cạnh tác dụng.

Bước 4:

Lập bảng số xác định cách quấn dây ,bảng thiết lập như sau:

-Chia bảng thành 2p cột.

-Lần lược ghi T ,D; T D tượng trưng cho cạnh tác dụng trên và cạnh tác dụng dưới của mỗi bối dây.Sau đó ghi số thứ tự và rãnh vào mỗi ô.

Gọi y_1 là bước bối dây thì y_2 được xác định:

$$y_2 = y - y_1$$

Ta ghi số trước cách số sau một bước y_1 rồi y_2

-Mỗi khi gai hết 1 dòng ,trước khi viết dòng tiếp theo,ta xem mạch có bị khép kín hay không.Nếu có sự khép kín mạch sớm thì ta tăng hoặc giảm y_2 một đơn vị.

-Nếu sơ đồ dây quấn dùng cho stato thì ta phải tiến hành biện pháp vừa nêu,trường hợp dùng cho sơ đồ dây quấn roto thì phải chúi ý đầu dây vào mỗi pha của các rãnh: 1; (1+Z/3); (1+2Z/3) vào vị trí ô thích hợp đứng đầu mỗi rãnh (trù trường hợp 2p là bội của 3).

-Lập bảng qui định đầu vào,suy ra số thanh chuyển hướng trong mỗi pha.

Bước 5:

Thực hiện sơ đồ khai triển cho dây quấn.Nên vẽ các thanh chuyển hướng và các đầu vào mỗi nhóm trước tiên.

Hình dạng bảng số xác định các nhóm mỗi pha được mô tả trong hình vẽ trang sau:

T	D	T	D	…	T	D

2P Cột

Nhóm bối dây	pha	Đầu		
		Ra	Vào	CH
	A			
	C			
	B			

CH:Thanh chuyển hướng.

Ví vu: Vẽ sơ đồ trãi dây quấn sóng động cơ không đồng bộ ba pha Z =24 ,2p = 4.

Giải:

Bước 1:

Z =24 ,2p = 4.

$\Rightarrow \tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} =$ 6 rãnh/1 bước cực.

-Kiểm tra điều kiện Z và τ:

$\frac{Z}{3} = 8$ nên Z là bội của 3.(thoả mãn)

P=2 ;Z=24 nên Z là bội của p. .(thoả mãn)

τ =6 $\Rightarrow$ τ là bội của 3. .(thoả mãn).

Bước 3:

-Bước dây hợp:

$$y = \frac{Z \pm b}{p} = \frac{24 \pm b}{2} .$$

Vậy ta có thể chọn b = 1 hoặc b = 0. Để y chẵn ta chọn b = o.

Chọn b = o y = 12

-Chọn bước dây y_1 là loại bước ngắn :y_1= 5

$\Rightarrow$ y_2=y- y_1=12-5=7.

-Khi dùng dây quấn sóng hai lớp thì số cạnh tác dụng F =2.Z=48 cạnh tác dụng.

$\Rightarrow$ $\frac{F}{6} = \frac{48}{6} = 8$ cạnh.

$\Rightarrow$ Một nhóm bối 1 pha có 8 cạnh.

Bước 4: (Lập bảng xác định cách đấu dây).

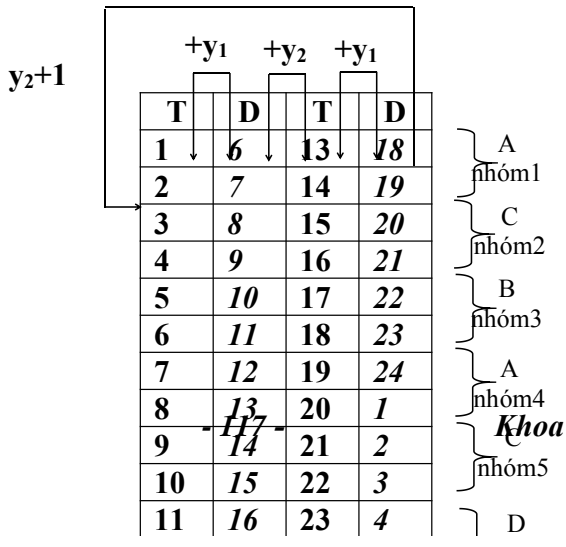
-Bảng có 4 cột tương ứng 4 cực,số hàng của bảng được xác định như sau:

+Vì ô của bảng mỗi ô của bảng ứng vơi mỗi cạnh tác dụng và tổng số ô là tổng số cạnh tác dụng.Do đó số hàng:

$$\text{(số hàng)} = \frac{Z.T_d}{2p} = \frac{F}{2p} = \frac{48}{4} = 12 \text{ hàng.}$$

Trong bảng lập ra ta nhận thấy khi chấm dứt dòng thứ nhất với cạnh tác dụng mang số 18D, bắt đầu ghi ô đầu dòng thứ hai ta phải ghi số thứ rự 18 + y_2 = 18+7 =25.Vì số 25 lớn hơn tổng số rãnh stato là 24 nên qui đổi lại 25-Z = 25-4=1.Đáng lẽ ô đầu hàng 2 ta ghi 1D ,do mạch khép kín sớm(trùng với số thứ tự ô hàng đầu) .Do đó ô đầu hàng hai ta phải tăng bớt 1 đơn vị cụ thể là ta ghi tăng lên 1 đơn vị (con số 2),hay 1-1 = 0 ;

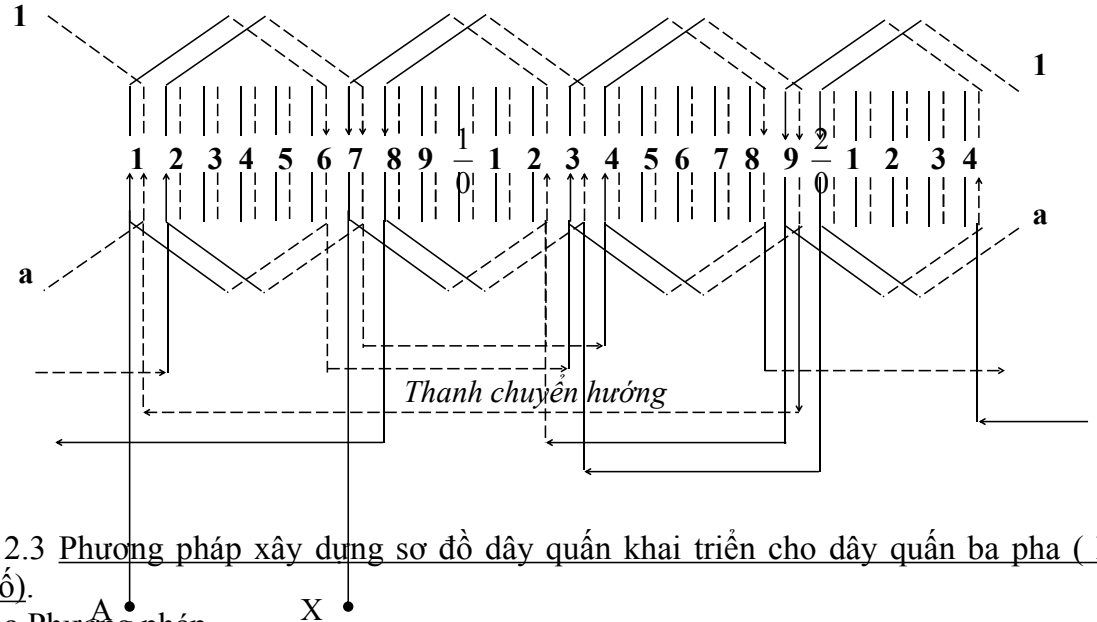
Bảng xác định đầu vào ra và chuyển hướng.



1. Nhóm	2. Pha	Đầu		
		Vào	Ra	CH
1	A	1T	19D	19 D hay 1T
2	C	3T	21D	21D hay 3T
3	B	5T	23D	23D hay 5T
4	A	7T	1D	1D hay 7T
5	C	9T	3D	3D hay 9T
6	B	11T	5D	5D hay 11T

Lưu ý:Nếu trong một mạch khép kín sớm thì ta (+1)hay (-1) đơn vị để khử hiện tượng này ,thì tại các vị trí khép sớm khác cũng thực hiện tương tự trên.Nếu tại vị trí 1 ta (+1) thì các vị trí khác ta củng cộng thêm 1,còn tại vị trí 1 ta (-1) thì các vị trí khác ta củng trù đi 1.

Bước 5: Vẽ sơ đồ khai triển cho 1pha và ba pha.



2.3 Phương pháp xây dựng sơ đồ dây quấn khai triển cho dây quấn ba pha (khi q phân số).

a.Phương pháp.

Bước 1:

Định Z, 2p .Suy ra τ ,q, α_d

Bước 2:

Viết q theo dạng : $q = b + \frac{C}{d}$ trong đó b,c,d là các số nguyên và $\frac{c}{d}$ là phân số tối giản.

Bước 3:

Dựng chuỗi tuần hoàn do nhiều nhóm số thứ tự giống nhau xếp liên tiếp.

Cách thành lập như sau:

-Viết các số có giá trị (b+1) thành c lần.

-Viết các số có giá trị bằng b thành (d-c) lần

Viết lại nhóm số thứ tự này liên tiếp nhiều lần ,số lần lập lai được xác định như sau:

(Số klần lặp lại cho nhóm số thứ tự)= $\frac{2\ pm}{d}$.

Bước 4:

Viết chuỗi tuần hoàn trên thành hàng ngang,bắt dầu ngay bên dưới ta ghi phaA,sau đó cứ 1 số ta ghi pha tiếp theo,tiến hành tuần tự xắp xếp các pha A, C, B liên tục cho đến hết chuỗi số.

Số trên đầu kí hiệu A, C, B cho ta biết số rãnh thuộc về pha đó bằng bao theo thứ tự xắp xếp chuỗi số.

Bước 5:

Căn cứ kết quả bước 4 đánh số thứ tự rãnh và cách xác định phân bố rãnh cho các pha .Dựng sơ đồ dây quấn 1 lớp hay hai lớp trên phân rãnh tìm được.(Thông thường cách thành lập sơ đồ dây quấn kiểu nà thích hợp cho dây quấn 2 lớp hơn là 1 lớp,còn dây quấn 1 lớp ta có phương pháp khác nữa).

Ví dụ:

Vẽ sơ đồ dây quấn stato động cơ không đồng bộ ba pha với Z =36 ,2p =8.

Giải:

Bước 1:

Z =36 ,2p =8. $\Rightarrow \tau = \frac{36}{8} = 4{,}5$ rãnh /1bước cực.

$q = \frac{\tau}{m} = \frac{4{,}5}{3} = 1{,}5$ rãnh /1pha /1 bước cực.

Bước 2:

Viết q theo dạng : $q = b + \frac{C}{d} = 1 + \frac{1}{2}$ trong đó b=1,c=1,d =2.

Bước 3:

Dựng chuỗi số tuần hoàn với số nhóm trong chuỗi xác định như sau:

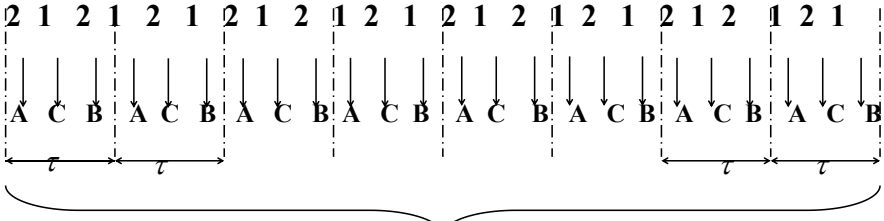
(Số klần lặp lại cho nhóm số thứ tự)= $\frac{2\ pm}{d} = \frac{8\ .\ 3}{2}$12 nhóm số.

Chuỗi số có dạng như sau:

-Nhóm số có hai số thứ tụ là 21 , ta viết 12 lần nhóm số này để có chuỗi tuần hoàn: 212121212121212121212121

Bước4:

Xác định phân bố rãnh cho ba pha đây quấn.



8 khoảng bước cực ứng với 2p=8

Pha \ cực	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A	2	1	2	1	2	1	2	1
C	1	2	1	2	1	2	1	2
B	2	1	2	1	2	1	2	1

-Ta có thể xác định cách phân bố rãnh cho ba pha theo cách chia từng nhóm số thứ tự và chuỗi tuần hoàn bằng bảng tóm tắt xác định phân bố rãnh mỗi pha /1bước cực,hay bảng số cụ thể sau:

Số thứ tự rãnh	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pha	A	A	C	B	B	A	C	C	B	A	A	C	B	B	A	C	C	B

Số thứ tự rãnh	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Pha	A	A	C	B	B	A	C	C	B	A	A	C	B	B	A	C	C	B

Nếu để áp để vẽ cho sơ đồ hai lớp với phân bố rãnh tìm được như trên,ta xem đó là phân bố cho lớp trên,còn canh tác dụng dưới phụ thuộc vào bước bối dây y.

Với τ =4,5 rãnh /1 bước cực ta chọn y trong khoảng sau $y_{max} \leq \quad y \geq y_{min}$

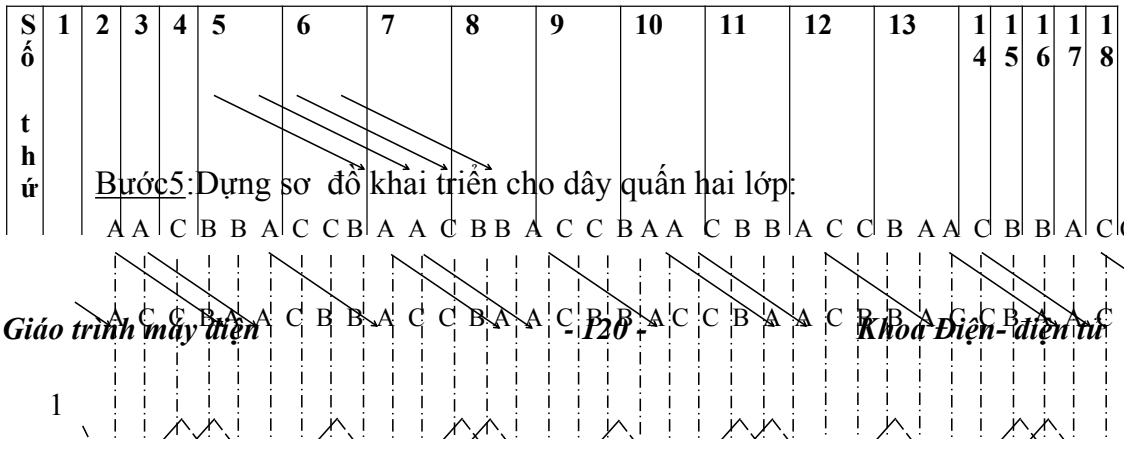
Trong đó:

$$y_{max} \leq \tau \text{ và } y_{min} \geq \frac{2}{3}\tau \text{ ,y phải là số nguyên.}$$

Vậy ta phải chọn $4 \geq \quad y \leq 3$.

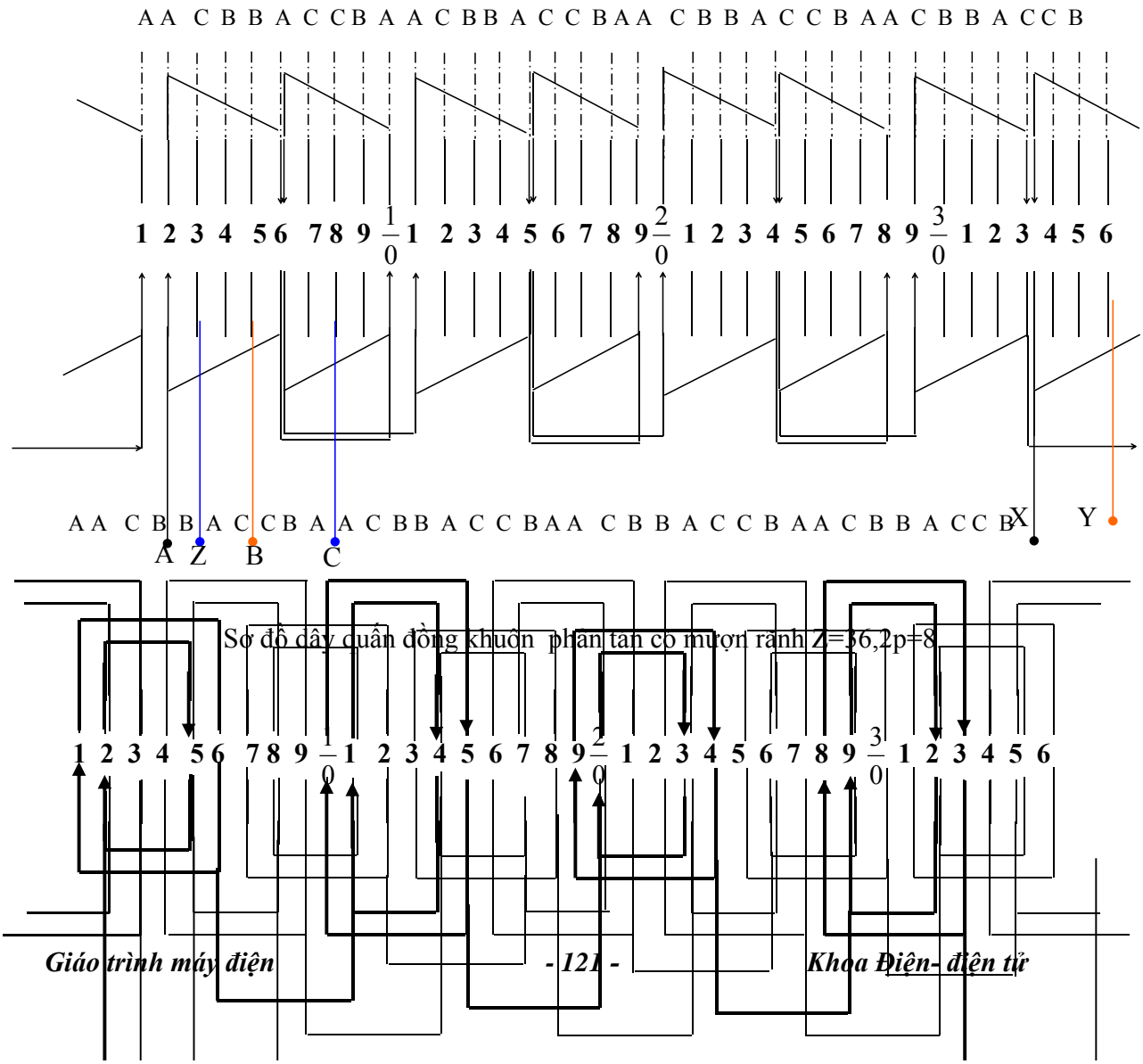
Giả sử ta chọn y= 4 để vẽ sơ đồ.

Phương pháp ghi thực hiện như sau:



Bước5:Dựng sơ đồ khai triển cho dây quấn hai lớp:

Trường hợp xây dựng dây quấn 1 lớp và áp dụng cho phương pháp xây dựng cho phương pháp xây dựng sơ đồ thực hiện cho dang 1 lớp với q nguyên.



Sơ đồ dây quấn đồng khuôn phân tán có mượn rãnh Z=36,2p=8

3.10.6 DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU MỘT PHA

I/ Khái niệm và các thông số đặc trưng.

1.Đặc điểm:

Dây quấn động cơ điện xoay chiều 1 pha gồm có 1 dây quấn chính và 1 dây quấn phụ , dây quấn chính gọi là cuộn chạy(kí hiệu R),dây quấn phụ gọi là cuộn đề (kí hiêu S).Sau khi khởi động xong cuộn đề cắt ra khỏi nguồn .Động cơ này vận hành chỉ có cuộn chạy làm việc gọi là động coe 1 pha.

Đối với động cơ dùng tụ thường trực cuộn chạy và cuộn đề cùng làm việc được đấu song song và cùng làm việc gọi là động cơ hai pha.

Trên thực tế những động cơ làm việc ở lưới điện 1 pha thì được gọi là động cơ 1pha.Động cơ 1 pha chia theo kiểu này cơ bản có hai loại động cơ dùng tụ thường trựcvà động cơ dùng tụ mở máy:

-Động cơ 1 pha dùng tụ thường trực là động cơ chay tụ ngâm (Tụ tham gia suốt trong quá trình làm việc và khởi động).

-Động 1 pha dùng tụ mở máy hay còn gọi là động cơ điện dung mở máy (động cơ có tụ mở máy sau khi khởi động xong tụ được cắt ra khỏi mạch điện của động cơ).

-Để tăng cường cho quá trình mở máy người ta kết hợp hai kiểu dùng tụ thuờng trực và kiểu dùng tụ mở máy.Khi làm việc cả hai tụ tham gia vào quá trình mở máy,sau khi khởi động xong tụ điện dung mở máy được cắt ra khỏi mạch điện nhờ công tắc li tâm,tụ thường trực còn lại tham gia vào quá trình mở máy.Động cơ kiểu này củng được gọi là động cơ điện dung mở máy.

Ngoài ra ta còn gặp loại động cơ điện 1 pha có cả rô to đây quấn kết cấu giống như dây quấn máy điện 1 chiều gọi là động cơ vạn năng.

2.Phân loai dây quấn động cơ 1 pha.

-Dây quấn đồng khuôn:

+Dây quấn tập trung.

+Dây quấn phân tán.

-Dây quấn đồng tâm :

+Dây quấn tập trung.

+Dây quấn phân tán.

-Dây quấn 1lớp dây quấn hai lớp.

3.Cácthông số đặc trưng.

-Cực từ và bước cực từ: (giống như ở động cơ điện xoay chiều ba pha)

+Cực từ là tập hợp các cạnh tác dụng của dây quấn có cùng chiều liên tiếp nhau trong không gian stato.Bề rộng cực từ được tính bằng số rãnh chứa các cạnh tác dụng của dây quấn.

+ Bước cực từ là khoảng cách từ tâm cực từ này đến tâm cực từ kia đi theovòng cung tròn trong stato kí hiệu là τ và được tính bằng số rãnh.

+Trong dây quấn máy điện xoay chiều bước cực có rố rãnh bằng bề rộng cực từ và được xác định:

$$\tau = \frac{Z}{2p} \text{ ;(rãnh/1cực từ.)}$$

-Góc lệch hình học α_{hh} & góc độ điện $\alpha_{đ}$ là các đại lượng dùng để xác định vị trí đặt từng bộ dây của từng pha cũng như trong xác định sơ đồ hình tia,xác định vùng pha của dây quấn và hệ số dây quấn.

$$\alpha_{hh} = \frac{360}{Z}$$

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^{0}}{Z} = \frac{180}{\tau}$$

-Khoảng cách từ đầu cuộn chay đến đầu cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^{0}}{\alpha_d}$$

-Số rãnh phân bố một pha dưới 1 bước cực q:

$$q = \frac{\tau}{m} = \frac{Z}{2.p.m};\ (m=2)$$

-Vùng pha là góc mở dưới mỗi cực từ tính theo sự rãi dây quấn của của cuộn chạy hay cuộn đề dưới mỗi cực từ (khoảng không gian tính theo đơn vị đo góc điện)

$$\gamma = q.\alpha_{đ}$$

-Bước dây quấn là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của một bối dây tính bằng rãnh.

y = τ (bước đủ)
y > τ (bước dài)
y < τ (bướcngắn)

II/<u>Dây quấn 1 lớp</u>.

1.<u>Các phân bố cho dây quấn 1 lớp</u>.

-Phân bố số $Z_R = Z_S$,phân bố này áp dụng khi $\frac{Z}{2p}$ là bội số của hai.

+ $Z_R = \frac{Z}{2}$: Số rãnh phân bố cho cuộn chạy .

+ $Z_S = \frac{Z}{2}$: Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề.

$\Rightarrow q_R = q_S = \frac{Z_R}{2p} = \frac{Z_S}{2p} = \frac{Z}{2.2p}$

-Phân bố số $Z_R = 2Z_S$,phân bố này áp dụng khi $\frac{Z}{2p}$ là bội số của ba.

+ $Z_R = \frac{2}{3}Z$: Số rãnh phân bố cho cuộn chạy .

+ $Z_S = \frac{1}{3}Z$: Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$\Rightarrow q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p}$

$\Rightarrow q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p}$

-Phân bố số $Z_R = 3Z_S$,phân bố này áp dụng khi $\frac{Z}{2p}$ là bội số của bốn.

+ $Z_R = \frac{3}{4}Z$: Số rãnh phân bố cho cuộn chạy .

+ $Z_S = \frac{1}{4}Z$: Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn

$\Rightarrow q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{3}{4}.\frac{Z}{2p}$

$\Rightarrow q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{4}.\frac{Z}{2p}$

2.Trình tự các bước xây dựng xây dựng sơ trải dây quấn 1 lớp.

-Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

Tổng số rãnh stato Z, số cực từ của bộ dây quấn 2p ,phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề ,loại dây quấn.

-Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

+Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p}$.

+Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề

+Loại dây quấn.

-Bước 3:

+Số rãnh 1 pha dưới 1 cực từ của cuộn chạy và cuộn đề:q_R và q_S

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_đ = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau}$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề.

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

.Khi chọn dây quấn tập trung $S_R = P$, và $S_S = p$

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p$, và $S_S = 2p$

+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_đ$$

Bước 4:

+Vẽ các đoạn thẳng song song bằng nhau cách đều nhau, mỗi đoạn thẳng tượng trưng cho một cạnh tác dụng chứa trong rãnh.Đánh số thứ tự các đoạn thẳng này,tổng số đoạn thẳng cần vẽ bằng số rãnh stato.

+Dựa và trị số τ để phân ra bước cực từ trên stato,ta biết số rãnh stato trong mỗi khoảng cực từ .(Phân chia này bước cực từ không phải bước cực từ của bộ dây quấn,cách chia nà giúp ta phân chia bối dây,xác định bước dây và cách đấu…)

+Trong mỗi vùng cực từ,căn cứ giá trị q để xác định số rãnh một pha trong mỗi bước cực.

-Bước 5:

+Vẽ phần đầu nối cho nhóm bối và nhóm dây theo thứ tự từng pha để hoàn chỉnh dây quấn.

+Trước khi vẽ phần đầu nối cho tường pha phải chú ý số cực từ dây quấn phải đảm bảo yêu cầu của động cơ.Để đảo bảo yêu cầu này ta chọn một trong hai cách đấu sau:

.Đấu cực từ thật số cực từ bằng số nhóm bối một pha.

.Đấu cực từ giả số cực từ bằng hai lần số nhóm bối một pha.

3.Các ví dụ:

Ví dụ 1:

Tính toán vẽ sơ đồ trải cho dây quấn dây quấn 1 lớp cho động cơ 1 pha không đồng bộ rôto lồng sóc có Z=24,2p= 2;

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z=24

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=2.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì $\tau = 12$ là bội số của 2,3 và 4.Thông thường nêu động cơ mở máy dùng tụ thường trực thì chọn phân bố $Z_R = Z_S$,nếu động cơ điện dung mở máy thì áp dụng phân bố $Z_R = 2Z_S$,nếu vừa dùng tụ tghường trực vừa điện dung mở máy thì áp dụng phân bố $Z_R = 3Z_S$.

+Bây giờ ta chọn phân bố $Z_R = 2Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3}.24 = 16$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3}.24 = 8$ rãnh.

+Loại dây quấn đồng khuôn.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{16}{2} = 8$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{8}{2} = 4$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = 15^0$$

+Pha cách pha(khoảng cách từ đầu pha này đến đầu pha kia kế tiếp nhau.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{15} = 6 \text{ rãnh}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Do số rãnh phân bố của cuộn chạy và cuộn đề lớn nếu quấn dây kiểu tập trung phần đầu nối dài cao dễ bị phần đầu nối cấn nắp động cơ do vậy ta chọn dây kiểu phân tán bước ngắn.Hơn nữa quấn dây phân tán tiết kiệm kim loại màu (do rút ngắn phần đầu nối) và giảm từ trường sóng bậc cao cải thiện đặc tính từ trường của dây quấn.

.Dây quấn phân tán nên phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

$$y_R = \tau - \frac{q_R}{2} = 12 - 4 = 8 \text{ rãnh.}$$

. Bước dây quấn cuộn đề:

$$y_S = \tau - \frac{q_s}{2} = 12 - 2 = 10 \text{ rãnh.}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2$ p=2 , và $S_S = 2$ p=2.

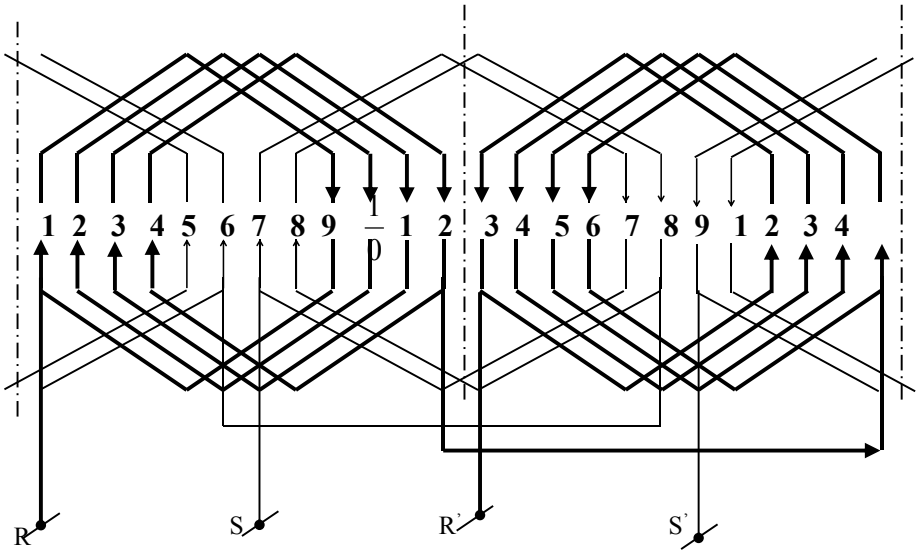
+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ}$$

$$\gamma_{R(phan\ tan)} = q_{R(phan\ tan)}.\alpha_d = 4.15 = 60^0$$

$$\gamma_{S(phan\ tan)} = q_{S(phan\ tan)}.\alpha_d = 2.15 = 30^0$$

Bước 4,5:



Ví dụ 2:

Tính toán vẽ sơ đồ trải cho dây quấn dây quấn đồng tâm phân tán 1 lớp cho động cơ 1 pha điện dung mở máy ,không đồng bộ rôto lồng sóc có Z=24,2p= 2;

Giải:

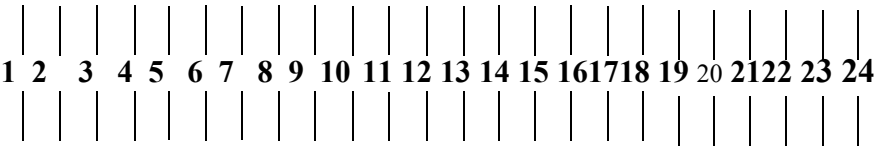
Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z=24

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=2.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ



$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì động cơ điện dung mở máy ta chọn phân bố $Z_R = 2Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3}.24 = 16$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3}.24 = 8$ rãnh.

+Loại dây quấn đồng tâm,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{16}{2} = 8$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_S = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{8}{2} = 4$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = 15^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chay đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{15} = 6 \text{ rãnh.}$$

Lưu ý: Khoảng cách từ cuộn chạy đến cuộn đề là tính từ tâm hình học của hai nhóm bối dây cuộn chạy và cuộn đề liền kề nhau.

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Dây quấn phân tán nên phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

Bước bối dây thứ tư (bối lớn nhất) $y_4 = \tau - 1 = 12-1 = 11$ rãnh.

Bước bối dây thứ ba(kề bối lớn nhất) $y_3 = y_4 - 2 = 11-2 = 9$ rãnh.

Bước bối dây thứ hai(kề bối thứ ba) $y_2 = y_3 - 2 = 9-2 = 7$ rãnh.

Bước bối dây thứ nhất(bối bé nhất) $y_1 = y_2 - 2 = 9-2 = 5$ rãnh.

. Bước dây quấn cuộn đề:

Bước bối dây thứ hai (bối lớn nhất) $y_2 = \tau - 1 = 12-1 = 11$ rãnh

Bước bối dây thứ nhất(bối bé nhất) $y_1 = y_2 - 2 = 11-2 = 9$ rãnh.

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 2$, và $S_S = 2p = 2$.

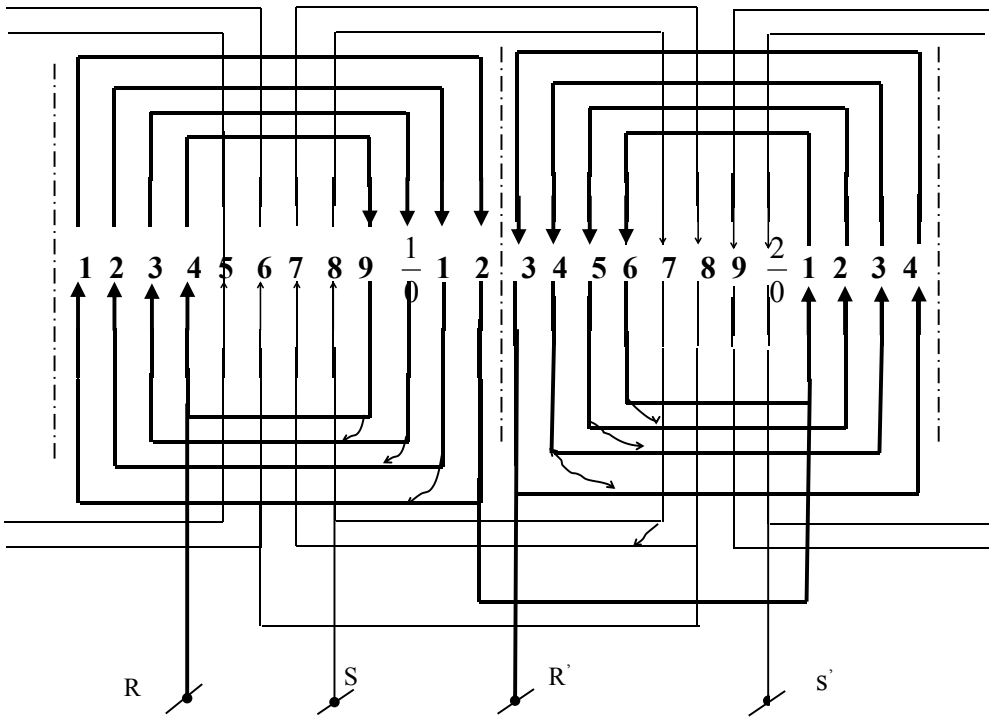
+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ}$$

$$\gamma_{R(phan\ tan)} = q_{R(phan\ tan)}.\alpha_d = 4.15 = 60^0$$

$$\gamma_{S(phan\ tan)} = q_{S(phan\ tan)}.\alpha_d = 2.15 = 30^0$$

Bước 4,5:



Ví dụ 3:

Tính toán vẽ sơ đồ trải cho dây quấn dây quấn đồng khuôn phân tán 1 lớp cho động cơ 1 pha điện dung mở máy,không đồng bộ rôto lồng sóc có Z=36,2p= 2;

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z = 24

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=2.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 18$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì $\tau = 18$ chia hết cho 2,3và4 hơn nữa động cơ điện dung mở máy nên ta chọn phân bố $Z_R = 2Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3}.36 = 24$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3}.36 = 12$ rãnh.

+Loại dây quấn đồngkhuôn,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_S = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{12}{2} = 6$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{18} = 10^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chạy đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{10} = 9 \text{ rãnh.}$$

Lưu ý: Khoảng cách từ cuộn chạy đến cuộn đề là tính từ tâm hình học của hai nhóm bối dây cuộn chạy và cuộn đề liền kề nhau.

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

. Vì số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ (q_R= 12,q_s= 6) lớn ta sang nhóm bối dây chính cuộn chạy ra thành 2 nhóm bối ,mỗi nhóm có 6 bối đơn còn bối dây phụ cuộn đề ta sang ra thành 2 nhóm bối , mỗi nhóm bối có ba bối đơn

.Sự phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề .}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

$$y_R = \tau - \frac{q_R}{2} = 18 - 6 = 12 \text{ rãnh.}$$

. Bước dây quấn cuộn đề:

$$y_S = \tau - \frac{q_S}{2} = = 18-3 = 15 \text{ rãnh}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 2$, và $S_S = 2p = 2$.(nhóm)

$\Rightarrow$ Đấu cực tư thật.

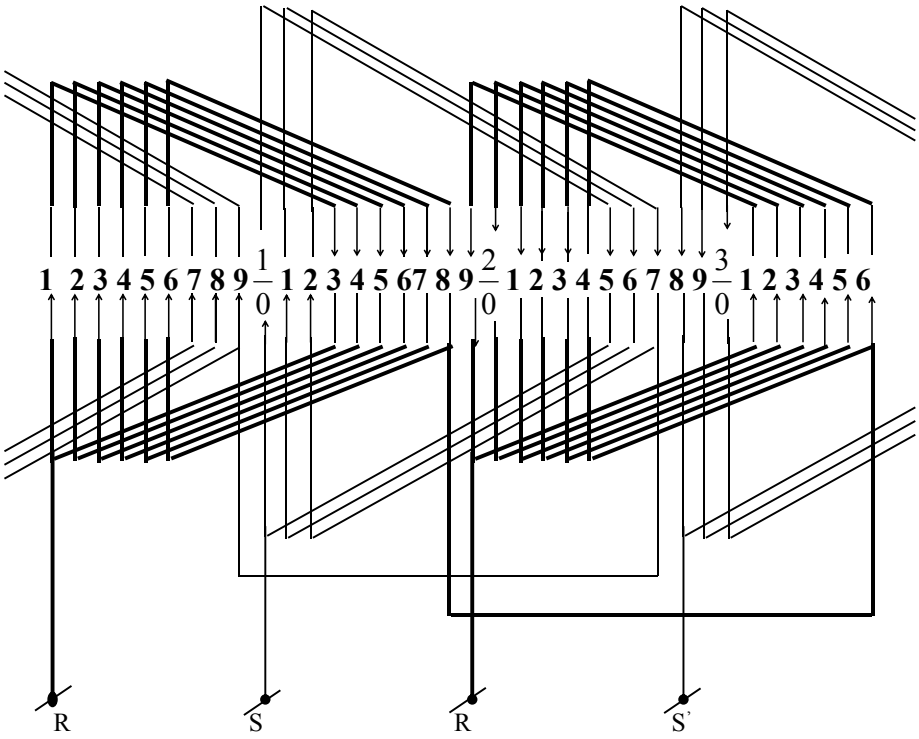
+Xác định vùng pha

$$\gamma = q.\alpha_{đ}$$

$$\gamma_{R(phan\ tan)} = q_{R(phan\ tan)}.\alpha_d = 6.10 = 60^0$$

$$\gamma S_{R(phan\ tan)} = q_{S(phan\ tan)}.\alpha_d = 3.10 = 30^0$$

Bước 4,5:



Ví dụ 4:

Vẽ sơ đồ dây quấn quat trần có : Z =48, 2p = 12.

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z = 48

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=12.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{48}{12} = 4$ .Rnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì $\tau = 4$ chia hết cho 2 nên ta chọn phân bố $Z_R = Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{Z}{2} = \frac{48}{2} = 14$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{Z}{2} = \frac{48}{2} = 14$ rãnh.

+Loại dây quấn đồngkhuôn,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{14}{12} = 2$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_S = \frac{Z_s}{2p} = \frac{14}{12} = 2$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{6.360}{48} = 45^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chạy đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{45} = 2 \text{ rãnh.}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Sự phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(phân\ tán)} = \frac{q_R}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(phân\ tán)} = \frac{q_S}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề .}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

$$y_R = \tau - \frac{q_R}{2} = 4 - 1 = 3 \text{ rãnh.}$$

. Bước dây quấn cuộn đề:

$$y_S = \tau - \frac{q_S}{2} = = 4-1 = 3 \text{rãnh}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

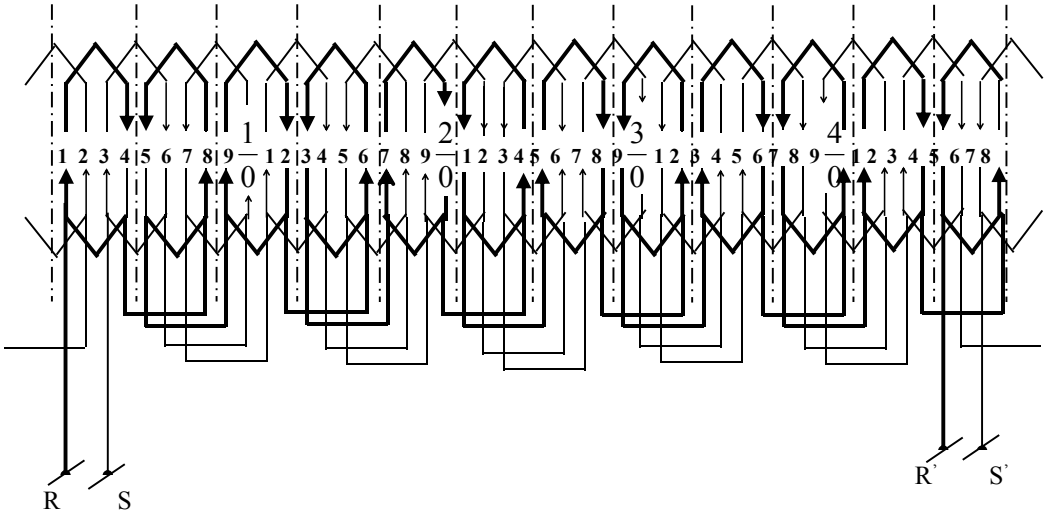
. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 12$, và $S_S = 2p = 12$.(nhóm)

$\Rightarrow$ Đấu cực tư thật.

+Xác định vùng pha

$$\gamma_{R(phan\ tan)} = q_{R(phan\ tan)}.\alpha_d = 4.15 = 60^0$$

$$\gamma_{S(phan\ tan)} = q_{S(phan\ tan)}.\alpha_d = 4.15 = 60^0$$



Ví dụ 5:

Vẽ sơ đồ dây quấn quạt bàn $Z = 16$, $2p = 4$.

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z = 16

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=4.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{16}{4} = 4$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì $\tau = 4$ chia hết cho 2 nên ta chọn phân bố $Z_R = Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{Z}{2} = \frac{48}{2} = 14$ rãnh.

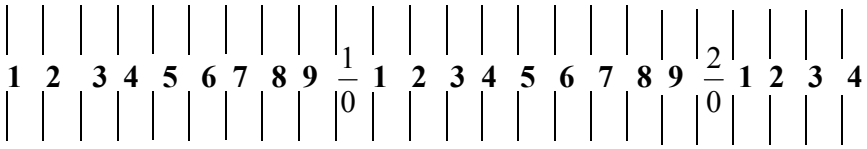
. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{Z}{2} = \frac{16}{2} = 8$ rãnh.

+Loại dây quấn đồngkhuôn,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :



$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{8}{42} = 2$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{8}{4} = 2$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_d = \text{p. } \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{2.360}{16} = 45^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chạy đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{45} = 2 \text{ rãnh.}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Sự phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{2}{2} = 1$ rãnh/ 1cực/cuộn đề .

.Bước dây quấn cuộn chạy:

$$y_R = \tau - \frac{q_R}{2} = 4 - 1 = 3 \text{ rãnh.}$$

. Bước dây quấn cuộn đề:

$$y_S = \tau - \frac{q_S}{2} = = 4-1 = 3 \text{rãnh}$$

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 12$, và $S_S = 2p = 4$.(nhóm)

$\Rightarrow$ Đấu cực từ thật.

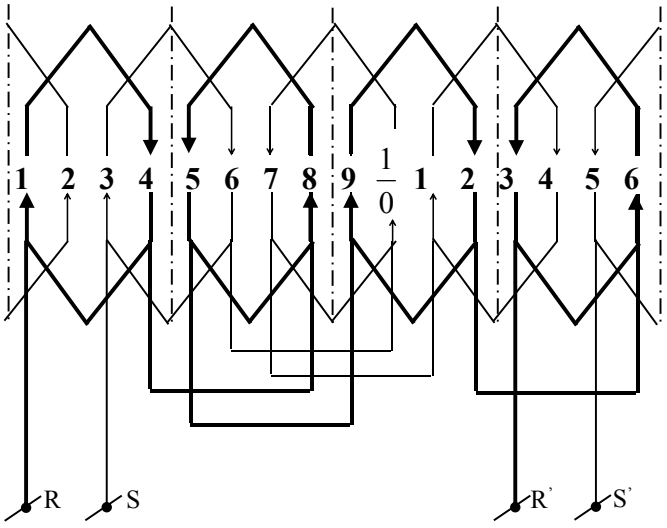
+Xác định vùng pha

$$\gamma_{R(\text{phan tan})} = q_{R(\text{phan tan})}.\alpha_d = 1.45 = 45^0$$

$$\gamma_{S(\text{phan tan})} = q_{S(\text{phan tan})}.\alpha_d = 1.45 = 45^0$$

Bước 3,4:

vẽ sơ đồ trải



III/ Dây quấn hai lớp.

Đối với động cơ 1 pha, hai pha thường dùng làm nguồn động lực cho các thay đổi trong quá trình vận hành ,dây quấn stato hhầu hết là dây quấn sin (Phần sau) .Dây quấn lớp ta thường gặp ở quật gió, bơm nước…Trong các trường hợp dây quấn 1lớp không hoặc khó thực hiện đượcnhư:

-Stato động cơ có Z lớn nhưng 2 p bé ví dụ Z= 48,2p=2.

-Stato là loại có cấu tạo nắp sát với stato dễ bị đầu nối đụng vào nắp máy.

-Stato là loai 3 pha với dây quấn nguyên thuỷ q phân số khi quấn lai 1 phải dùng dây quấn hai lớp.

1.Phương pháp xây dưng sơ đồ dây quấn hai lớp.

Bước 1:

Xác định các số liệu cơ bản Z, τ ,2p, q_A,q_B, $\alpha_đ$…

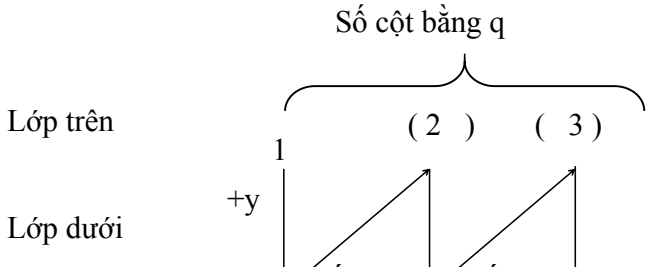
Bước2:

Lập bảng phân bố bố trí cho các nhóm bối dây pha chính và pha phụ

Hình thức của bảng như sau:

	Pha chính (ô căn bản pha chính)	**Pha phụ (ô căn bản pha chính)**
2p hàng		

Bảng có l… Ô đầu tiên của pha chính và… y trong ô văn bả của pha chính.Ô… trên cho các bối dây trong nhóm,hàng dưới ghi số thứ tự của hàng dưới cho các bối dây trong nhóm.



Tương tự … g dây quấn ba pha số thứ tự cạnh tác dụng là số thứ tự cạnh tác dụng.Trong … ính số) cột bằng giá trị (q_R)cách xây dựng trình bày như hình vẽ trên.Khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng trên và dưới của bôii dây cách nhau một khoảng y.Số thứ tự trong bảng được đánh liên tiếp bắt đầu từ số 1.

Từ ô căn bản của cuộn chính ta mở rộng các ô khác cho cuộn chạy ,ta mang chỉ số của của cột đầu tiên trong ô công thêm bước cực τ để có chỉ số các cạnh tác dụng của ô kế tiếp,sau đó suy ra các thành phần còn lại.

Từ ô căn bản của pha chính để định ô căn bản cho pha phụ ,ta dùng qui trắc sau đây : số thứ tự của cạnh tác dụng trên của cột đầu tiên trong ô căn bản luôn là 1-q từ đó suy ra các thành phần còn lại trong ô .Trong pha phụ chỉ có q_B cột.

Cuộn chạy	Cuộn đề
q_R cột (2 (3) 1	q_Scột 1-q_A (2 (3) +y ...

Bước 3:Dựa vào bảng bố trí nhóm bối dây thành lập sơ đồ khai triển dây quấn.

Ví dụ:

Vẽ sơ đồ khai triể dây quấn hai lớp cho động cơ 1 pha Z=24,2p=2. Ap dụng phân bố $q_R=2q_S$, dây quấn đồng khuôn bước bối dây y=10.

Giải:

Bước 1:

Ta có : Z=24, 2p=2 $\Rightarrow \tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$

Bước 2:

+Vì τ =12 là bội số của 3 nên áp dụng phân bố $q_R=2q_S$

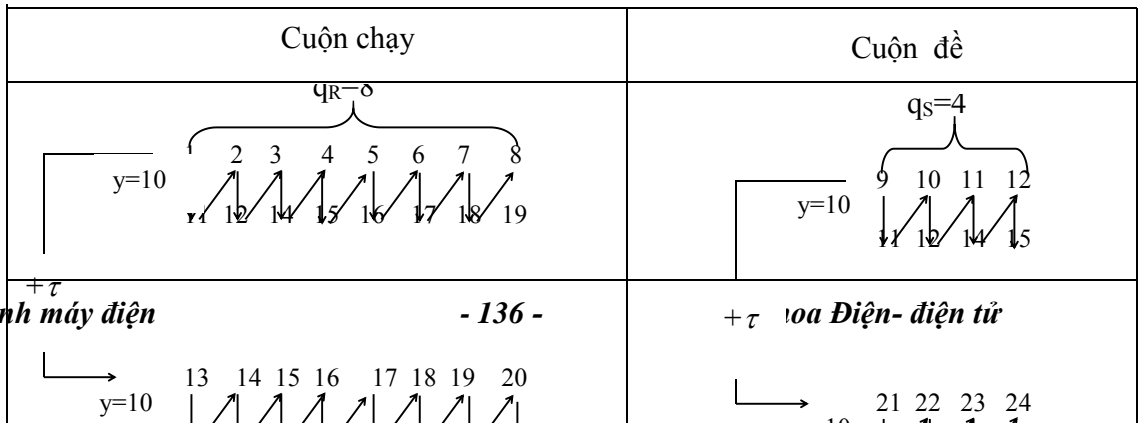
$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{16}{2} = 8$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{8}{2} = 4$ rãnh/1cực từ/cuộn đề

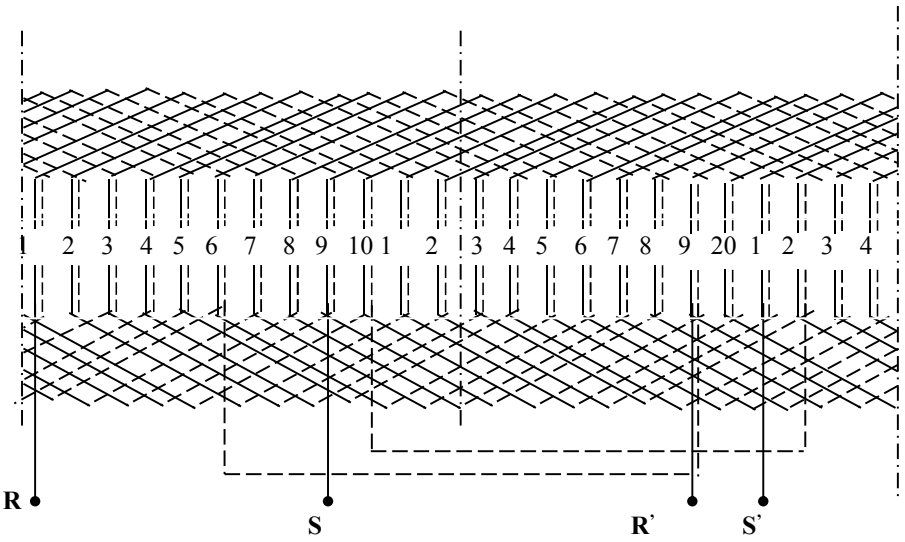
$+\alpha_d = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{1.360}{24} = 15^0$

$+Z_f = \frac{90}{15} = 6$ rãnh

Bước 2: Thành lập bảng bố trí nhóm bối dây.



Bước 3:Vẽ sơ đồ trải



IV.Dây quấn sin.

1 Đặc điểm dây quấn sin:

Dây quân sin khác với dây quân 1 lớp,2 lớp là dây quấn cuộn chạy và cuộn đề bố trí thoả mái hơn không cần căn cứ dang phân bố rãnh.Một dây quấn chính hay phụ có thể choáng toàn bộ rãnh stato .

Việc xây dưng sơ đồ dây quấn sin ta phải tuân theo một số qui tắc sau:

-Qui tắc về tổng số bối dây có thể chứa trong trong một nhóm bối dây:

+Trường hợp T chẵn và tổng số bối dây chẵn:

.Nếu nhóm bối dây không mượn rãnh,thì các cạnh của bối dây sẽ choán toàn bộ rãnh,liên tiêp nhau thành T rãnh. Ngược lại nếu nhóm bối dây có mượn rãnhthì giữa nhóm bôi dây chưas số bối dây tối đa sẽ bõ trống 1 rãnh và các cạnh tác dụng của bối lớn nhất thuộc về nhóm bối lân cận.

+Trường hợp T lẽ và tổng số bối dây lẽ:

.Nếu nhóm bối dây không mượn rãnh,số bối dây tối đa bố trí cho 1 nhóm là $\frac{T-1}{2}$ bối ,đồng thời giữa nhóm bối dây sẽ bỏ trố 1 rãnh .

. Ngược lại nếu nhóm bối dây có mượn rãnh thì số bối dây tối đa bố trí cho 1 nhóm là $\frac{T+11}{2}$ bối ,và cạnh tác dụng trong nhóm bố trí liên tiếp nhau.

2.Các ví dụ:

Ví dụ 1:

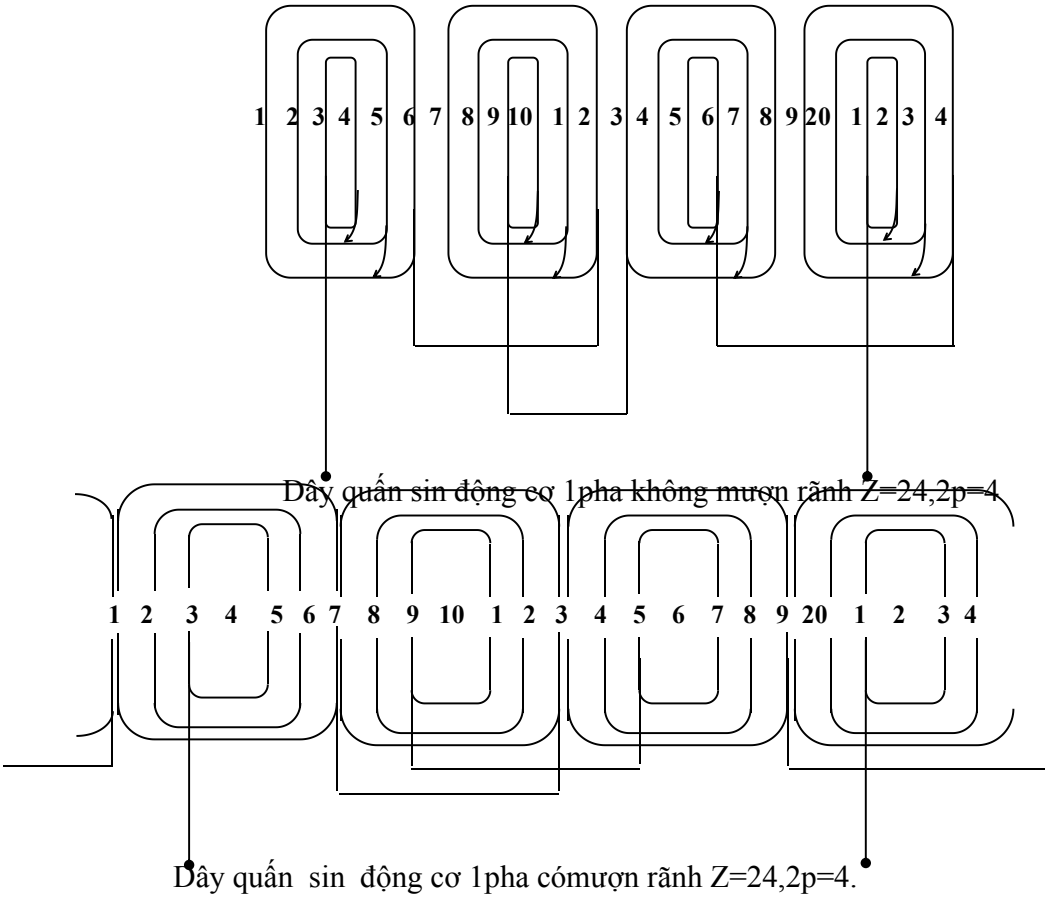
Xây dựng sơ đồ dây quấn sin động cơ 1 pha có Z=24,2p=4;

Giải:

Ta có : $\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$ rãnh /1 bước cực.Vậy τ có giá trị chẵn.

$\Rightarrow$Tổng số nhóm bối tối đa chứa trong 1nhóm bối dây là $\frac{\tau}{2} = \frac{6}{2} = 3$ bối .ttối đa trong 1 nhóm.

Sơ đồ dây quấn:



Dây quấn sin động cơ 1pha không mượn rãnh Z=24,2p=4

Dây quấn sin động cơ 1pha cómượn rãnh Z=24,2p=4.

Ví dụ 2:

Xây dựng sơ đồ dây quấn sin động cơ 1 pha có Z=36,2p=4;

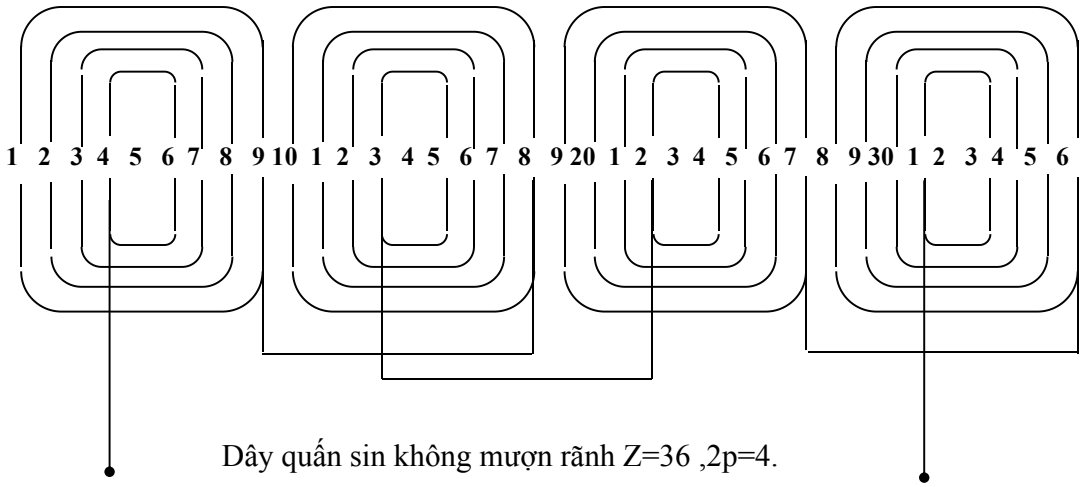
Giải:

Ta có : $\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9$ rãnh /1 bước cực.Vậy τ có giá trị lẽ

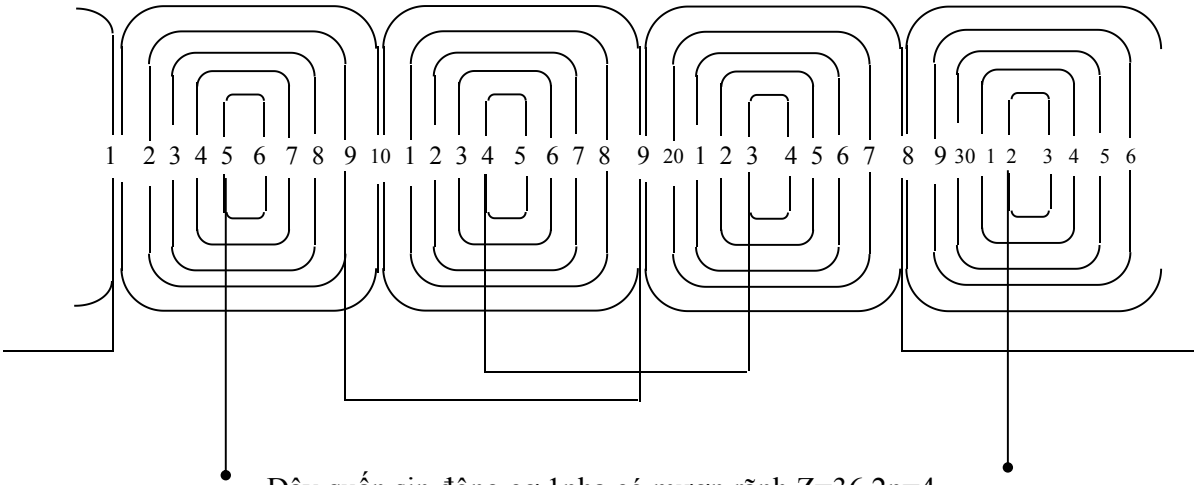
$\Rightarrow$Tổng số nhóm bối tối đa chứa trong 1nhóm bối dây là :

-Khi không mượn rãnh: $\frac{\tau - 1}{2} = \frac{9 - 1}{2} = 4$ bối .ttối đa trong 1 nhóm.

-Khi có mượn rãnh: $\frac{\tau+1}{2}=\frac{9+1}{2}=5$ bối .ttối đa trong 1 nhóm



Dây quấn sin không mượn rãnh Z=36 ,2p=4.



Dây quấn sin động cơ 1pha có mượn rãnh Z=36,2p=4.

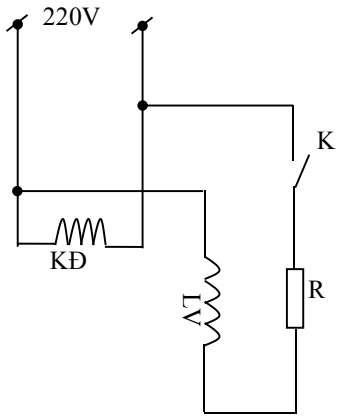
V.Dây quấn mở máy dùng điện trở tăng cường.

1.Đặc điểm chung.

Một số loại động cơ dùng trong máy mài ,máy bào máy lạnh,máy nén khí …thường sử dụng bằng phần tử chạy ngược.Loại này bắt buộc phải co rơ le tự động ngắt hay nút bấm ngắt cuộn khởi động khi động cơ quay đều.Thực chất khởi động bằng phần tử ngược là khởi động bằng điện trở .

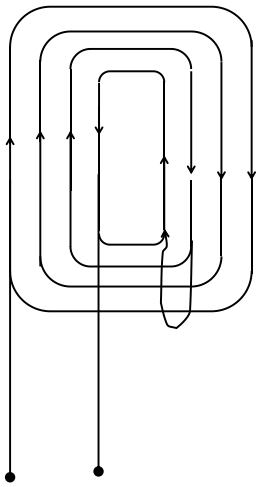
Động cơ 1 pha điện dung mở máy cuộn làm việc 2/3 Z có điện trở lớn,cuộn khởi động 1/3 Z có điện trở nhỏ, người ta đấu nối tiếp vào cuộn khởi động 1 điện trở phụ tham gia vào quá trình mở máy.

Trên cơ sở này ngườita dùng điện trở phụ bằng cách dùng dây có tiết diện bé để quấn cho cuộn khởi động và được keo dài ra bằng 1 số phần tử đấu ngược.



Các phần tử đấu ngược có thể lồng chung với phần tử thuận trong một rãnh của cuộn khởi động hoặc nằm riêng biệt ở rãnh khác.Trường hợp lồng riêng thì các bối dây thường là đồng tâm,phần tử ngược được đặt trong lồng bối dây thuận của cuộn khởi động.

Ví dụ:



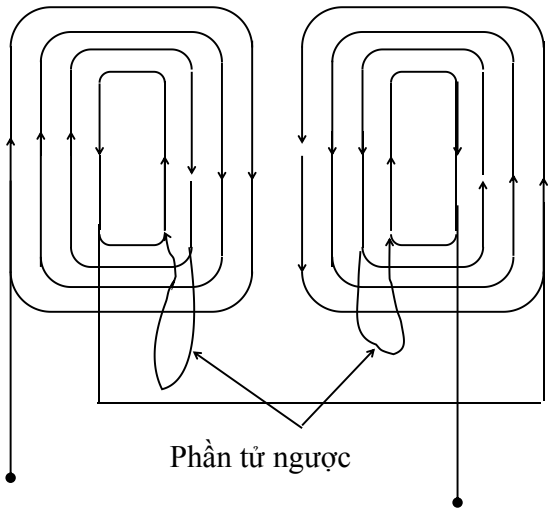
Phần tử ngược nằm chungb với rãnh phầ thuận thì thêm 1 vòng khuyên chỉ sự đổi chiều dòng điện.

Khi đấu sao cho chiều dòng điện trong bối dây thuận và bối dây ngược trong cùng một nhóm phải phải ngược nhayu tại 1 thời điểm.Cực từ được xác định bằng chiều dòng điện của bối dây có số vòng đây lớn hơn.

Thông thường số vòng dây của các bối dây ngược bằng:

$$N_{dq\ ngược}=(0,45\div 0,25)N_{dq\ thuận}$$

Khi đấu dây phải đấu sao cho chiều dòng điện trên các bối dây cả hai cuộn luôn luôn đổi chiều,còn chiều dòng điện chạy trên các bối dây cùng tổ cùng chiều.Riêng dòng điện trê các phần tử ngược ở cuộn khởi động phải ngược chiều.



Ví dụ 1:

Vẽ sơ đồ dây quấn mở máy dùng phầ tử chập ngược cho động cơ 1pha :
Z= 24, 2p=2.

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z=24

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=2.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{2} = 12$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì động cơ điện dung mở máy ta chọn phân bố $Z_R = 2Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3}.24 = 16$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3}.24 = 8$ rãnh.

+Loại dây quấn đồng tâm,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{16}{2} = 8$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_s = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{8}{2} = 4$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = 15^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chay đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{15} = 6 \text{ rãnh.}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Dây quấn phân tán nên phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

Bước bối dây thứ tư (bối lớn nhất) $y_4 = \tau - 1 = 12-1 = 11$ rãnh.

Bước bối dây thứ ba(kề bối lớn nhất) $y_3 = y_4 - 2 = 11-2 = 9$ rãnh.

Bước bối dây thứ hai(kề bối thứ ba) $y_2 = y_3 - 2 = 9-2 = 7$ rãnh.

Bước bối dây thứ nhất(bối bé nhất) $y_1 = y_2 - 2 = 9-2 = 5$ rãnh.

. Bước dây quấn cuộn đề:

Bước bối dây thứ hai (bối lớn nhất) $y_2 = \tau - 1 = 12-1 = 11$ rãnh

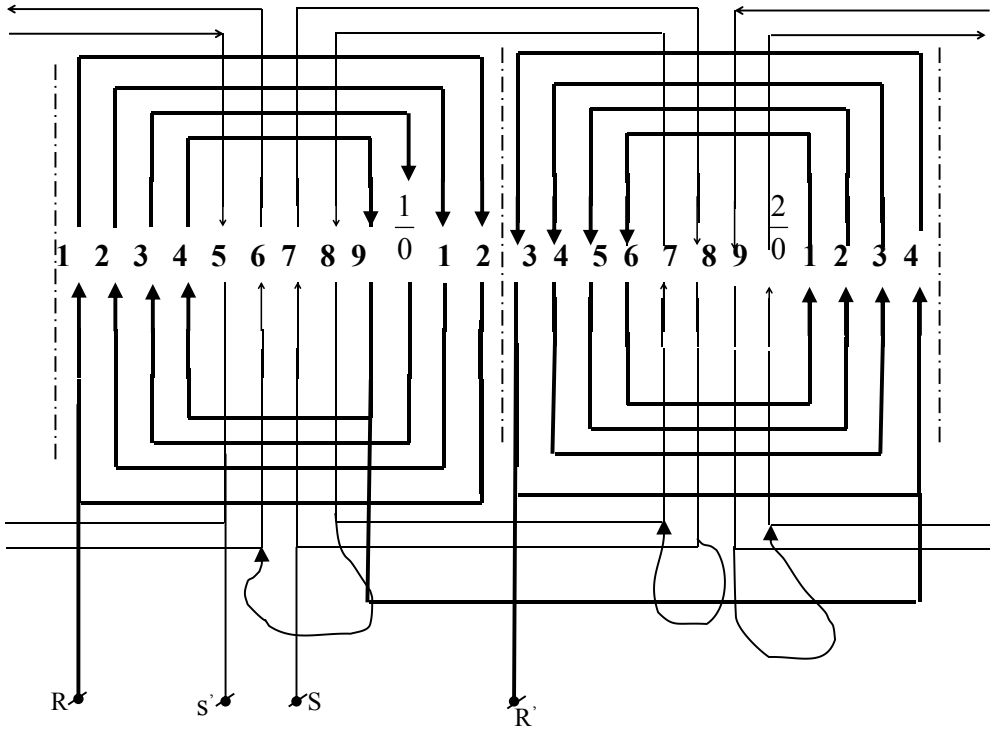
Bước bối dây thứ nhất(bối bé nhất) $y_1 = y_2 - 2 = 11-2 = 9$ rãnh.

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 2$, và $S_S = 2p = 2$.

.Trong nhóm bối 2 cuộn chạy 1 nhóm bối trong cùng là phần tử chập ngược.

Bước 4:Vẽ sơ đồ khai triển



-Sơ đồ dây quấn động cơ 1 pha Z=24,2p= 2.Có bốn nhóm bối.Khởi động bằng phầ tử chập ngược-

Ví dụ 2 :

Vẽ sơ đồ dây quấn 1 pha khởi đông bằng phần tử chập ngược có Z=24,2p=4.

Giải:

Bước1: Xác định số liêu cần thiết để xây dựng sơ đồ.

-Tổng số rãnh stato Z=24

-Số cực từ của bộ dây quấn 2p=4.

Bước 2:Xác định các thông số cơ bản của dây quấn.

-Bước cực từ

$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$ .Rãnh/1cuộn chạy(đề)

-Xác định cách phân bố rãnh cho cuộn chạy và cuộn đề :

+Vì động cơ điện dung mở máy ta chọn phân bố $Z_R = 2Z_S$ tức là:

.Số rãnh phân bố cho cuộn chạy.

$Z_R = \frac{2}{3} Z = \frac{2}{3}.24 = 16$ rãnh.

. Số rãnh phân bố cho cuộn cuộn đề

$Z_S = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3}.24 = 8$ rãnh.

+Loại dây quấn đồng tâm,phân tán.

Bước 3: xác định các thông số cơ bản.

+Số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$q_R = \frac{Z_R}{2p} = \frac{2}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{16}{4} = 4$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

$q_S = \frac{Z_s}{2p} = \frac{1}{3}.\frac{Z}{2p} = \frac{8}{4} = 2$ rãnh/1cực từ/cuộn chạy

+Xác định góc độ điện

$$\alpha_{đ} = p.\ \alpha_{hh} = \frac{p.360^0}{Z} = \frac{180}{\tau} = \frac{180}{6} 30^0$$

+Khoảng cách từ cuộn chay đến cuộn đề.

$$Z_f = \frac{90^0}{\alpha_d} = \frac{90}{30} = 3 \text{ rãnh.}$$

+Bước đây quấn y cho cuộn chạy và cuộn đề:

.Dây quấn phân tán nên phân bố lại số rãnh của cuộn chạy và cuộn đề dưới 1 cực từ :

$$q_{R(\text{phân tán})} = \frac{q_R}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề.}$$

$$q_{S(\text{phân tán})} = \frac{q_S}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ rãnh/ 1cực/cuộn đề}$$

.Bước dây quấn cuộn chạy:

Bước bối dây thứ tư (bối lớn nhất)

$y_2 = \tau - 1 = 6-1 = 5$rãnh.

Bước bối dây thứ nhất(bối bé nhất)

$y_1 = y_2 - 2 = 5-2 = 3$ rãnh.

. Bước dây quấn cuộn đề:

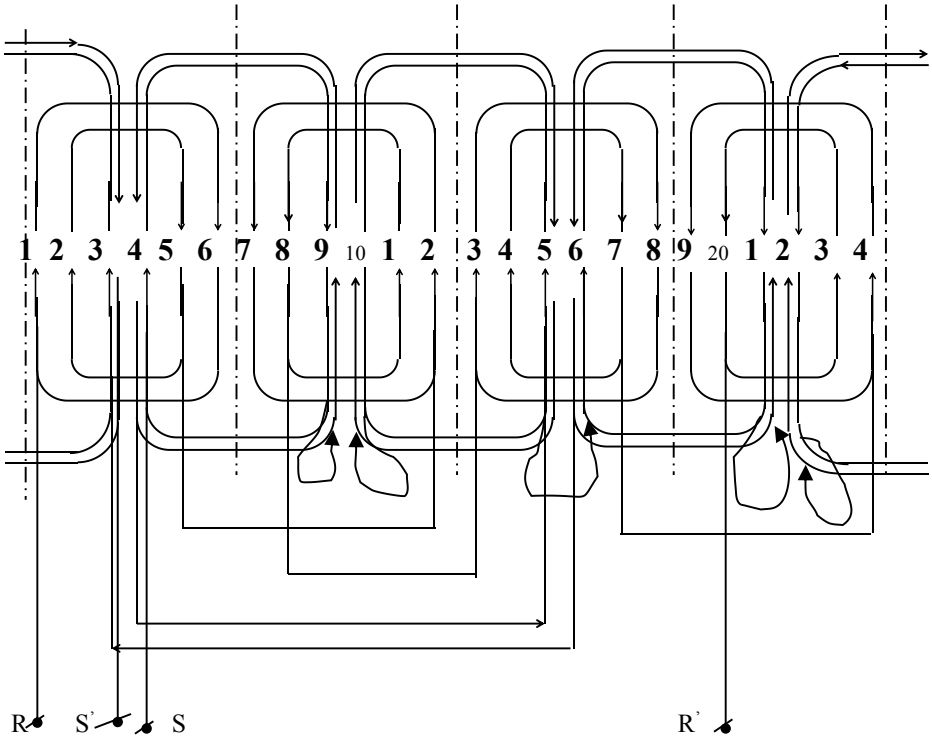
$y_2 = \tau - 1 = 6-1 = 5$ rãnh

+Xác định số nhóm bối dây 1 pha của cuộn chạy và cuộn đề S_R và S_S

. Khi chọn dây quấn phân tán $S_R = 2p = 4$, và $S_S = 2p = 4$

.Trong rãnh nhóm bối 1 cuộn lồng thêm phần tử chập ngược khởi động.

Bước 4: vẽ sơ đồ khai triển



-Sơ đồ dây quấn đông cơ 1pha Z=24,2p=4.Có 8 tổ bối mở máy phần tử chập-

3.10.7 DÂY QUẤN ĐỘNG CƠ VÒNG CHẬP.

1.Đặc điểm.

-Động cơ mở máy bằng vòng chập (vòng ngắn mạch) hay động cơ cực che là loại động cơ có bộ dây quấn bố trí đặc biệt được nối tắt và bố trí lệch trong không gian 1 góc $45 \div 60^0$.

-Đặc tính chung của loại động cơ này là:

+Công suất của máy nhỏ dưới 1 HP công suất thường gặp 1/20 HP

+Cấu tạo đơn giản, giá thành hạ.

+ Độ tin cậy tương đối tốt,vì không có bộ khống chế,phiến góp chổi than..

+Nhược điểm là hiệu suất thấp chỉ dùng công suất nhỏ.

+Lĩnh vực ứng dụng: quạt bàn,quạt giải nhiệt các thiết bị điên tử, điều hoà không khí…

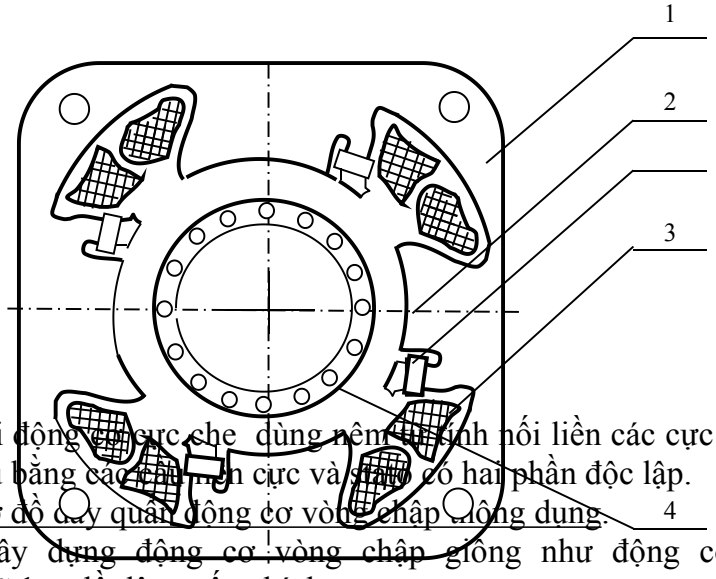
2.Kết cấu.

-Stato cực lồi và dây quấn chính có dạng tập trung trên các cực từ lồi

-Dây quấn phụ là vòng ngắn mạch thường làm bằng đồng dẹp hay tròn,do đó dây quấn phụ coi như chỉ 1 vòng ,được đặt trên khoảng 1/3 bề rộng mỗi cực từ.Khi có dòng điện xoay chiều 1 pha chạy vào dây quấn stato trong stato xuất hiện từ thông đập mạch ϕ,từ thông này đi qua mỗi cực từ sẽ phân làm hai thành phần.Phần đi qua lõi cực từ có vòng ngắn mạch ϕ'phần đi qua lõi cực từ không co vòng ngắn mạch là ϕ''

.Từ thông ϕ' sing ra trong vòng ngắn mạch 1 sức điên động e_{nm} và do đó có dòng ngắn mạch i_{nm} chay qua.Dòng ngắn mạch này tạo ra từ thông ϕ_{nm} có chiều chống lại từ thông sinh ra nó.Hai từ thôngϕ' và ϕ_{nm} trừ khử lẫn nhau còn lại từ thông phụ ϕ_p chạy trong phần mạch từ

có vòng ngắn mach khép vòng qua mạch rô to từ thông nà được gọi là từ thông chính.Kết quả từ thông phụ và từ thông chính lêch pha nhau 1 góc α nào đó nhưng nhỏ hơn 90^0.



1.Stator.
2.Cực từ lồi.
3.vòng ngắn mạch.
4.Rotor

Ngoài ra ta còn gặp loại động cơ cực che cùng nêm từ tính nối liền các cực từvà dạng động cơ cực từ dính liền nhau bằng các nêm cực và stato có hai phần độc lập.

3.Một số dạng sơ đồ dây quấn động cơ vòng chập thông dụng.

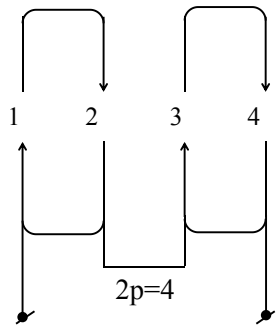
Phương pháp xây dựng động cơ vòng chập giống như động cơ 1 pha thông dụng,nhưng ở dây chỉ vẽ 1sơ đồ dây quấn chính.

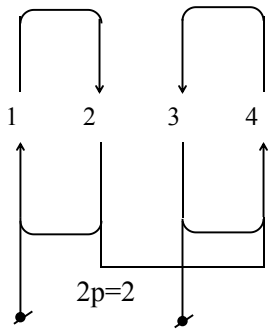
3.1-Động cơ vòng chập 1 pha 4 cực hai tổ bối đơn (bốn rãnh).

Đây là loại động cơ cực lồi mỗi bối dây có độ rộng bằng1/4 chu vi lõi thép stato,khoảng cách từ cạnh cuối bối này đến đầu bối kia bằngđộ rộng nửa bối.

Dây dấu theo kiểu đấu cực từ giả (nối tiếp khác phía),hai đầu còn lại nối ra hai dây của lưới điện.

Ta có thể chuyển động cơ này thành động cơ hai bằng cách đấu nối tiếp cùng phía(đấu cực từ thật).

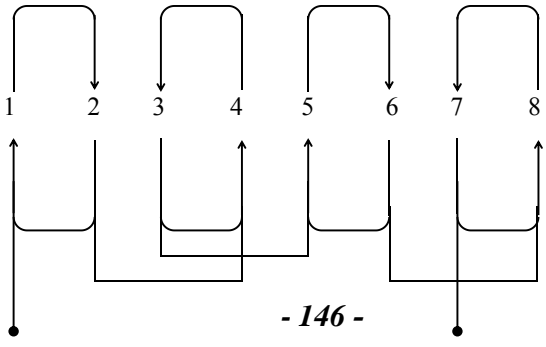




3.2 Động cơ vòng chập 1 pha 4 cực bốn tổ bối đơn(támrãnh).

Đặc điểm của đông cơ này là stato cực lồi ,mỗi bối dây có chiều rộng bằng ¼ chu vi lõi thép ,cạnh đầu của bối dây nọ liền kề cvới cạnh cuối của bối dây kia.

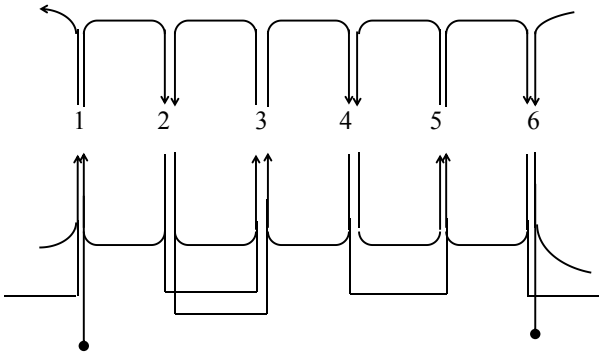
Dây quấn đấu theo kiểu nối tiếp cùng phía (cực từ thật).



3.3 Động cơ vòng chập sáu cực,sáu bối đơn,sáu rãnh.

Đăc điểm động cơ này cực lồi bề rộng mỗi bối chiếm 1/6 chu vi lõi thép.Cạnh đầu của bối dây này nằm sát với bối dây kia chung rãnh.

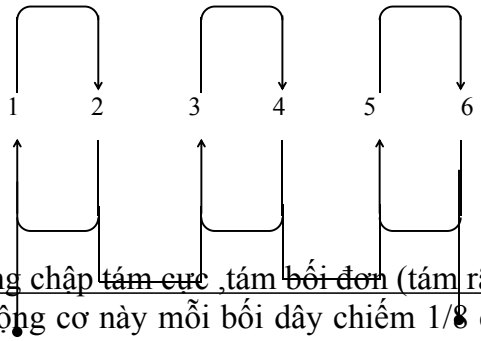
Đấy dây theo cực từ thật (đấu nối tiếp khác phía)hoặc hai dãy sốngng mỗi dãy ba bối nối tiếp.



3.4 Động cơ vòng chập sáu cực,ba bối đơn,sáu rãnh.

Đặc điểm của loại dây quấn động cơ này,độ rộng mỗi bối 1/6 chu vi lõi thép stato.Cạnh đầu của bối này lồng cách cạnh bối kia 1 khoảng đúng bằng độ rộng của bối dây

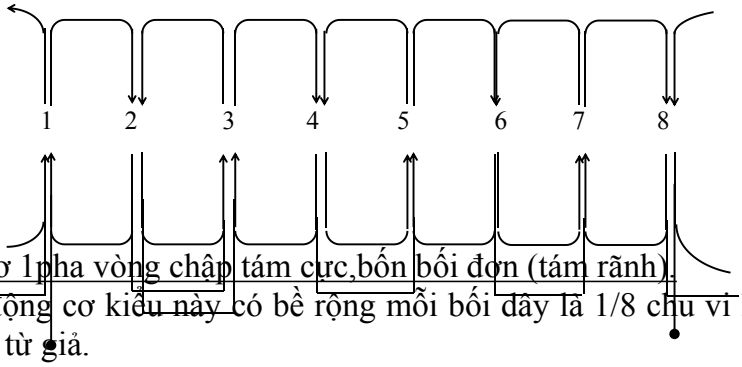
Đấu dây theo kiểu nối tiếp khác phía(cực từ giả).



3.4 Động cơ vòng chập ~~tám cực~~ ,tám ~~bối đơn~~ (tám rãnh).

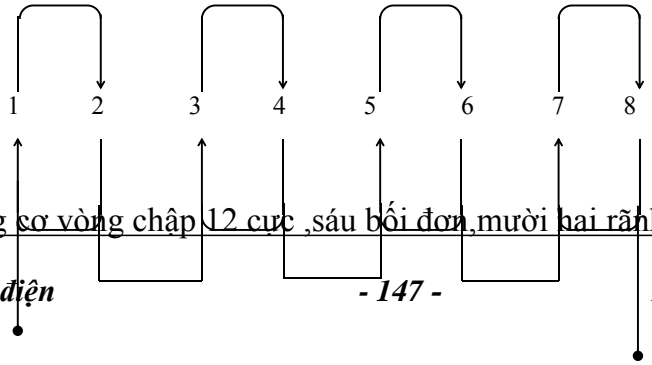
Đặc điểm của động cơ này mỗi bối dây chiếm 1/8 chu vi lõi thép stato,rô to quay về phí vòng chập.

Đấu dây theo kiểu nối tiếp cùng phía



3.5 Động cơ 1pha vòng chập tám cực,bốn bối đơn (tám rãnh).

Dây quân động cơ kiểu này có bề rộng mỗi bối dây là 1/8 chu vi loãi thép stator.Dây quấn đấu theo cực từ giả.

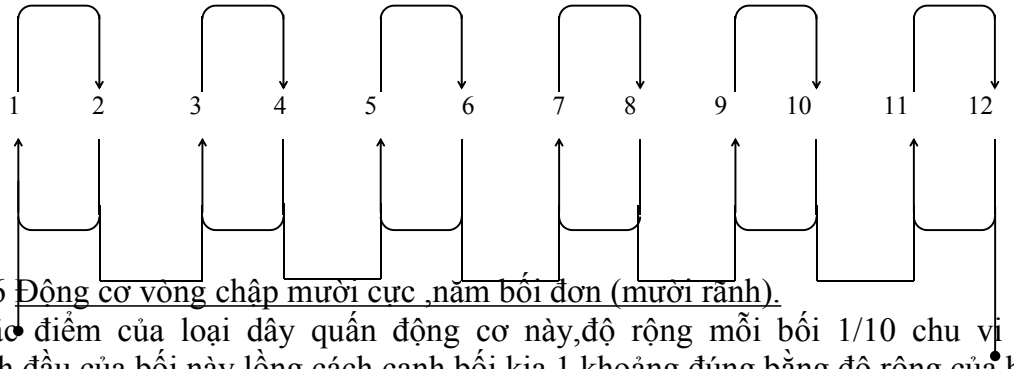


3.5Động cơ vòng chập 12 cực ,sáu bối đơn,mười hai rãnh.

Đặc điểm của loại dây quấn động cơ này,độ rộng mỗi bối 1/12 chu vi lõi thép stato.Cạnh đầu của bối này lồng cách cạnh bối kia 1 khoảng đúng bằng độ rộng của bối dây

Đấu dây theo kiểu nối tiếp khác phía(cực từ giả).

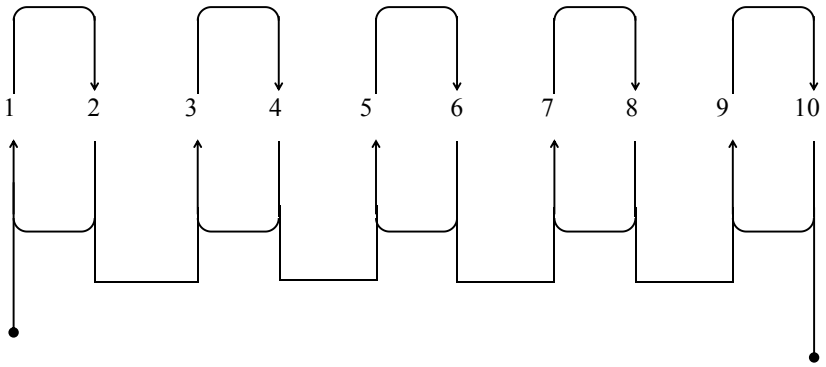
.



3.6 Động cơ vòng chập mười cực ,năm bối đơn (mười rãnh).

Đặc điểm của loại dây quấn động cơ này,độ rộng mỗi bối 1/10 chu vi lõi thép stato.Cạnh đầu của bối này lồng cách cạnh bối kia 1 khoảng đúng bằng độ rộng của bối dây

Đấu dây theo kiểu nối tiếp khác phía(cực từ giả).



Hoạt động 2: Thực hành

Động cơ không đồng bộ ba pha

(1) 1. Động cơ không đồng bộ ba pha rô lồng sóc

1.1. Lắp ráp đo và tiến hành thí nghiệm

Để tiến hành các phép đo cầ thiết các thiết bị sau:

Thiết bị:

- Công tắc bảo vệ FI có dây nối nguồn 004.035
- Biếp áp ba pha có nhiếu cấp điện áp 004.024a
- Bộ chuyển mạch sao-tam giác 004.024b
- Phanh hãm điều khiển 004.010
- Máy đo tốc độ 0-4000 vòng/phút 004.015a
- Volt kế 0-250V 004.002
- Ampere kế 0-0,2/7,5A 004.013a
- Máy đo công suất Watt kế 004.022e
- Máy đo cosφ có thể mở rộng 004.043/004.022d
- Động cơ rotor lồng sóc g\ba pha không đồng bộ 004033

Trước khi thí nghiệm cầ phải đảm bảo các qui đinh trong chương "cung cấp điện". Vậy lắp dây luôn luôn được bắt đầu và cuối cùng đóng điện ở công tắc bảo vệ FI.
Đặt động cơ vào các thiết bị lắp đặt và nối khớp với phan hãm. Phanh hãm điề khiển đóng điện ở nguồn điện 220V và nối điện cho mạch điều khiển.lắp đặt dây theo trình tự ở hình vẽ mạch điện.

Chú ý: Máy đo công suất cần phải được đặt trực tiếp trước bộ chuyển mạch sao-tam giác (ví dụ: pha R)*, Ampere kế ở pha cuối cùng (ví dụ: pha S)*.

Đối với phép đo đặt tính không tải và đặt tính ngắn mạch thì điện áp thành phần được lấy ra ở biến áp 3 pha có nhiều cấp điện áp.

Để đo moment khởi động, động cơ chạy theo chiều phải, (ta đổi chổ hai pha ví dụ: R*+S*) để động cơ làm việc ngược chiều với phanh hãm. Phép đo được thực hiện nhanh để tránh sự quá nhiệt của động cơ! * Ở dạng mới ký hiệu là:

L1 = R = U
L2 = S = V
L3 = T = W

Phép đo 1: Đặc tính không tải I_0, P_0, $\cos\varphi = f(U)$.

Phép đo 2: Đặc tính ngắn mạch I_k, P_k, M, $\cos\varphi = f(U)$.

Phép đo 3: Đặc tính tải đến điểm max
n, P, I, η, $\cos\varphi = f(M)$.

Phép đo 4: Đặc tính cơ I, M = f(n)

Giá trị đo:

Moment quay	M	(Nm)
Số vòng quay	n	(vòng/phút)
Điện áp	U	(V)
Dòng điện	I	(A)

Thêm vào
Công suất P_1 (W) được đo bằng Watt kế! (Nm/s)
Tính toán

Công suất $P_2 = \frac{2.\pi.M.n}{60} \approx 0{,}1.M.n \ (W = Nm/s)$

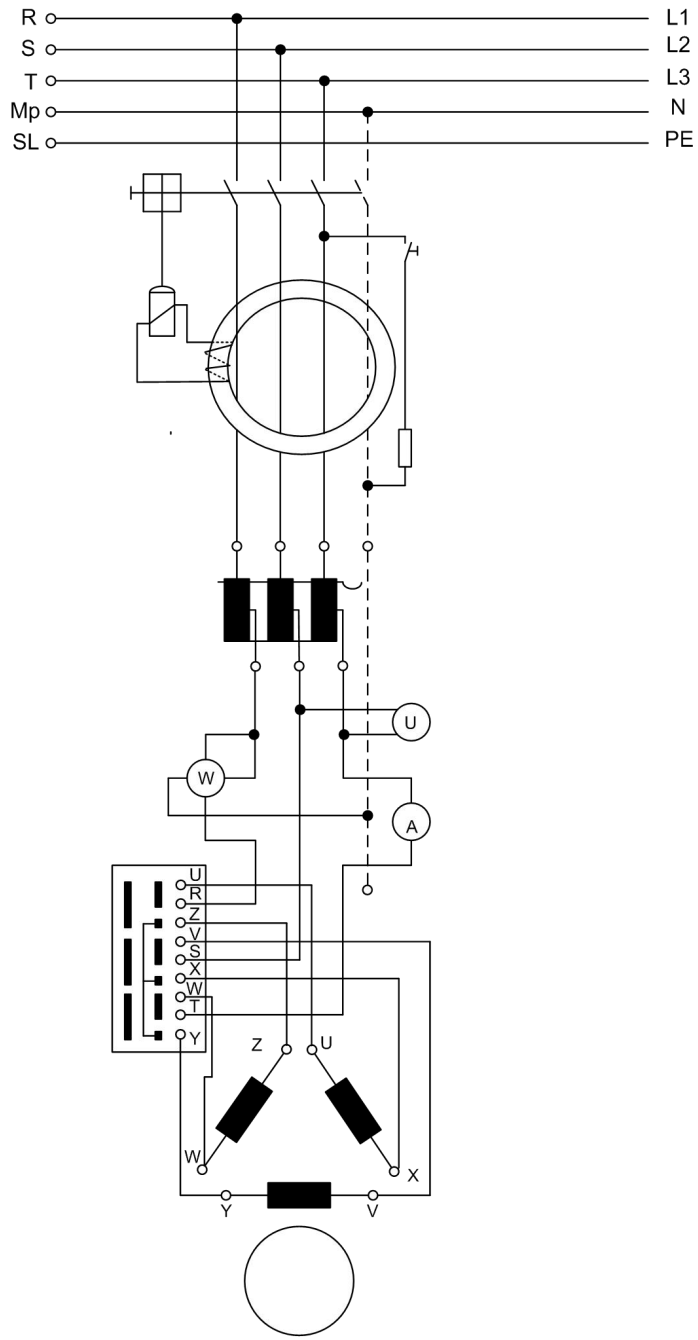
Hiệu suất $\eta = \frac{P_1}{P_2}.100(\%)$

Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}.U.I}$

Mômentđịnh mức $M_N \approx 1/2.M_{max}$ theo VDE cho AB (Aussetz-Betrib).

Vận tốc góc $\frac{2.\pi.n}{60}\ \frac{(1)}{s}$

1.2. Mạch điện thí nghiệm của ĐCĐKĐB rotor lồng



sóc.

Phép đo 1: Đặc tính không tải: I_0, P_0, $\cos\varphi_0 = f(U)$. Mạch điện: Quay trái

U	n	I_0	P_0	$\cos\varphi_0$
V	V/p	A	W	
220				
190				
160				
130				

100				
70				
35				

U	n	I_0	P_0	$\cos\varphi_0$
V	V/p	A	W	
220				
190				
160				
130				
100				
70				
35				

Phép đo 2:

Đặc tính ngắn mạch: $I_{nm}, P_{nm}, \cos\varphi_n$, M=f(U)

Động cơ được đóng điện ở chế độ quay phải, vì sự phát nóng nhanh của động cơ cho nên người ta bắt đầu cho phép đo ở 35 V

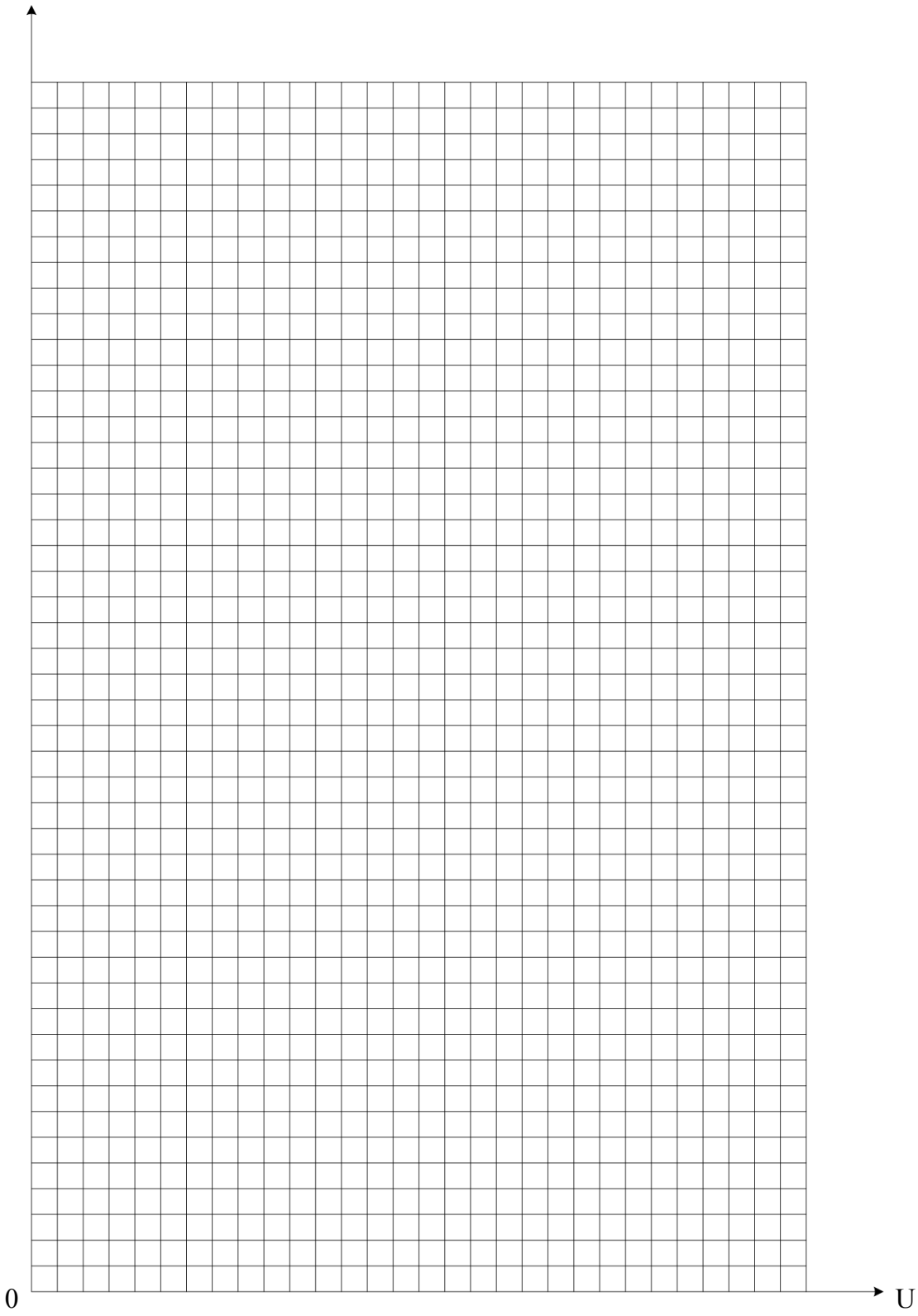
U	I_{nm}	P_{nm}	M	$\cos\varphi_n$
V	A	W	Nm	
35				
70				
100				
130				
160				
190				

U	I_{nm}	P_{nm}	M	$\cos\varphi_n$
V	A	W	Nm	
35				
70				
100				
130				
160				
190				

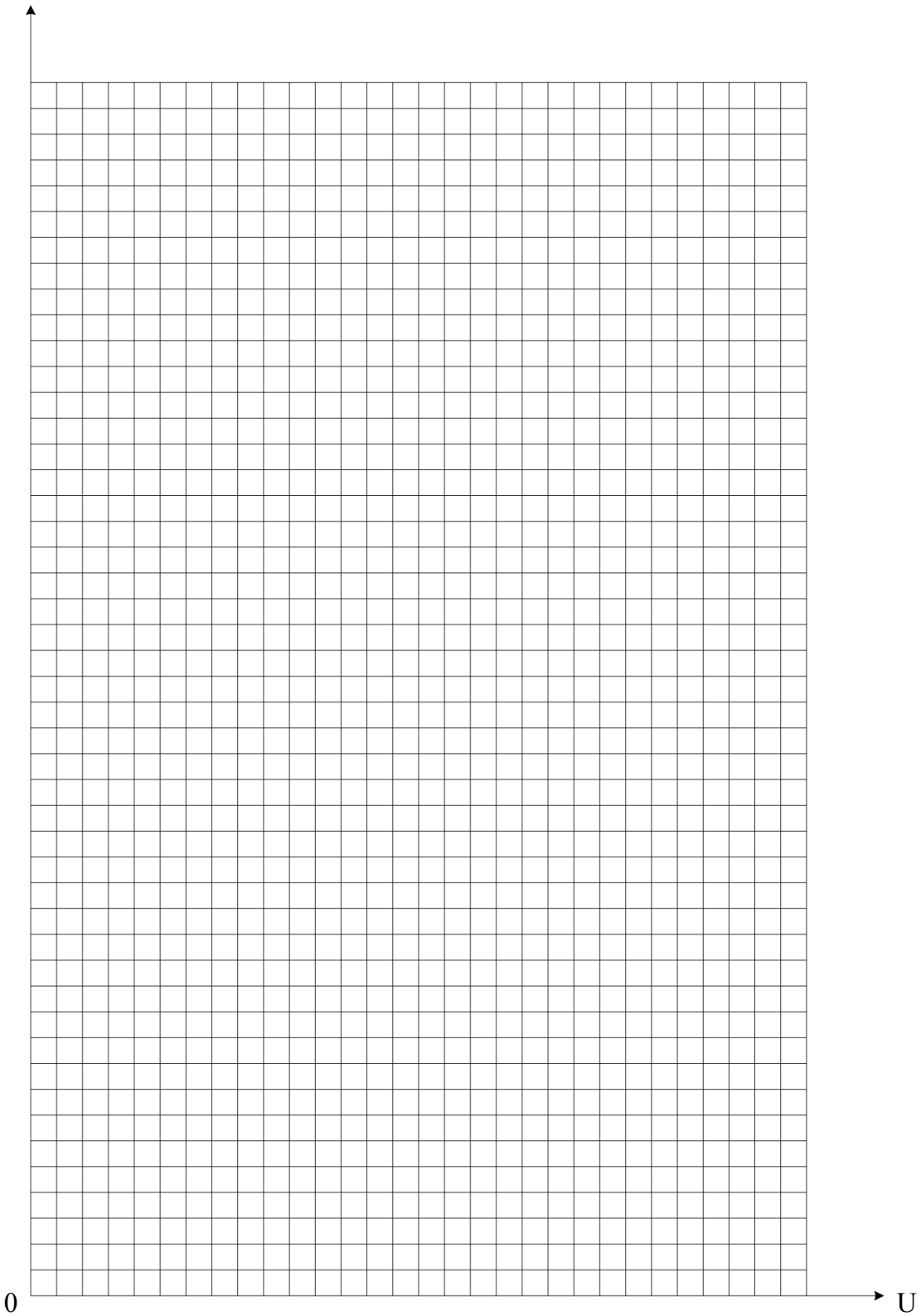
Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

Phép đo 1: Đặc tính không tải

I_0, P_0, $\cos\varphi_0$



Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc
Phép đo 2 đặc tính ngắn mạch.



Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

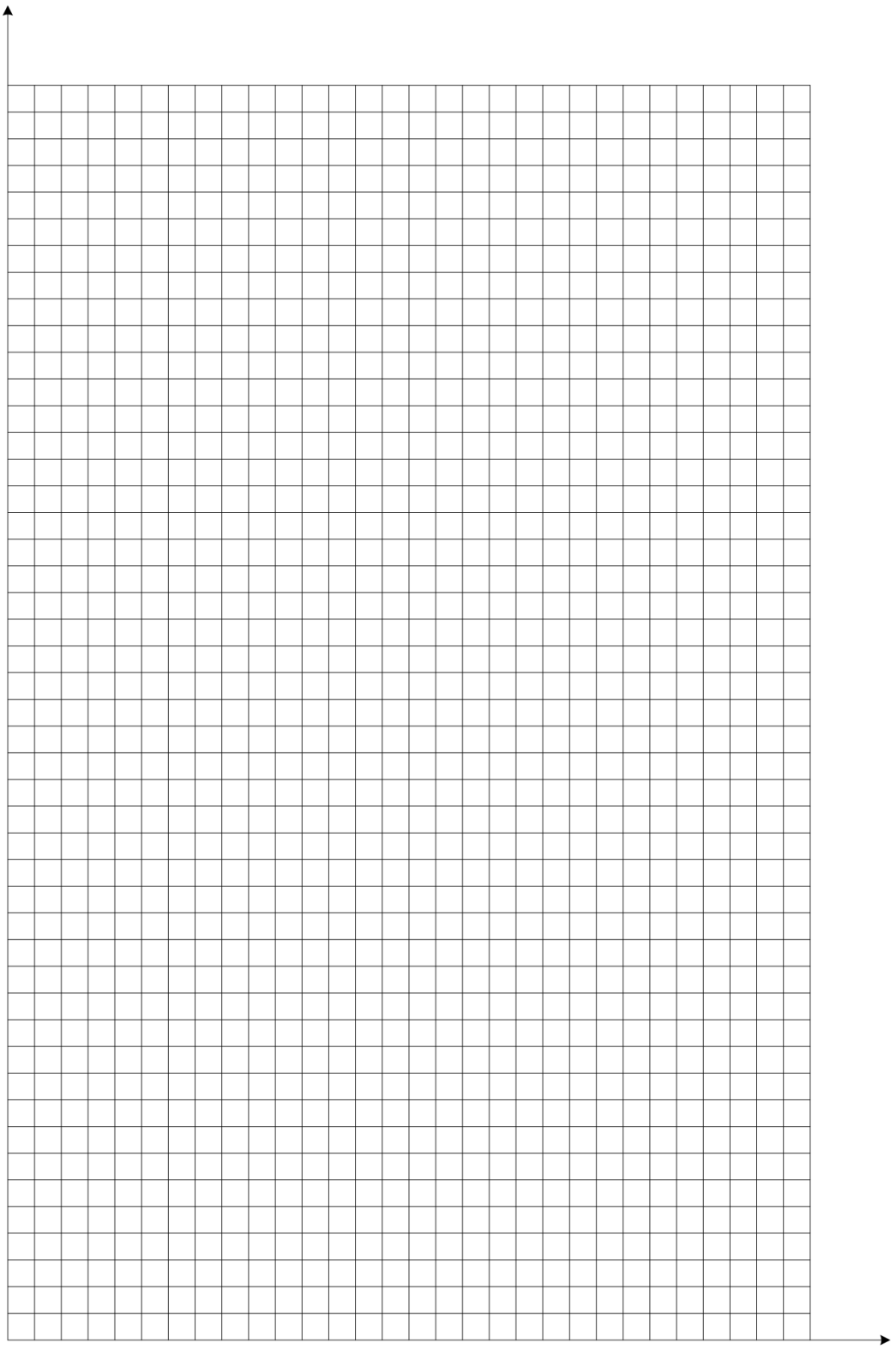
Phép đo 3: Đặc tính tải đến điểm cực đại n, l, P_2, η, cosφ = f(M)

Mạch điện quay trái

M	n	U	I	P_1	P_2	η	cosφ
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0		220					
0,25		const					
0,5							
0,75							
1,0							
1,1	Moment cực đại (Max)						
0		220					
0,25		const					
0,5							
0,75							
1,0							
1,25							
1,5							Công suất đm
1,75							
2,0							
2,25							
2,5							
2,75							
2,8							
3,0	Moment cực đại (Max)						

Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc
Phép đo 3 đặc tính tải (đồ thị).

B. P,n



C. 0 M

D.

E.

F. 2. Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn (04.004)

2.1. Lắp đặt đo và tiến hành thí nghiệm

Để thực hiện các phép đo cần các thiết bị sau:

Thiết bị:

- Công tắc bảo vệ FI với cáp nối nguồn 004.035
- Biến áp 3 pha có nhiều đầu ra 004.024a
- Phanh hãm điền khiển 004.010
- Bộ chỉ báo tốc độ quay 0...4000vòng/phút 004.015
- Volt kế 0...250V 004.012
- Ampere kế 0...2,5/7,5 A 004.013a
- Watt kế ba pha 004.022e
- Thiết bị mở máy cho rotor vành trượt 004.017
- Watt kế ba pha có khả năng mở rộng 004.022d
- Động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn 004.004

Trước khi lắp đặt cần chú ý các quy định về an toàn ở chương "cung cấp điện".

Giới thiệu lại động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn: Phương pháp mở máy, đặc tính cơ, chế độ làm việc...vv.

Việc lắp ráp luôn luôn bắt đầu với tải và cuối cùng là công tắc bảo vệ FI.

Động cơ đặt ở trong thiết bị cơ bản và nối với phanh hãm, phanh hãm điều khiển nối với nguồn 220V. Dây dẫn điều khiển nối với một phích cắm. Sự lắp đặt dây dẫn thực hiện theo sơ đồ.

Để thực hiện phép đo 1 cần điện áp từ 35...220V. Ta có thể sử dụng một biến áp 3 pha, nếu trong đó phía thứ cáp luôn luôn có thể sử dụng điện áp 3 x 220V, thì động cơ được nối Δ để đo. Ở phép đo 2 có thể nối trực tiếp nguồn 3 pha, vì dây quấn của động cơ được đấu Y.

Phép đo 1 Đặt tính không tải I_O, P_O, $\cos\varphi = f(U)$

Phép đo 2 Đặc tính tải ở điện trở phụ khác nhau trong mạch rotor
n, P, I, η, $\cos\varphi = f(M)$ stator đánh dấu Y

G. Giá trị đo

Moment quay	M	(Nm)
Số vòng quay	n	(vòng/phút)
Điện áp	U	(V)
Dòng điện	I	(A)

Công suất tiếp nhận P_1 (W) được đo bằng Watt kế! (Nm/s)

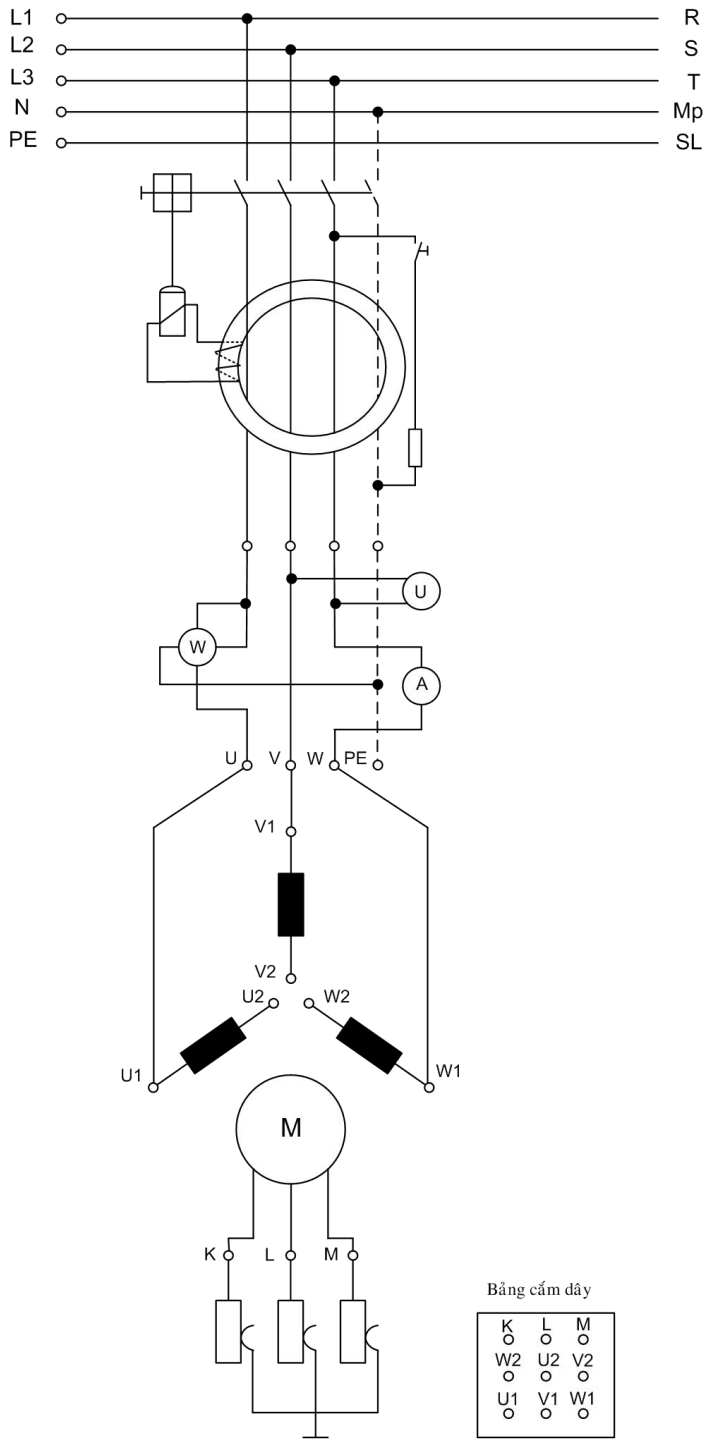
Công suất đưa ra $P_2 = \frac{2.\pi.M.n}{60} \approx 0{,}1.M.n\ (W = Nm/s)$

Hiệu suất $\eta = \frac{P_1}{P_2}.100(\%)$

Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}.U.I}$

Mômen định mức $M_N \approx 1/2.M_{max}$ theo VDE cho AB (Aussetz-Betrib).

Tốc độ góc $\omega = \frac{2.\pi.n}{60}\ (1/s)$



2.2. Sơ đồ mạch điện

1. 2.3. Phép đo 1: Đặc tính không tải: I_0, P_0,cos $_0$ = f(U)

Điện áp 35...220V với máy biến áp 3 pha

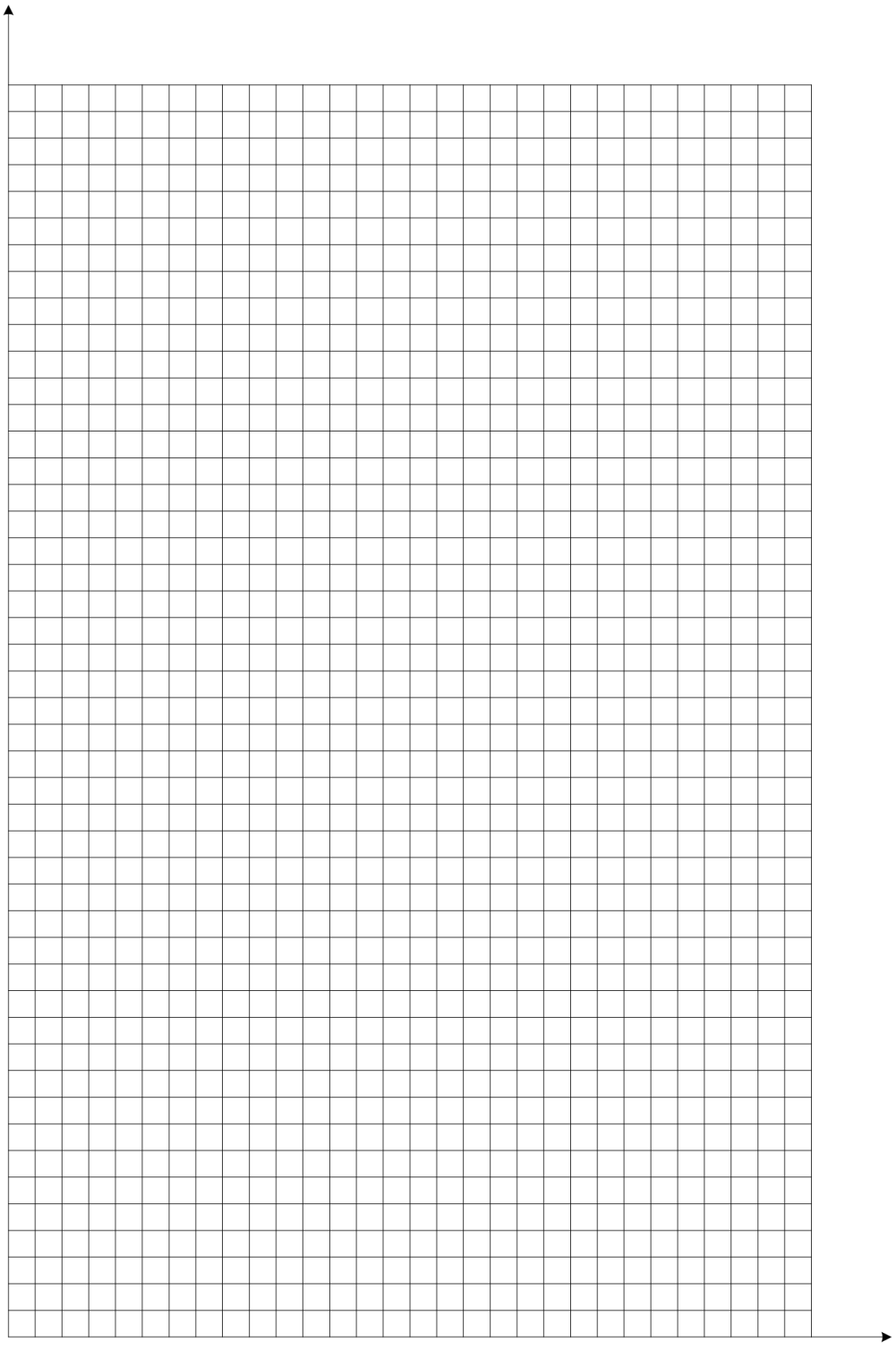
Stator đấu Δ ,Rotor đấu Y

U(V)	N(v/p)	I_0 (A)	P_0 (W)	cos φ0
220				
190				

160				
130				
100				
70				
35				

(a) Đồ thị động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn

Phép đo: Đặc tính không



tải.

2.

3. 2.4. Phép đo 2: Đặc tính tải ở các điện trở phụ khác nhau trong mạch rotor. Stator đấu Y 380V

	M	**n**	**I**	P_1	P_2	**η**	**cosφ**
Điện trở							

Tải 1

	Nm	V/p	A	W	W	%	
	0						
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
Điện trở Tầng 2	0						
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
	1,25						
	1,5						
	1,75						
Điện trở Tầng 3	0						
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
	1,25						
	1,5						
	1,75						
	2,0						
	2,3						

	M	n	I	P_1	P_2	η	cosφ
Điện trở Tầng 4	Nm	V/p	A	W	W	%	
	0						

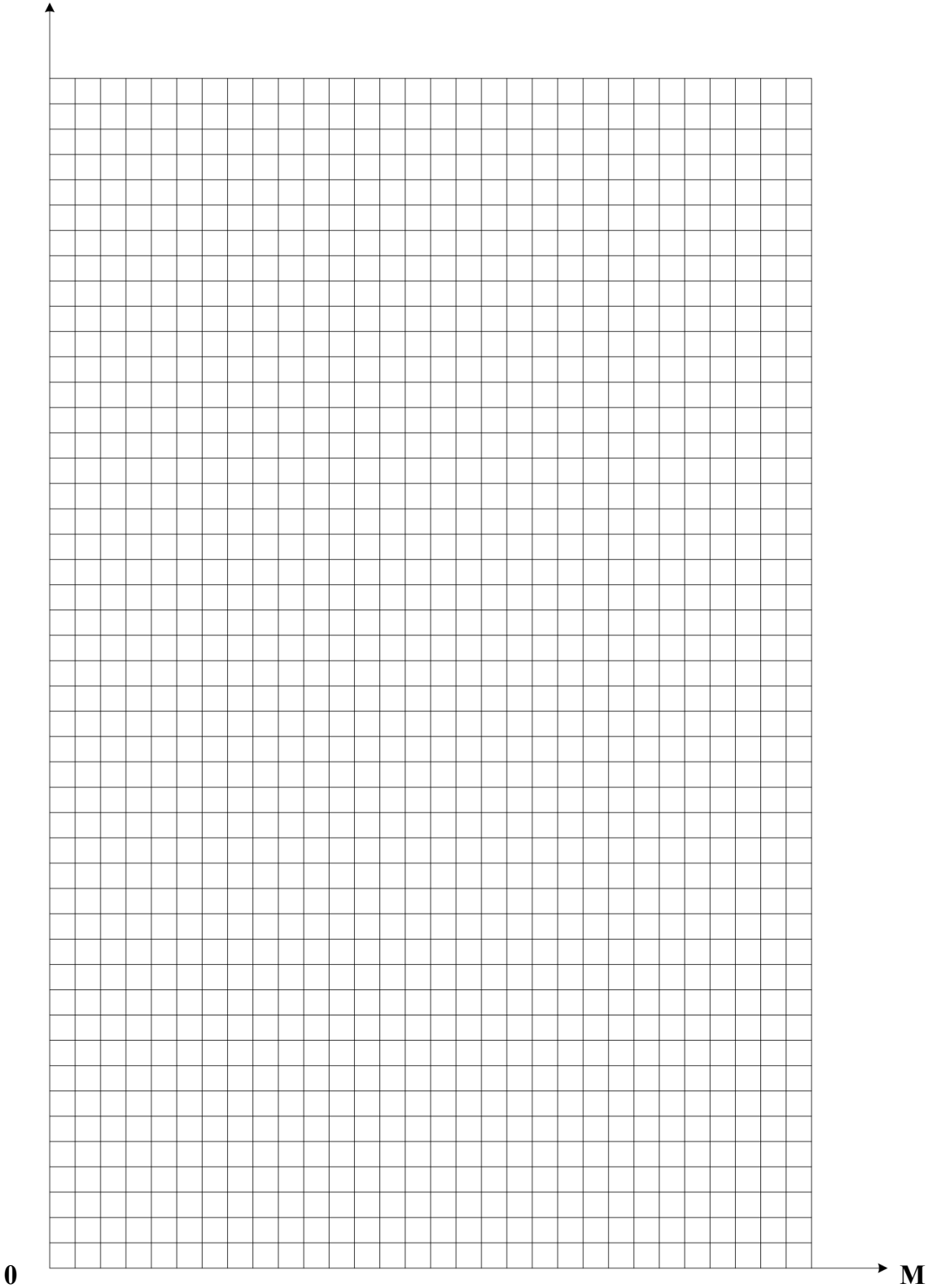
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
	1,25						
	1,5						
	1,75						
	2,0						
	2,25						
	2,5						
	2,8						
	M	**n**	**I**	P_1	P_2	η	**cosφ**
Điện trở Tầng 5	**Nm**	**V/p**	**A**	**W**	**W**	**%**	
	0						
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
	1,25						
	1,5						
	1,75						
	2,0						
	2,25						
	2,5						
	2,75						
	M	**n**	**I**	P_1	P_2	η	**cosφ**
Rôtor đấu Y	**Nm**	**V/p**	**A**	**W**	**W**	**%**	
	0						
	0,25						
	0,5						
	0,75						
	1,0						
	1,25						
	1,5						
	1,75						
	2,0						
	2,25						
	2,5						
	2,75						

(a)

(b) *Phép đo 3: Đặc tính tải ở các điện trở khác nhau trong dây quấn*

Đồ thị động cơ cảm ứng 3 pha rotor vành trượt

n (vòng/phút)



2.5. Những điều cần chú ý khi tiến hành thí nghiệm

1. Khi làm thí nghiệm dòng điện mở máy lớn, thường khoảng (4-7)$I_{đm}$ nên phải chú ý đến thang đo của Ampemet.
2. Phụ tải của máy là phanh hãm điện từ khi sử dụng cần tìm hiểu kĩ cách sử dụng.
3. Khi thí nghiệm ngắn mạch phải chú ý đến chiều quay của máy, vận ốc giữ rotor.

4. Câu hỏi gợi ý:

1. Cách phân loại động cơ điện không đồng bộ?
2. Trình bày các phương pháp mở máy động cơ điện không đồng bộ?
3. Khi mở máy trực tiếp động cơ điện 1.6Kw, điện áp 220v đấu tam giác dòng điện định mức là 6.8A thì dòng điện mở máy quãng là bao nhiêu?
4. Mở máy Y/Δ để giải quyết vấn đề gì? Khi nào thí dùng phương pháp mở máy trên? Các khả năng để thực hiện cách thao tác.
5. Thí nghiệm ngắn mạch co thể đưa điện áp định mức vào không? Tại sao?
6. Khi đo mô ment mở máy có thể đưa điện áp định mức vào không? Tại sao?
7. Khi thí nghiệm phụ tải phải chú ý gì đối với thanh hãm điện từ?
8. Đối với động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn: nếu để hở mạch rotor, stator đấu Y nối vào điện 380V, đo điện áp rotor, rút ra kết luận gi?
9. Nối ngắn mạch rotor động cơ điện không đồng bộ day quấn, stator đấu Y nối vào nguồn điện 380V, rút ra kết luận gì?

3. Các cách điều chỉnh tốc độ động cơ điện 3 pha

3.1 Động cơ điện ba pha thay đổi cực (động cơ điện Dahlander)

Để tiến hành phép đo, cần thiết các dụng cụ sau sau:

Thiết bị:

- Công tắc bảo vệ FI với cáp nối nguồn		004.035
- Phanh hãm điền khiển		004.010
- Watt kế ba pha		004.022e
- Đồng hồ đo tốc độ	0...4000 vòng/phút	004.015a
- Volt kế	0...250 V	004.012
- Ampere kế	0...2,5/7,5 A	004.013a
- Công tắc chuyển cực		004.026c
- Động cơ điện Dahlander		004.029a

Trước khi bắt đầu công việc lắp đặt dây cần phải chú ý các qui định an toàn trong chương "Cung cấp điện". Việc lắp đặt dây dẫn luôn luôn bắt đầu ở tải và cuối cùng nguồn điện.

Lắp động cơ và nối khớp với phanh hãm. Lắp đặt dây theo trình tự vẽ ở mạch điện. Thực hiện việc nối động cơ/công tắc FI.

Điện cung cấp được điều chỉnh ở biến áp vòng xuyến. Moment hãm mong muốn được điều chỉnh ở biến trở 3 pha của phanh hãm điều khiển. Các giá trị đo được đưa vào bảng và tính toán theo công thức.

H. Giá trị đo

Moment quay M(Nm); Số vòng quay n(vòng/phút);

Điện áp U(V); Dòng điện I(A)

Công suất tiếp nhận P_1 (W) được đo bằng Watt kế!

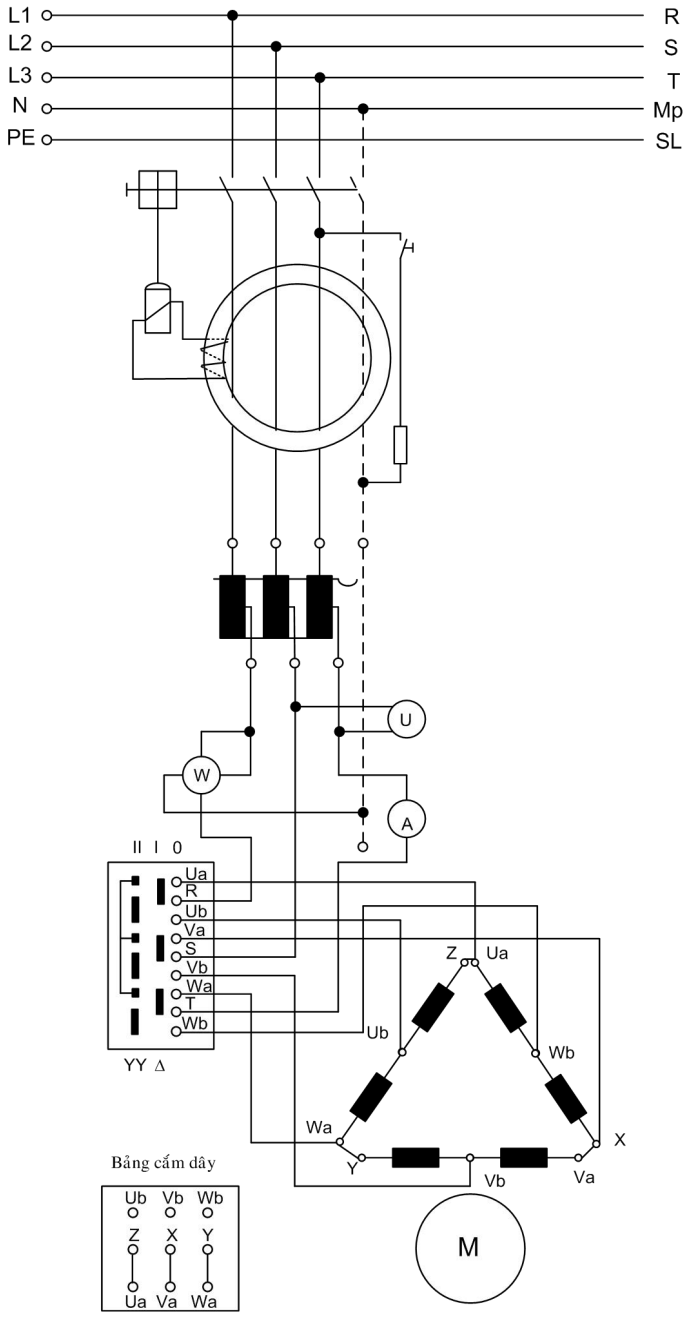
Công suất đưa ra $P_2 = \frac{2.\pi.M.n}{60} \approx 0,1.M.n$; Hiệu suất $\eta = \frac{P_1}{P_2}.100(\%)$;

Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3}.U.I}$ hoặc được đo bằng đồng hồ

Môment định mức $M_N \approx 1/2.M_{max}$ theo VDE cho AB (Aussetz-Betrib).

Tốc độ góc $\omega = \frac{2.\pi.n}{60}\ (1/s)$

Mạch điện thực hành



(1) **Động cơ ba pha có thể thay đổi cực**

(2) **Phép đo 1:** Đặc tính không tải I_0, P_0, $\cos\varphi$ = f(U)

U (V)	I (A)	P_1(W)	$\cos\varphi$

35 70 100 130 160 190 220 380			

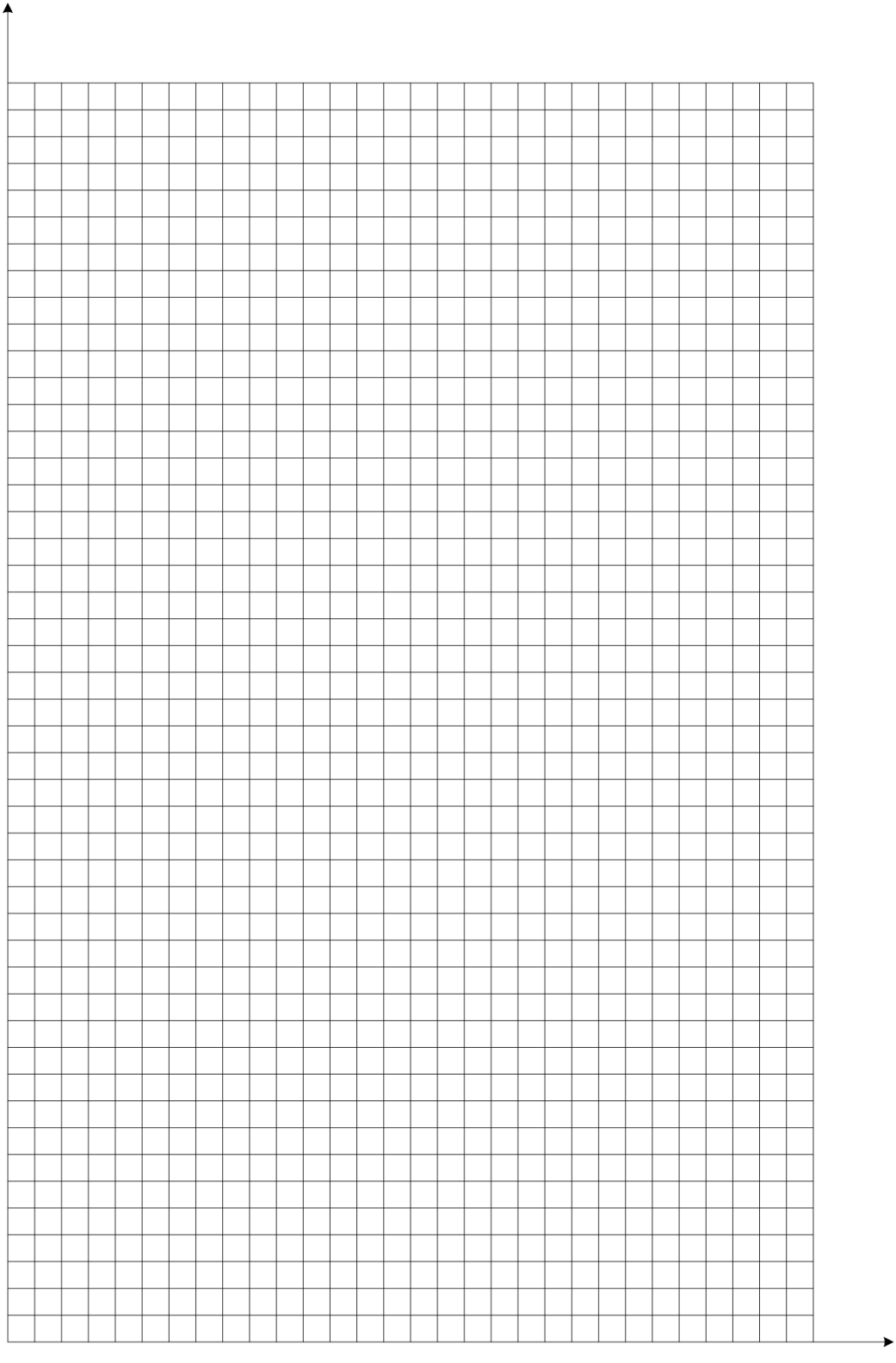
Mạch Δ

U (V)	I (A)	P_1(W)	cos φ
35 70 100 130 160 190 220 380			

Mạch YY

(3)
Động cơ ba pha có thể thay đổi cực

(4)
Phép đo 1
I, P, cos φ



(5)

(6) **Động cơ ba pha có thể thay đổi cực 004.029a**

Phép đo 2: Đặc tính tải đến điểm lật n, P, I, η η, $\cos\varphi$ = f(M)

Kết quả đo mạch

M	N	U	I	P_1	P_2	η	$\cos\varphi$
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0,25 0,5 0,75 1 1,25 1,35 1,5 1,75		380 const					

Kết quả đo mạch YY

M	N	U	I	P_1	P_2	η	$\cos\varphi$
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0,25 0,5 0,75 1 1,25 1,35 1,5 1,75		380 const					

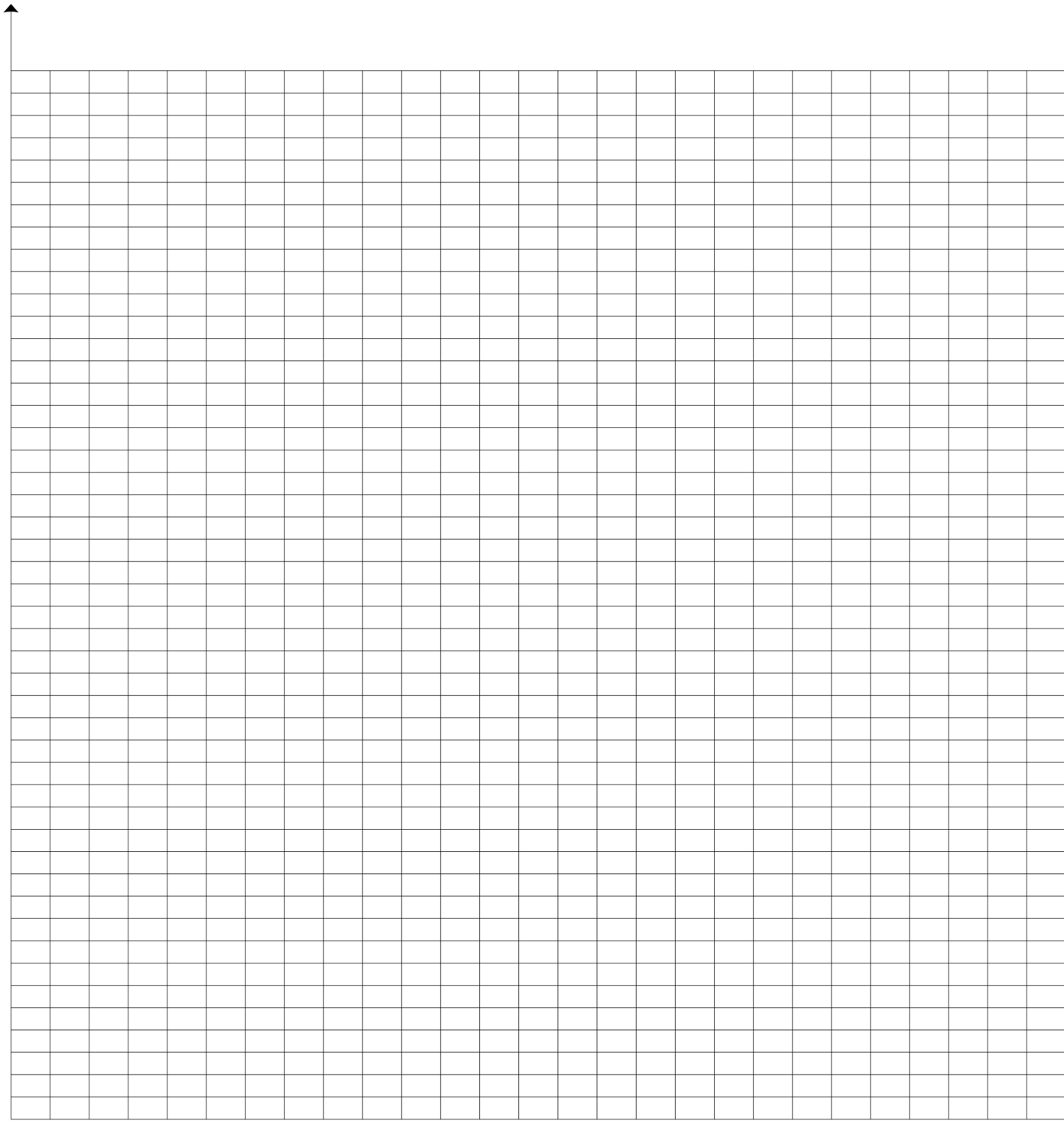
(7)

(8) **Động cơ ba pha có thể thay đổi cực 004.029a**

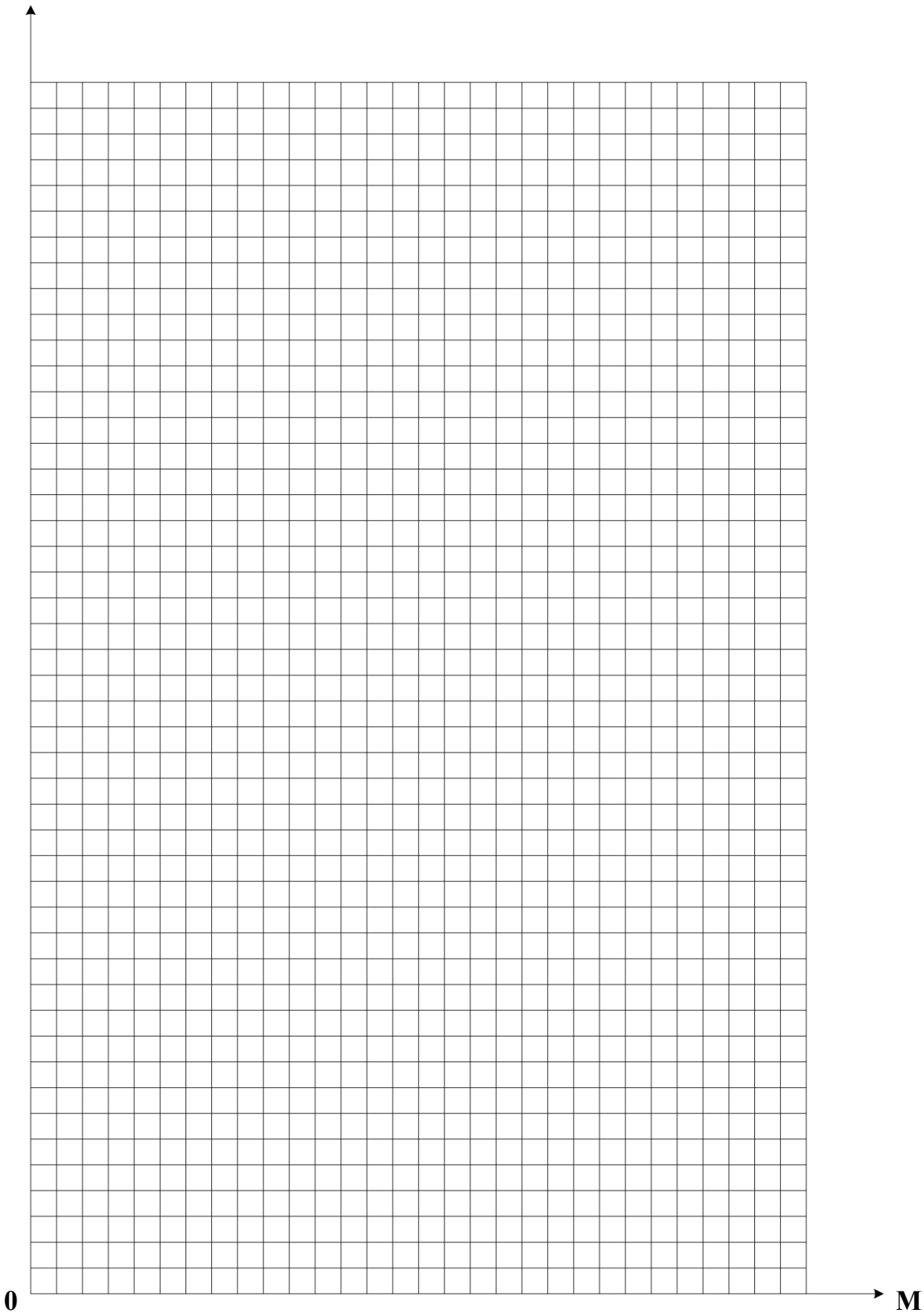
Phép đo 2: Mạch nối Δ

n, P, I, $\eta\,\eta$**,** $\cos\varphi$

(9) **0**

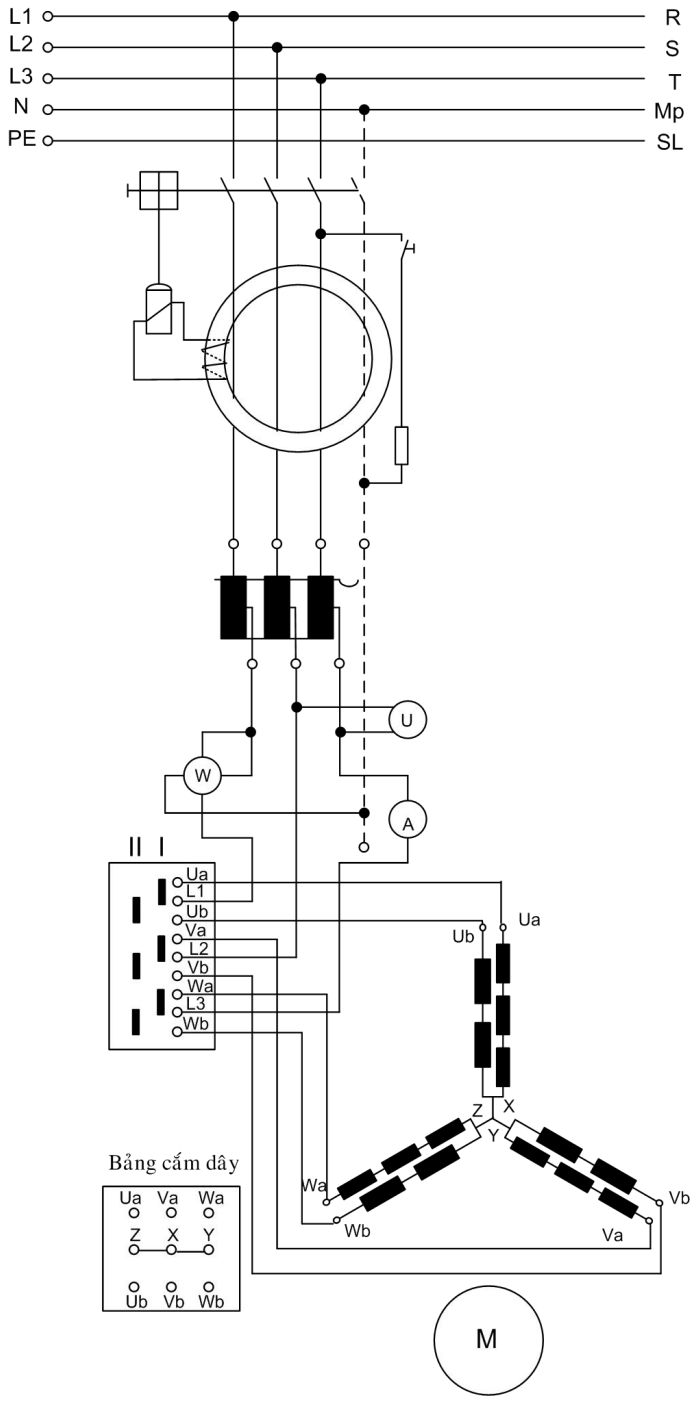


M
(10)
(11) **Động cơ ba pha có thể thay đổi cực 004.029a**
Phép đo 2: Mạch nối YY
n, P, I, η **,** $\cos\varphi$



(12)

(13) 3.2. Động cơ không đồng bộ 3 pha trên stator có hai dây quấn 004.029b



Phép đo 1: Đặc tính tải đến điểm lật

n , P, I, cosφ = f (M)

Đấu sao 6 cực, U = 380 = const

Kết quả đo

M	N	U	I	P_1	P_2	ŋ	cosφ
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0,25 0,5 0,75 1 1,25 1,35 1,5 1,75		380 const					

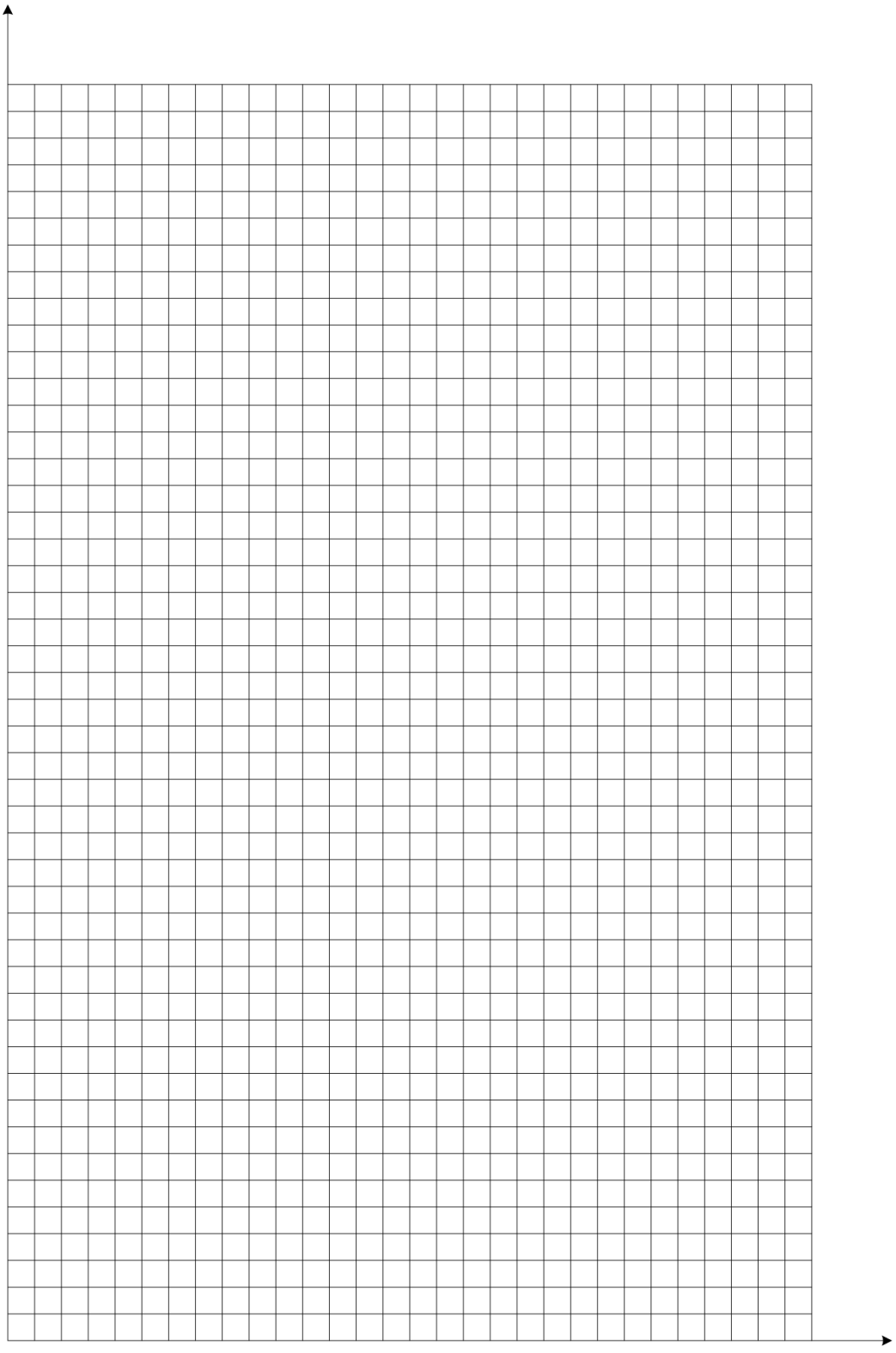
Phép đo 2: Đặc tính tải đến điểm lật

n , P, I, $\cos\varphi$ = f (M)

Đấu sao 4 cực, U = 380 = const

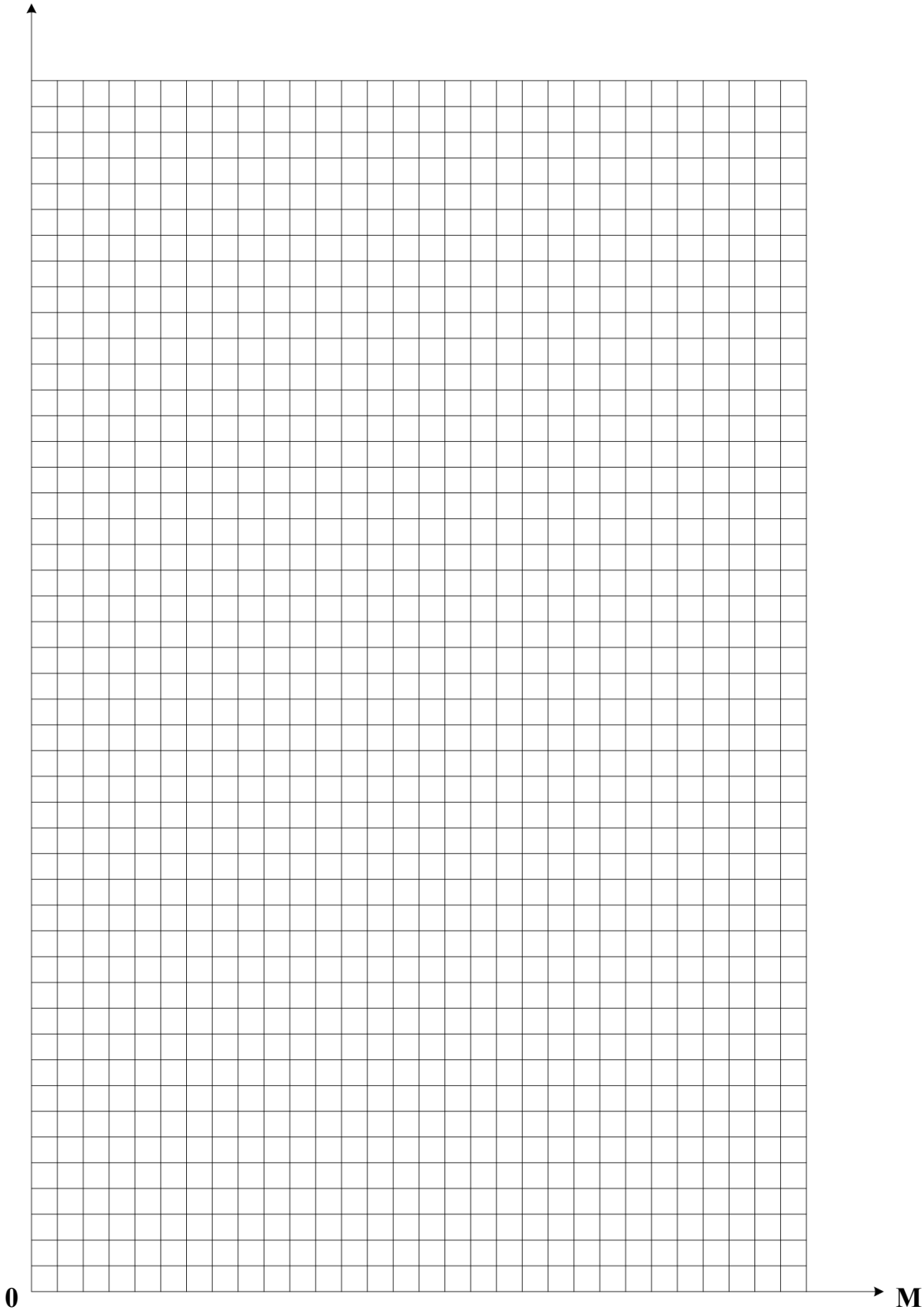
M	N	U	I	P_1	P_2		cos
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0,25 0,5 0,75 1 1,25 1,35 1,5 1,75		380 const					

Động cơ không đồng bộ 3 pha trên stator có hai dây quấn 004.029b
Phép đo 1 sơ đồ Y, 6 cực
n, P, I, ,



cos φ
(14)

Động cơ không đồng bộ 3 pha trên stator có hai dây quấn 004.029b
Phép đo 1 sơ đồ Y, 6 cực
n, P, I, η, cos



(15)

(16) **4. Động cơ không đồng bộ một pha**

4.1. Động cơ một pha với tụ điện khởi động 004.006

Mở đầu:

Bên cạnh động cơ ba pha, hầu hết đều sử dụng động cơ điện xoay chiều một pha. Phạm vi sử dụng chính là các thiết bị điện gia dụng và truyền động máy văn phòng cũng như các dụng cụ điện. Nó chỉ được chế tạo ở công suất nhỏ cho đến lớn nhất khỏang 2000W
Loại động cơ một pha quan trong nhất là:

– Động cơ cảm ứng với tụ điện mở máy.
– Động cơ cảm ứng với tụ điện làm việc
– Động cơ cảm ứng với tụ điện làm việc và mở máy.
– Động cơ cực chia.
– Động cơ xoay chiều kích từ nối tiếp (động cơ vạn năng).

Lắp ráp đo và tiến hành thí nghệm:

Để tiến hành phép đo cần thiết các dụng cụ sau sau:

Thiết bị:

- Công tắc bảo vệ FI với cáp nối nguồn		*004.035*
- Phanh hãm điền khiển		*004.010*
- Bộ chỉ báo tốc độ quay	*0...4000 vòng/phút*	*004.015*
- Volt kế	*0...250 V*	*004.012*
- Ampere kế	*0...2,5/7,5 A*	*004.013a*
- Watt kế ba pha		*004.022e*
Nguồn với biến áp lõi vòng xuyến:		*004.011*

Trước khi bắt đầu công việc lắp đặt dây cần phải chú ý các qui định an toàn trong chương "Cung cấp điện". Việc lắp đặt dây dẫn luôn luôn bắt đầu ở tải và cuối cùng ờ thiết bị dẫn dòng.

Lắp động cơ và nối khớp với phanh hãm. Lắp đặt dây theo trình tự vẽ ở mạch điện. Thực hiện việc nối động cơ/công tắc FI.

Điện cung cấp được điều chỉnh ở biến áp vòng xuyến. Moment hãm mong muốn được điều chỉnh ở biến trở 3 pha của phanh hãm điều khiển. Các giá trị đo được đưa vào bảng và tính toán theo công thức.

Để đo môment mở máy, động cơ được đóng mạch qua phải. Phanh hãm được chặn ở hướng quay này, để gá trị có thể đọc được nagy lập tức. Phép đo thực hện nhanh, vì cuộn dây phụ, mỗi tụ điện sử dụng phát nóng rất nhanh.

Hoạt động:

Khác với động cơ 3 pha, động cơ điện một pha vận hành ở lưới điện xoay chiều một pha, đặc biệt tạo ra một từ trường xung động. Việc tự khởi động ở động cơ điện một pha thực hiện đơn giản nhất thông qua một cuộn dây phụ đặt trên stator với tụ điện được đóng mạch trước. Tụ điện mở máy được ngắt ra khỏi lưới nhờ vào công tắc ly tâm sau khi động cơ đạt tốc độ cao.

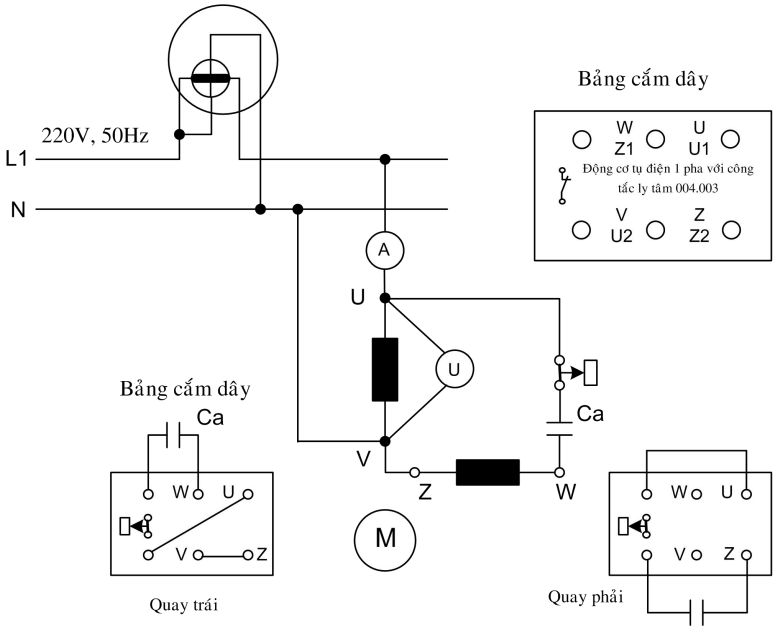
Phạm vi sử dụng:

Thích hợp với các máy làm việc đòi hỏ moment mở máy cao và những nơi được yêu cầu quay phải, quay trái.

Moment khởi động khoảng (1,5...2) $M_{đm}$

Tốc độ không tải thực hiện ở 3000 vòng/phút và 1500 vòng/phút.
Công suất: khoảng 90...1100W
Ứng dụng ở máy giặt, tủ lạnh, máy nén.

Sơ đồ mạch



Động cơ một pha có tụ điện khởi động

Phép đo Đặc tính tải đến điểm lật n, P, l, η, cosφ = f(M)

Mạch điện: Quay trái. Tụ khởi động: C_a = 12 F

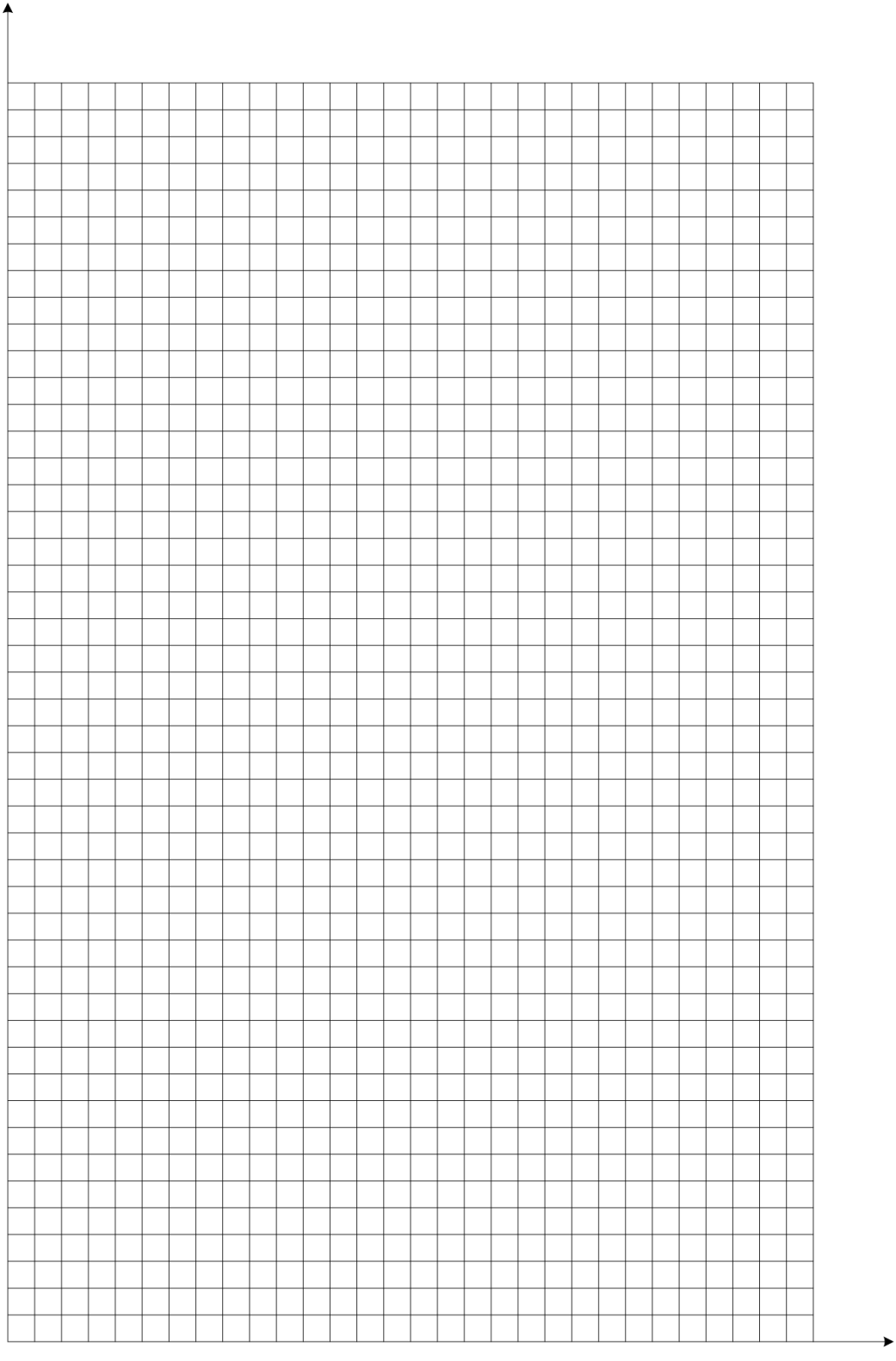
M	n	U	I	P_1	P_2	η	cosφ
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0,25 0,5 0,75 1,0 1,25 1,5 1,75		220 const					

1,85							
2,0	Moment cực đại						

Đồ thị động cơ một pha có tụ điện khởi động

Phép đo: Đặc tính tải

n, P, l, η, cosφ



hoạt động 3:

- Học viên tự học ở nhà đọc tài liệu ở nhà.
- Trả lời câu hỏi và giải bài tập.

4.2. Động cơ 3 pha làm việc ở lưới điện một pha (mạch Steinmentz)

Lắp ráp đo và tiến hành thí nghiệm:

Để tiến hành phép đo cần tiến hành các dụng cụ sau:

Thiết bị:	- Công tắc bảo vệ FI với dây nối nguồn		004.035
	- Biến áp ba pha có nhiều dây ra		004.024a
	- Phanh hãm điều khiển		004.010
	- Đồng hồ đo tốc độ	0...4000 vòng/phút	004.015a
	- Volt kế	0...250 V	004.012
	- Ampere kế	0...2,5/7,5 A	004.013a
	-Watt kế một pha		004.022e
	Động cơ rotor lồng sóc ba pha không đồng bộ		004.003
	- Tụ làm việc		004.047

Trước khi bắt đầu công việc lắp đặt dây thì phải chú ý các quy định an toàn trong chương cung cáp điện.

Đặt động cơ vào thiết bị lắp đặt và nối khớp với phanh hãm. Nối điện cho phanh hãm điều khiển, phanh hãm được nối với phích cắm.

Lắp đặt dây theo trình tự vẽ ở mạch điện.

Ở việc thực hiện các phép đo 1 và 2 cần thiết các điện áp thành phần từ 35 V đến 220 V. Để làm được điều này ta sử dụng biến áp 3 pha với nhiều đầu ra. Ở phần sơ cấp nối điện vào R* + S* + T* +MP* và phần sơ cấp đấu vào 2 pha của động cơ. Điện áp đặt vào cuộn dây của động cơ ở cả hai loại hoạt động là U_{ph} = 220 V. Những phép đo được thực hiện và đóng trực tiếp như ở nguồn một pha.

Để đo moment mở máy ở phép đo 5, động cơ được đóng mạch quay phải với các tụ điện làm việc được đóng mạch cho những cuộn dây khác. Động cơ làm việc ngược lại với phanh hãm chặn. Phép đo được thực hiện nhanh để tránh sự phát nóng của động cơ.

Phép đo Đặc tính tải đến điểm lật n, P, I, η, cosφ = f(M)

Giá trị đo:

Moment quay M (Nm); Số vòng quay n (vòng/phút)

Điện áp U (V) ; Dòng điện I (A)

Công suất vào P_1 (W) được đo bằng Watt kế (Nm/s)

Công suất đưa ra $P_2 = \frac{2.\pi.M.n}{60} \approx 0{,}1.M.n\ (W = Nm/s)$

Hiệu suất $\eta = \frac{P_1}{P_2}.100(\%)$

Hệ số công suất $\cos\varphi = \frac{P_1}{U.I}$

Mômentđịnh mức $M_{đm} \approx 1/2.M_{max}$ theo VDE cho AB

Tốc độ góc $\omega = \frac{2.\pi.n}{60}\ (1/s)$

Điện dung của tụ làm việc:

Các giá trị kinh nghiệm được chọn trong thực hành:

Nguồn có f = 50 Hz	380 V	220 V	127 V
Điện dung cho mỗi KW	20 μF	70μF	200μF

Công suất động cơ			

Thí dụ: Một động cơ điện 3 pha rotor lồng sóc có các số liệu sau: P = 300 W, /Y 220/380V, f = 50Hz. Cho làm việc ở lưới điện một pha 220V, f = 50Hz. Tính tụ điện làm việc.

Giải

Ta đã biết: 1000W cần một điện dung là 70 μF

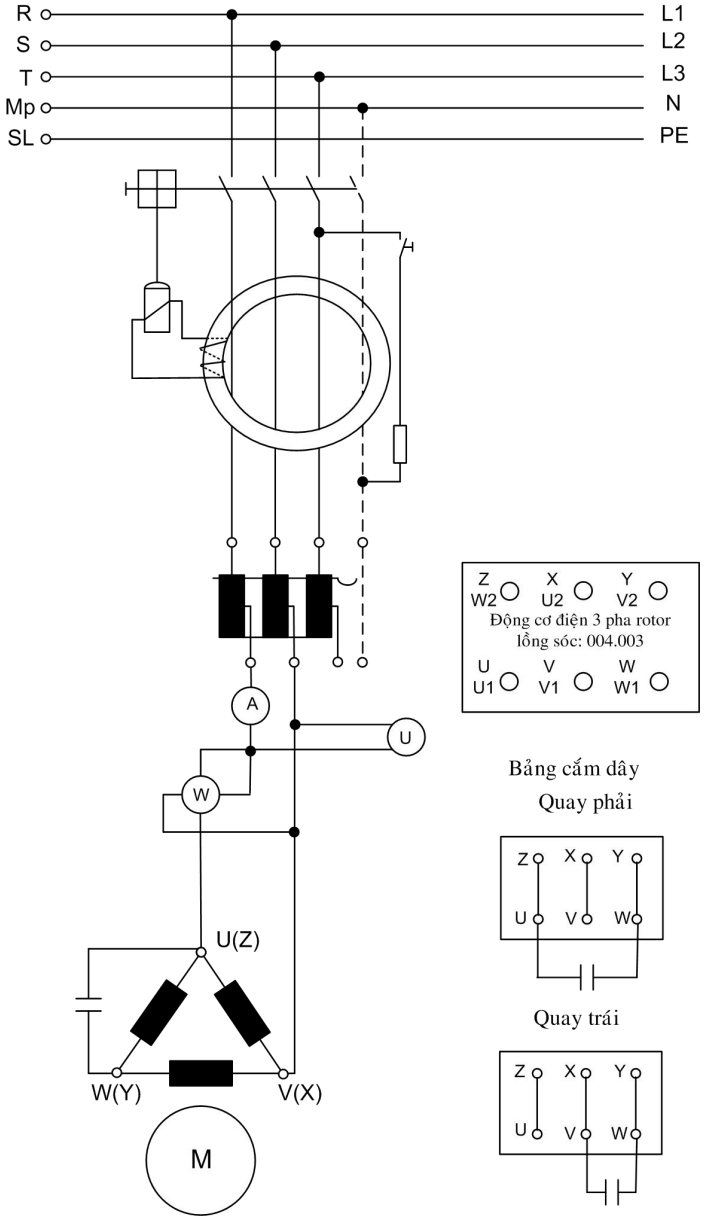
300 W cần x μF

Như vậy giá trị $X = \frac{300.70}{1000} = 21\mu F$

Chọn C_{LV} = 20 F

Tụ điện mở máy có thể chọn $C_{mm} = (2 \div 3)\ C_{LV}$

Động cơ 3 pha ở mạch Steinmetz 004.003.

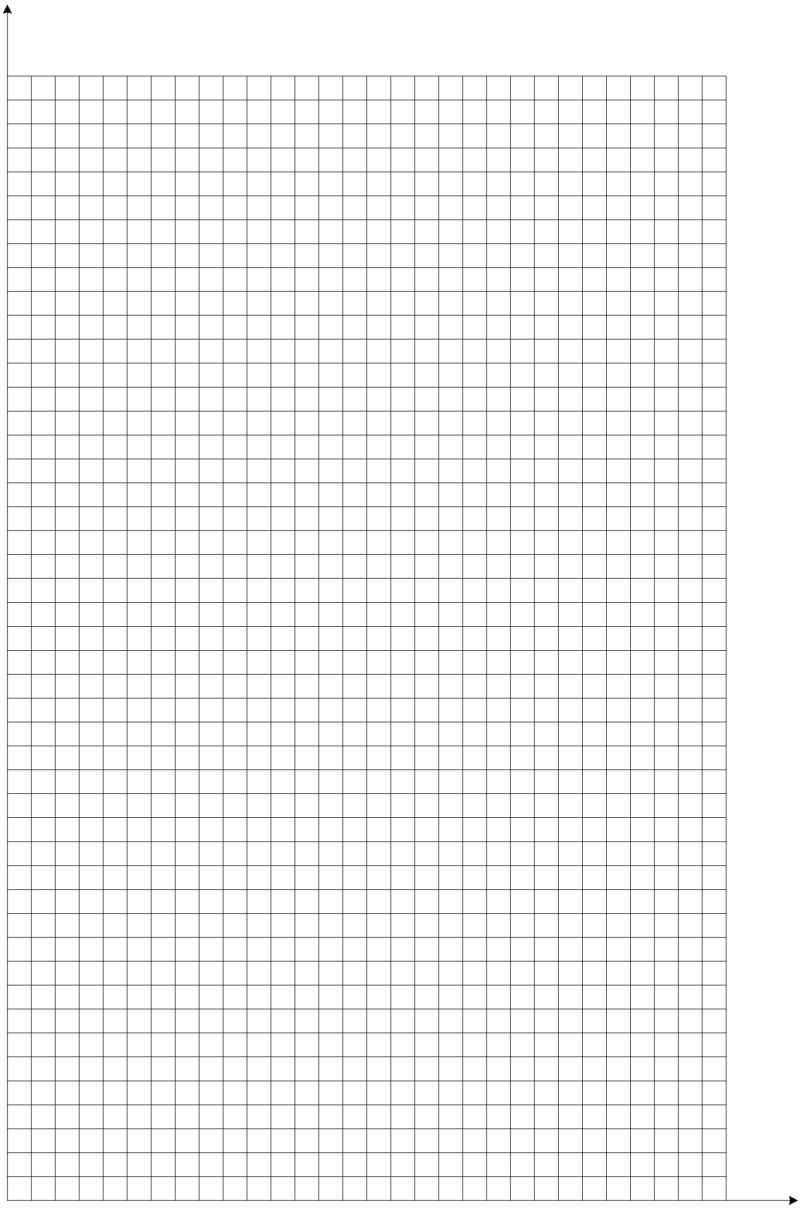


Sơ đồ mạch:

Phép đo Đặc tính tải đến điểm lật

n, P, I, η, cosφ = f(M) m
Tụ điện làm việc C_{LV} = 20 μF

M	n	U	I	P_1	P_2	η	cosφ
Nm	V/p	V	A	W	W	%	
0 0.25 0.5 0.75 1		220 const					



Bài 4
Máy điện đồng bộ
Mã bài:MĐ 17-1

Giới thiệu:

Mục tiêu thực hiện:

Sau khi học xong bài học này học viên phải thực hiện được:

- Phân tích cấu tạo, nguyên lý, các phản ứng phần ứng xảy ra trong máy phát điện đồng bộ.
- Điều chỉnh 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 những hư hỏng thông thường của máy điện đồng bộ theo tiêu chuẩn kỹ thuật.

Nội dung chính:

Thời gian: 11h (LT: 8h; TH: 3h)

Định nghĩa và Công dụng.	*Thời gian: 1h*
Cấu tạo của máy điện đồng bộ.	*Thời gian:1h*
Nguyên lí làm việc của máy phát điện đồng bộ.	*Thời gian: 1h*
Phản ứng phần ứng trong máy phát điện đồng bộ.	*Thời gian: 1.5h*
Các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ.	*Thời gian: 1.5h*
Sự làm việc song song của máy phát điện đồng bộ.	*Thời gian: 4h*
Động cơ và máy bù đồng bộ.	*Thời gian: 1h*

Các hình thức học tập:

- Học trên lớp bài máy điện đồng bộ
- Thực hành tại xưởng điện.
- Học viên tự đọc tài liệu liên quan đến bài giảng, và học viên trả lời các câu hỏi và làm các bài tập.

Hoạt động 1: nghe thuyết trình trên lớp, có thảo luận

Khái niệm chung về máy điện

.

Bài 4: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

4.1. Định nghĩa và công dụng:

4.1.1. Định nghĩa:

Những máy điện xoay chiều có tốc độ quay rôto n bằng với tốc độ quay của từ trường n_1 gọi là máy điện đồng bộ. Máy điện đồng bộ có hai dây quấn: dây quấn stato nối với lưới điện có tần số f không đổi, dây quấn rôto được kích thích bằng dũng điện 1 chiều. Ở chế độ xác lập máy điện đồng bộ có tốc độ quay rôto luôn không đổi khi tải thay đổi.

4.1.2 Công dụng của máy điện đồng bộ

Máy phát điện đồng bộ là nguồn điện chính của các lưới điện quốc gia, trong đó động cơ sơ cấp là các tuốc bin nước, tuốc bin khí, tuốc bin hơi nước...v.v. Công suất của các máy

phát có thể đạt đến 600 MVA hoặc lớn hơn và chúng thường làm việc song song. Ở các lưới điện công suất nhỏ, máy phát điện đồng bộ được kéo bởi các động cơ diezen hoặc các tuabin khí, có thể làm việc đơn lẻ hoặc hai ba máy làm việc song song.

Động cơ đồng bộ được sử dụng khi truyền động công suất lớn, có thể đạt đến vài chục MW. Trong công nghiệp luyện kim, khai thỏc mỏ, thiết bị lạnh, động cơ đồng bộ được sử dụng để truyền động các máy bơm, nén khí, quạt gió v.v... với tốc độ không đổi. Động cơ đồng bộ công suất nhỏ được được sử dụng trong các thiết bị như đồng hồ điện, dụng cụ tự ghi, thiết bị lập chương trỡnh, thiết bị điện sinh hoạt v.v....

Máy bù đồng bộ dùng để phát công suất phản kháng cho lưới điện để bù hệ số công suất và ổn định điện áp.

4.2. Phân loại, cấu tạo và nguyên lý làm việc:

4.2.1 Phân loại và kết cấu của máy điện đồng bộ

a. Phân loại

- Theo kết cấu cú thể chia máy điện đồng bộ làm 2 loại:

+ Máy điện đồng bộ cực ẩn thích hợp với tốc độ cao (2p = 2)

+ Máy điện đồng bộ cực lồi thích hợp khi tốc độ thấp (2p = 4)

-Theo chức năng có thể chia máy điện máy điện đồng bộ thành:

+ Máy phát điện đồng bộ:

* Máy phát tuốc bin hơi có n cao thường được chế tạo cực ẩn cú trục mỏy nằm ngang.
* Máy phát tuốc bin nước: Vỡ tốc độ thấp, thường chế tạo theo cực lồi
* Mỏy phỏt Diézen: Kéo bởi động cơ diézen thường cấu tạo cực lồi.

+ Động cơ điện đồng bộ: Thường được chế tạo cực lồi, để kéo các tải không đũi hỏi phải thay đổi tốc độ.

+ Máy bù đồng bộ: Để cải thiện hệ số cosφ của lưới.

b. Kết cấu

α. Kết cấu của máy đồng bộ cực ẩn:

- Rotor làm bằng thép hợp kim chất lượng cao được rèn thành khối trục, gia cụng phay rónh để đặt dây quấn kích từ, phần không phay rónh hỡnh thành mặt cực từ. Mỏy cú thể được chế tạo với số cực từ 2p = 2 và 2p = 4 nên có tốc độ quay cao. Máy đồng bộ hiện đại cực ẩn thường 2p = 2, D = 1,11 ÷ 15 m ; l_{max} = 6,5 m tối đa roto.

-Dây quấn kích từ đặt trong rãnh của roto được chế tạo dây đồng trần tiết diện chữ nhật quấn theo chiều mỏng thành các bối dây đồng tâm. Các vòng dây được cách điện với nhau. Hai đầu của dây quấn đi luồn vào trong trục nối với hai vành trượt và chổi than.

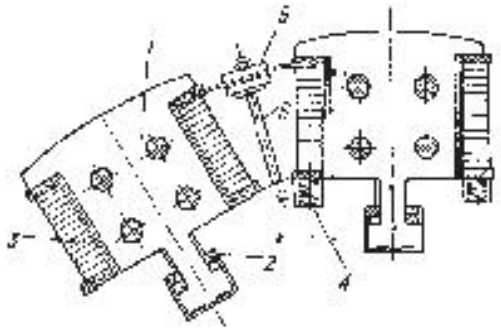
- Stator tương tự như của máy điện không đồng bộ, lõi thép được ép bằng tôn silic 741 dày 0,5 mm có phủ sơn cách điện 2 mặt, dọc theo lõi thép stator từ 3...6 cm có rãnh thông gió ngang trục rộng 10 mm.

β. Kết cấu của máy đồng bộ cực lồi:

Các cực lồi được chế tạo với số cực 2p ≥ 4. Đường kính rôto D cú thể lớn tới 15 m. Chiều dài l nhỏ lại với tỉ lệ l/D = 0,15 đến 0,2.

- Rotor của máy điện đồng bộ cực lồi công suất nhỏ và trung bình có lõi thép được chế tạo bằng thép đúc và gia công thành khối lăng trụ hoặc khối hình trụ tròn có đặt các cực từ.

Cực từ trên lõi thép rotor được ghép bằng các lá thép dày 1 ÷1,5 mm *(hình 4.1)*, cố định cực từ trên lõi thép nhờ đuôi hình T, ốc. v....v...



Hỡnh 4.1 Cố định cực từ liên tiếp trên lừi thộp

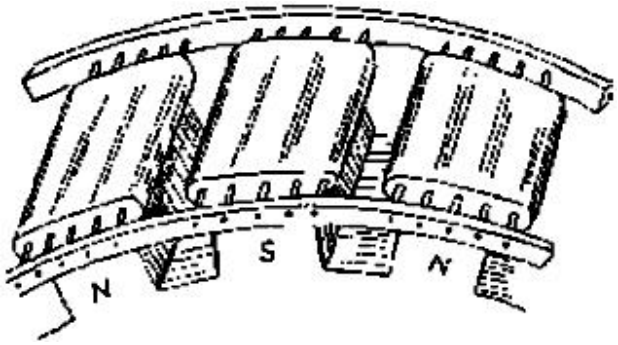
Dây quấn kích từ được chế tạo từ dây đồng trần tiết diện chữ nhật, các cuộn dây sau khi gia công được lồng vào các thân cực.

- Dây quấn cản (trường hợp máy phát điện đồng bộ) hoặc dây quấn mở máy (trường hợp động cơ điện đồng bộ) được đặt trên các đầu cực. Được làm bằng các thanh đồng hoặc nhôm, hai đầu cực được nối bằng hai vòng ngắn mạch. Dây quấn mở máy có điện trở lớn hơn dây quấn cản. Dây quấn cản mục đích để cản dịu sự dao động của rotor khi có quá trình quá độ và làm bớt sự không đối xứng của các chế độ làm việc. Dây quấn kích từ được chế tạo từ dây đồng trần tiết diện chữ nhật, các cuộn dây sau khi gia công được lồng vào các thân cực.

- Dây quấn cản (trường hợp máy phát điện đồng bộ) hoặc dây quấn mở máy (trường hợp động cơ điện đồng bộ) được đặt trên các đầu cực. Được làm bằng các thanh đồng hoặc nhôm, hai đầu cực được nối bằng hai vòng ngắn mạch. Dây quấn mở máy có điện trở lớn hơn dây quấn cản.

Dây quấn cản mục đích để cản dịu sự dao động của rotor khi có quá trình quá độ và làm bớt sự không đối xứng của các chế độ làm việc.

- Stator của máy điện đồng bộ cực lồi giống như stator của máy điện cực ẩn

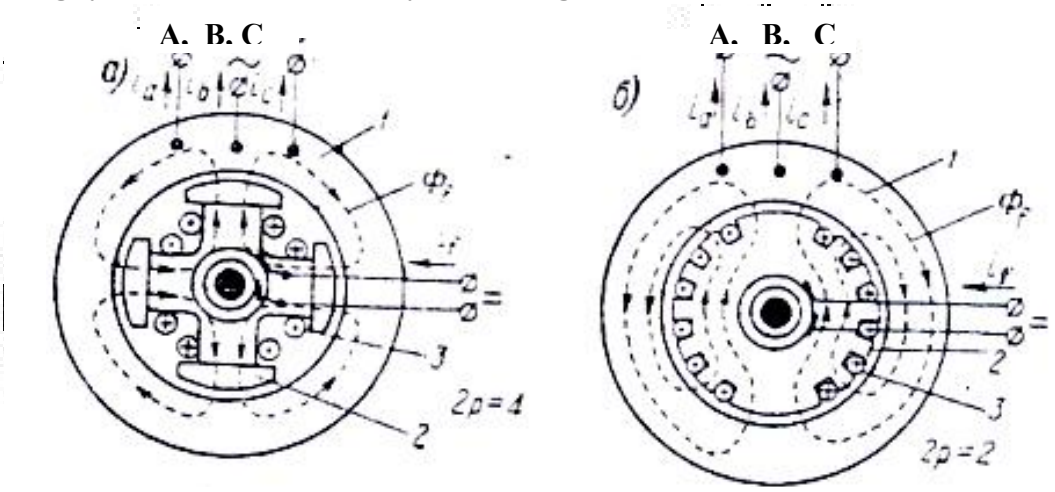


Hình 4.2 Dây quấn cản hoặc dây quấn mở máy của máy điện không đồng bộ

- Trục của máy đồng bộ cực lồi có thể đặt nằm ngang như các động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ, máy phát điện Diézen, máy phát tuốc bin nước công suất nhỏ.

Đối với máy phát tuốc bin nước công suất lớn, tốc độ chậm, trục của máy được đặt thẳng đứng.

4.2.2 Nguyên lí làm việc của máy điện đồng bộ



a. Cực lồi 2p = 4 ***b. Cực ẩn 2p = 2***

Hình 4.3 1.Stato (phần ứng), 2. Rotor (phần cảm), 3. Cuộn kích từ

Stator của máy điện đồng bộ có cấu tạo giống như stator của máy điện không đồng bộ. Dây quấn ba pha hay m pha nói chung của stator cũng có số đôi cực như rotor. Stator có dây quấn gọi là phần ứng. Rotor của máy điện đồng bộ có cuộn dây kích từ, được cung cấp dòng điện một chiều từ nguồn qua 2 vòng tiếp xúc và chổi than. Công dụng của cuộn kích từ là tạo ra trong máy một từ trường sơ cấp. Rotor cùng cuộn kích từ gọi là phần cảm ứng.
Nguyên làm việc như sau:

Cho dòng điện kích từ một chiều vào dây quấn kích từ trên rotor thì sẽ tạo ra từ trường rotor. Khi quay rotor bằng động cơ sơ cấp, từ trường của rotor sẽ cắt dây quấn phần ứng stator và cảm ứng sức điện động xoay chiều hình sin, có trị số hiệu dụng là:

$$E_0 = 4{,}44.f.w_1.k_{dq}.\Phi_0$$

Trong đó:
E_0, w_1, k_{dq}, Φ_0 là s.đ.đ pha, số vòng dây một pha, hệ số dây quấn, từ thông cực từ rotor.
Nếu rotor cú p đôi cực thì tần số của s.đ.đ sẽ là:

$$f_1 = p.n \text{ Hz, n tính bằng vòng/giây}$$

$$f_1 = \frac{p.n}{60} \text{ Hz, n tính bằng vòng/phút.}$$

Sức điện động stator gồm một hệ thống sức điện động 3 pha đối xứng, có các trục lệch nhau trong không gian 120^0 điện, cho nên s.đ.đ các pha lệch nhau 120^0. Khi nối dây quấn stator với các tải đối xứng thì trong các cuộn dây này sẽ mang 1 hệ thống dòng điện đối xứng lúc đó máy sẽ làm việc ở chế độ máy phát. Khi có tải dây quấn stator sẽ tạo nên theo đặc tính của nó 1 từ trường quay cùng như dây quấn của stator của máy điện không đồng bộ. Từ trường quay của stator sẽ quay theo chiều quay của rotor với tốc độ:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}$$

thế f_1 vào công thức trên ta có : $n = n_1$

Nghĩa là tốc độ quay của rotor bằng tốc độ từ trường quay. Chính vì vậy được gọi là máy điện đồng bộ.

Máy điện đồng bộ có thể làm việc như 1 động cơ, nếu mắc vào cuộn dây stator của nó một dòng 3 pha của lưới. Lúc này rotor quay theo chiều và với tốc độ như chính của trường stator.

4.3 Phản ứng phần ứng trong máy điện đồng bộ

4.3.1 Định nghĩa:

Từ trường trong máy điện đồng bộ là do dòng điện trong các dây quấn stator và rotor sinh ra. Khi máy điện làm việc không tải, trong dây quấn xoay chiều ở stator không có dòng điện (I = 0) từ trường trong máy điện chỉ do dòng điện một chiều I_t chạy trong dây quấn kích từ đặt trên các cực từ sinh ra. Nếu rotor quay, từ trường của các cực từ này quột các dây quấn của stator và cảm ứng trong đó sức điện động không tải E_0 của máy

Khi máy làm việc có tải ($I \neq 0$) thì ngoài từ trường của cực từ còn có từ trường của dòng điện tải I sinh ra. Khi có tải từ trường trong máy là tổng cộng hai từ trường;

- Từ trường do dây quấn kích từ sinh ra, tạo ra sức điện động E_0
- Từ trường do dòng điện phụ tải I đi qua dây quấn phần ứng gây nên gọi là từ trường phần ứng tạo ra sức điện động $E_{ư}$. Nếu là máy ba pha thì từ trường do dòng điện tải ba pha chạy trong dây quấn ba pha sinh ra từ trường quay. Từ trường này có thể phân tích thành từ trường cơ bản và các từ trường bậc cao có chiều quay và tốc độ khác nhau. Trong số các từ trường này, có từ trường cơ bản là quan trọng nhất vì có tốc độ và chiều quay giống từ trường các cực từ. Sức điện động do từ trường trong khe hở sinh ra:

$$E_\delta = E_0 + E_{ư}$$

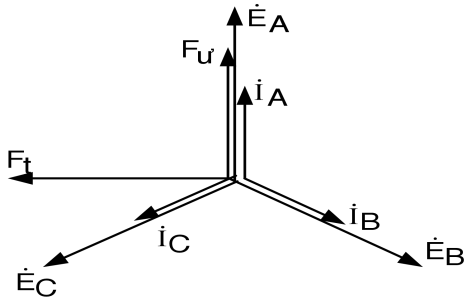
Tác dụng của từ trường cơ bản (từ trường phần ứng) với từ trường cực từ (từ trường phần cảm) gọi là phản ứng phần ứng.

Phản ứng phần ứng: Khi máy phát điện làm việc, từ trường của cực từ rotor F_0 cắt dây quấn stator cảm ứng ra sức điện động E_0 chậm pha so với Φ_0 một gúc 90^0. Dõy quấn stator nối với tải tạo nờn dũng điện I cung cấp cho tải. Dũng điện I trong dây quấn stator tạo nên từ trường quay phần ứng. Góc lệch pha giữa E_0 và I do tính chất của tải quyết định, tác dụng của từ trường phần ứng lên từ trường cực từ gọi là phản ứng phần ứng.

4.3.2.Tải thuần trở R.

Khi tải là đối xứng và thuần trở thì dòng điện ba pha trong dây quấn stator sẽ trùng pha với các sức điện động tương ứng ($\psi = 0$) như *Hình 4.4.*

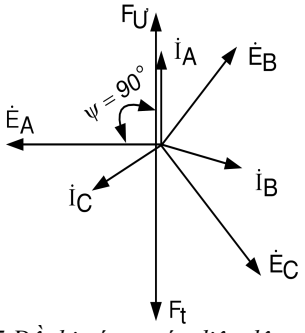
Dòng điện sinh ra từ thông phần ứng cùng pha với dòng điện. Phương của $F_{ư}$ thẳng góc với phương của F_t và phản ứng ngang trục (làm méo từ trường của cực từ).



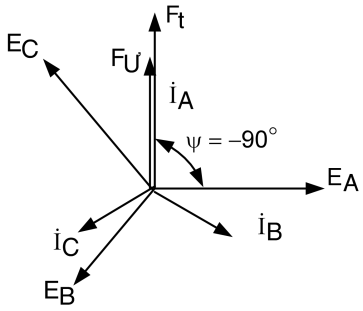
Hình 4.4 Đồ thị vécto sức điện động ở tải thuần trở $\psi = 0$

4.3.3.Tải thuần cảm L.

Sức điện động E vượt trước dòng điện I một góc $\psi = +90^0$ như *hình 4.5* ta thấy F_{ur} và F_t cùng phương nhưng ngược chiều và phản ứng phần ứng dọc trục khử từ, có tác dụng làm giảm từ trường tổng.



Hình 4.5 Đồ thị véc tơ sức điện động ở tải thuần trở $\psi = +90^0$



Hình 4.6 Đồ thị véc tơ sức điện động ở tải thuần dung $\psi = -90^0$

4.3.4.Tải là thuần dung C

Sức điện động E chậm sau I một góc 90^0 nghĩa là $\psi = -90^0$ chiều của F_{ur} trùng với chiều F_t, phản ứng phần ứng dọc trục từ có tác dụng làm tăng từ trường tổng.

4.3.5.Tải hỗn hợp

Tách F_{ur} ra làm hai thành phần dọc trục và ngang trục.

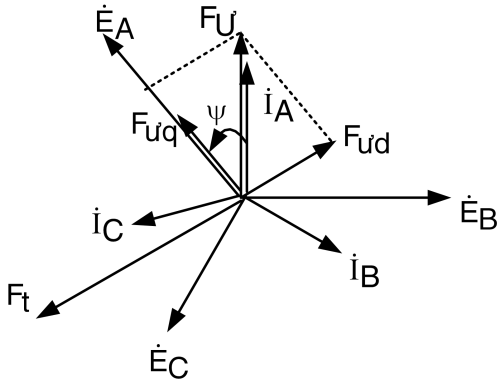
$$F_{ưd} = F_{ư} \sin\psi$$

$$F_{ưq} = F_{ư} \cos\psi$$

Tương tự ta phân tích dòng điện I làm hai thành phần.

$$I_d = I.\sin\psi$$

$$I_q = I.\cos\psi$$



Hình 4.7 Đồ thị véc tơ sức điện động ở tải hỗn hợp (0 << 90^0).

Khi tải có tính cảm $0 < \psi < 90°$ phản ứng phần ứng ngang trục khử từ

Khi tải có tính dung $0 < \psi < -90°$ phản ứng phần ứng là ngang trục trợ từ.

4.4 Các đường đặc tính

4.4.1. Đặc tính ngoài (đặc tính có tải) của máy phát điện đồng bộ:

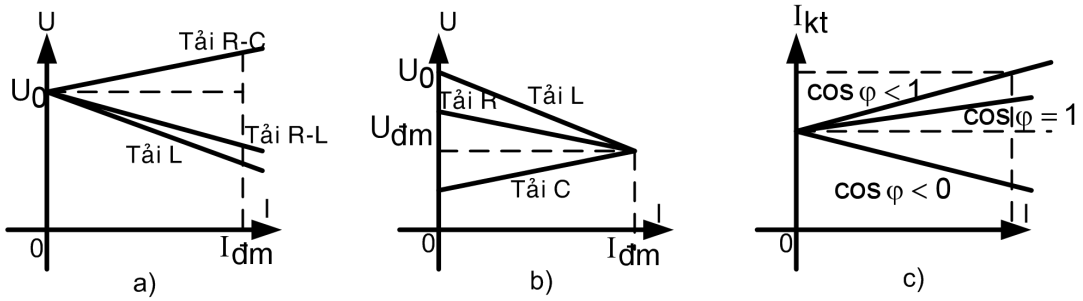
Đặc tính ngoài của máy phát là quan hệ điện áp U trên cực máy phát và dũng điện tải I khi tính chất tải không đổi ($\cos\varphi_t = \text{const}$), tần số và dòng điện kích từ máy phát không đổi. Từ phương trình điện áp:

$$\dot{U} = E_0 - j\dot{I}_d X_d - j\dot{I}_q . X_q$$

Ta vẽ đồ thị véctơ ứng với loại tải khác nhau. Ta thấy khi tải tăng, đối với tải cảm và trở điện áp giảm (tải cảm điện áp giảm nhiều hơn), đối với tải dung điện áp tăng. Bằng đồ thị, ta thấy rằng, điện áp máy phát phụ thuộc vào dũng điện và đặc tính của tải.

Hình 4.8a vẽ đặc tính ngoài của máy phát khi Φ

$I_{kt} = const\ (E_0 = const)$ và $\cos\varphi_t$ không đổi



Hình 4.8 Các dạng đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ

ứng với các tải khác nhau. Khi tất cả có tính chất cảm phản ứng phần ứng dọc trục khử từ làm từ thông tổng giảm do đó đặc tính ngoài dốc hơn tải điện trở. Để giữ điện áp U bằng định mức, phải thay đổi E_0 bằng cách điều chỉnh kích từ sao cho $I = I_{đm}$ có Φ Ω vẽ trên hình *4.8b.*

Độ biến thiên điện áp đầu cực của máy phát khi làm việc định mức so với không tải xác định như sau:

$$\Delta U\% = \frac{U_0 - U_{đm}}{U_{đm}} 100\% = \frac{E_0 - U_{đm}}{U_{đm}} 100\%$$

Độ biến htiên điện áp $\Delta U\%$ của máy có thể đạt đến vài chục phần trăm và điện kháng đồng bộ $x_{đb}$ khá lớn.

4.4.2. Đặc tính điều chỉnh

Đường đặc tính điều chỉnh là quan hệ giữa dòng điện kích từ và dòng điện tải khi điên áp U không đổi bằng định mức. *Hình 4.8c* vẽ đường đặc tính điều chỉnh của máy phát đồng bộ với các hệ số công suất khác nhau.

Phần lớn các máy phát điện đồng bộ có bộ tự động điều chỉnh dòng kích từ giữ cho điện áp không đổi.

4.4.2.1.Điều chỉnh công suất tác dụng P của máy phát điện đồng bộ.

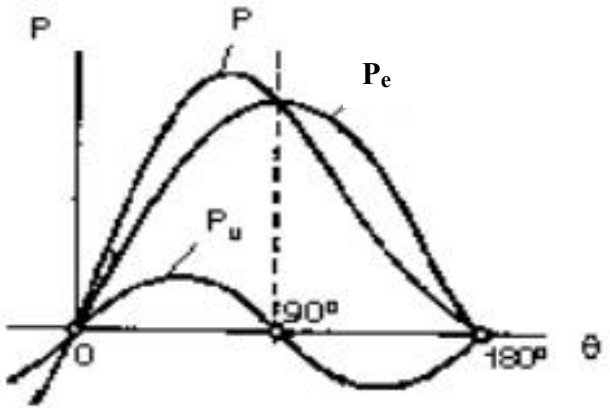
a) Trường hợp máy phát điện làm việc trong hệ thống điện công suất vô cùng lớn

Ở trường hợp này U và f là không đổi nên nếu giữ dũng điện kích thích i_t không đổi thỡ E là hằng số theo biểu thức:

$$P = mU\frac{E_0}{x_d}\sin\theta + \frac{mU^2}{2}\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right) \quad (1)$$

P là hằng số của góc và đường biểu diễn của nó có dạng như đã biết trên hình *4.9.*

Hỡnh 4.9 Đặc tính góc công suất tác dụng của máy phát không đồng bộ cực lồi



Ở chế độ làm việc xác lập công suất tác dụng P của máy ứng với góc θ nhất định phải cân bằng với công suất cơ trên trục làm quay máy phát điện. Đường biểu diễn công suất cơ

$$\cos\theta_m = \frac{\sqrt{A^2 + 8B^2} - A}{4B}$$

của động cơ sơ cấp được biểu thị bằng đường thẳng song song với trục ngang và cắt đặc tính góc ở điểm A trên *hình 4.10.* Như vậy muốn điều chỉnh công suất tác dụng P của máy phát thì phải thay đổi góc θ, nghĩa là dịch chuyển giao điểm A bằng các thay đổi công suất cơ trên trục máy. Công suất tác dụng cực đại P_m mà máy phát điện có thể cung cấp cho hệ thống điện ứng với khi dP/dθ = 0. Áp dụng điều kiện đó đối với biểu thức:

$$P* = \frac{E*U*}{x_{d*}}\sin\theta + \frac{U^2}{2}\left(\frac{1}{x_{q*}} - \frac{1}{x_{d*}}\right)\sin 2\theta \qquad (2)$$

của máy phát đồng bộ cực ẩn suy ra: $\theta_m = 90^0$ và: $P_m = \frac{mEU}{X_d}$

Đối với máy cực lồi:

Từ $I_d = \frac{E_0 - U\cos\theta}{x_d}$; $I_q = \frac{U\sin\theta}{x_q}$

có thể suy ra được góc q_m xác định bởi:

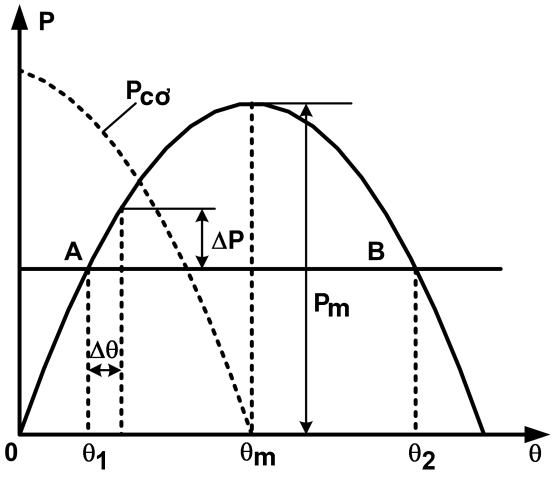
Trong đó: $A = mU\frac{E_0}{x_d}$ $B = \frac{mU^2}{2}\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right)$,

và $P_m = mU\frac{E_0}{x_d}\sin\theta_m + \frac{mU^2}{2}\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right)\sin 2\theta_m$

Khi điều chỉnh công suất tác dụng cần chú rằng máy phát điện đồng bộ chỉ làm việc ổn định tĩnh khi $0 < \theta < \theta_m$. Để thấy rõ điều đó,giả thiết rằng máy đang làm việc ở giao điểm A ứng với $\theta_1 < \theta_m$. Nếu do một nguyên nhân nào đó công suất cơ $P_{cơ}$ của động cơ sơ cấp tăng lên trong một thời gian ngắn, sau đó lại trở về trị số ban đầu thì rotor của máy phát điện sẽ qua nhanh hơn. Như vậy góc θ sẽ tăng thêm + Δθ và tương ứng công suất P sẽ tăng thêm ΔP.

Và lúc đó công suất cơ $P_{cơ}$ đó trở về trị số ban đầu nên $P + \Delta P > P_{cơ}$, kết quả máy phát điện trở lại làm việc ở góc θ ban đầu sau vài chu kỳ dao động.

Trái lại nếu máy phát điện làm việc xác lập ở $\theta_2 > \theta_m$, ví dụ ở điểm B trên *hình 4.10* thì khi công suất cơ thay đổi như trên, góc tăng thêm Δθ sẽ làm cho P của máy phát điện giảm, như vậy $P < P_{cơ}$, kết qủa là rotor quay nhanh hơn, góc θ càng tăng và máy phát điện sẽ mất đồng bộ với lưới điện.



Hình 4.10 Công suất tác dụng và công suất chỉnh bộ của máy phát điện đồng bộ cực lồi

Từ những điều nói trên ta thấy rằng, khi điều chỉnh công suất tác dụng mà muốn giữ cho máy phát điện làm việc ổn định thì phải có điều kiện sau: $\frac{dP}{d\theta} > 0$ Trong đó: $\frac{dP}{d\theta}$ được gọi là công suất chỉnh bộ đặc trưng cho khả năng giữ cho máy làm việc đồng bộ trong lưới điện và được ký hiệu bằng P_{cb}.

Từcác biểu thức (1), (2) suy ra được hệ số công suất chỉnh bộ đối với máy cực lồi:

$$P_{cb} = \frac{mEU}{X_d}\cos\theta + mU^2\left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d}\right)\cos 2\theta$$

Và đối với máy cực ẩn: $P_{cb} = \frac{mEU}{X_d}\cos\theta$

Đường biểu diễn của công suất chỉnh bộ như trên *hình4.10.* Ta thấy khi khụng tải ($\theta = 0$), khả năng chỉnh bộ tức khả năng của ΔP giữa công suất cơ đưa vào máy và công suất tác dụng đưa ra lưới điện ứng với sự thay đổi $\Delta\theta$ làm cho máy phát vẫn duy trì làm việc đồng bộ với lưới điện là lớn nhất, còn khi $\theta = \theta_m$ thì khả năng chỉnh bộ bằng 0.

Trên thực tế vận hành để đề phòng trường hợp U hoặc E giảm hoặc những nguyên nhân khác làm cho công suất P đưa ra lưới điện giảm theo nhưng vẫn duy trỡ đồng bộ, máy phát điện thường làm việc với công suất định mức $P_{đ\ m}$ ứng với $\theta < 30^\circ$. Như vậy khả năng quá tải của máy phát điện đồng bộ được xác định tỉ số:

$k_m = \frac{P_m}{P_{đm}}$ gọi là hệ số năng lực quá tải. Đối với máy cực ẩn $K_m = \frac{1}{\sin\theta_{đm}}$

Theo qui định thì cần đảm bảo k_m > 1,7 và muốn như vậy thì máy phải có tỉ số ngắn mạch K lớn, nghĩa là x_d phải nhỏ (hoặc khe hở lớn).

Cần chú ý rằng khi điều chỉnh công suất tác dụng P, do θ thay đổi nên công suất phản kháng cũng thay đổi theo.

b. Trường hợp máy phát điện công suất tương tự làm việc song song.

Giả sử có hai máy phát điện công suất bằng nhau làm việc song song. Ở trường hợp này, trong điều kiện tải của lưới điện không đổi, khi tăng công tác dụng của một máy mà không giảm tương ứng công suất tác dụng của máy kia thì tần số của lưới điện sẽ thay đổi cho đến khi có sự cân bằng mới và khiến cho hộ dùng điện phải làm việc trong điều kiện tần số khác định mức. Vì vậy, để giữ cho f = const khi tăng công suất tác dụng của một máy thì phải giảm công suất tác dụng của máy kia. Chính cũng bằng cách đó mà có thể thay đổi sự phân phối công suất tác dụng giữa hai máy.

4.4.2.2. Điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.

Ta hãy xét việc điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ làm việc trong lưới điện vô cùng lớn (U, f = const) khi công suất tác dụng của máy được giữ không đổi.

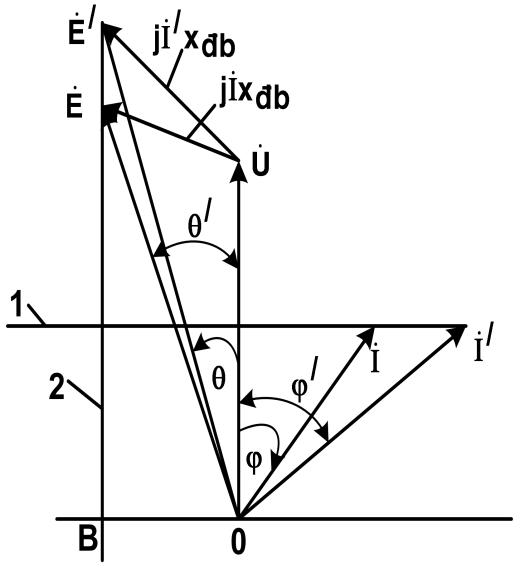
Giả sử máy có cực ẩn và để đơn giản, bỏ qua tổn hao trên dây quấn phần ứng (r_u=0). Trong trường hợp đó, đồ thị vectơ sức điện động có dạng như trên *hình (4.11).*
suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.

Vì P= mUIcosφ ≡ OA là không đổi, và với điều kiện U= const nên khi thay đổi Q, mút của vectơ I luôn nằm trên đường thẳng 1, thẳng góc với U. Với mỗi trị số của I sẽ cú một trị số của cosφ và vẽ đồ thị véctơ sức điện động tương ứng sẽ xác định được độ lớn của véc tơ E, từ đó suy ra được dũng điện khích thích i_t cần thiết để sinh ra E cũng cần chú ý rằng

$$P = mEU\sin\frac{\theta}{X_d} \approx P_1 = const$$

Trong đó U, x_d không đổi nên và mút của vectơ E luôn nằm trên đường thẳng 2 thẳng góc với OB.

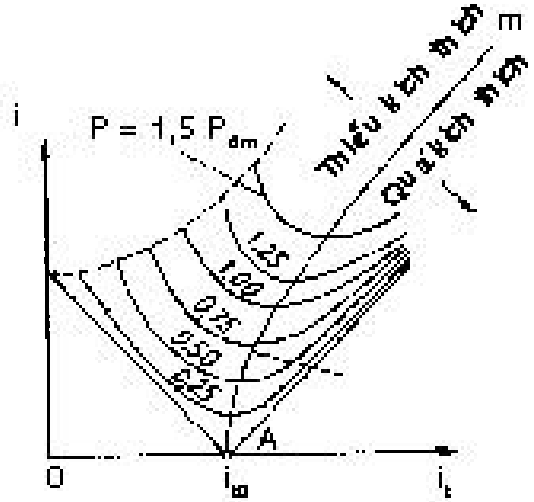
Kết quả phõn tớch cho thấy rằng, muốn điều chỉnh công suất phản kháng Q thỡ phải thay đổi dũng điện khích thích i_t của máy phát điện.



Hình 4.11 Điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ.

Với mỗi trị số của P = const, thay đổi Q và vẽ đồ thị vectơ sức điện động như trên ta xác định được quan hệ gọi là đặc tính hõnh V của mỏy phỏt điện đồng bộ. Thay đổi các trị số của P với phương pháp trên sẽ thành lập được một họ các đặc tính hõnh V như trên *hõnh 4.12.* Trờn hõnh, đường Am đi qua các điểm cực tiểu của họ đặc tính hõnh V tương ứng với khi cosφ =1. Khu vực bên phải của đường Am ứng với tải có tính cảm φ >0 và chế độ làm việc quá kích thích của máy phát điện khu vực ở bên trái của đường đó ứng với tải có tính dung (φ <0) và chế độ làm việc thiếu kích thích của máy. Đường Bn ứng với giới hạn àm việc ổn định với lưới khi máy phát điện làm việc ở chế độ thiếu kớch thớch.

Ở trên ta xét đối với máy phát điện cực ẩn, nhưng tất cả những phân tích đo đều áp dụng được cho máy phát điện cực lồi.



Hình 4.12 Họ Các đặc tính hình V của máy điện đồng bộ

Trong trường hợp công suất của lưới điện nhỏ (thí dụ chỉ có hai máy phát điện công suất bằng nhau làm việc song song), nếu tăng dũng điện kích thích i_t của một mỏy mà vẫn giữ dũng điện kích thích của máy thứ hai không đổi, thì do công suất phản kháng của máy một tăng, tổng công suất phản kháng sẽ tăng làm thay đổi điện áp U của lưới điện, ảnh hưởng đến trạng thái làm việc bõnh thường

của hộ dùng điện. Như vật để duy trỡ trạng thỏi làm việc bỡnh thường của lưới điện với U = const, khi tăng dũng điện kích thích của một máy thỡ phải giảm tương ứng dòng điện kích thích của máy thứ hai. Bằng phương đó sẽ thực hiện được sự phân phối lại công suất phản kháng Q giữa hai máy phát điện.

Thí dụ:

Hai máy phát điện giống nhau làm việc song song có điện trở phần ứng $r_{ư} = 2.18\ \Omega$, điện kháng đồng bộ $x_{đb} = 62\ \Omega$ cùng cung cấp điện cho một tải là 1830 kW với cos = 0,83 (chậm sau). Điện áp đầu cực của tải là 13800 V. Điều chỉnh kích từ của hai máy sau cho một máy có dòng điện phản kháng là 40 A. Tính:

a) Dòng điện của mỗi máy phát điện.

b) Sức điện động E của mỗi máy và góc pha giữa các sức điện động đó.

Giải.

Dòng điện tại có trị số:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U\cos\varphi} = \frac{1380x10^3}{\sqrt{3}x13800.0,83} = 92,3A$$

chậm sau điện áp góc và biểu thị dưới dạng phức số như sau:

Vì công suất tác dụng phân phối đều cho hai máy nên dòng điện tác dụng của mỗi máy là, hơn nữa dòng điện phản kháng của máy A là 40 A, do đó:

$$I_A = 38,4\text{-}j40 \text{ và } \quad I_B = I - I_A = 38,4 - j11,4 \text{ A}$$

ứng dụng biểu thức (3-4) ta có:

$$E_A = U + I_A(r_ư + jx_{đb}) = E_A\angle\theta_A = \frac{13800}{\sqrt{3}} + (38,4 - j40)(2,18 + j62) = 10720\angle 12,22^\circ \text{ V}$$

Cũng như vậy: $E_B = U + I_B(r_ư + j.x_{đb}) = E_B\angle\theta_B = 9030\angle 15.1^\circ$ V

Góc lệch pha giữa hai s.đ.đ đó: $\theta_A - \theta_B = 15,1^\circ - 12,22^\circ = 2,88^\circ$

4.5. Máy phát điện đồng bộ làm việc song song

4.5.1. Điều kiện làm việc song song

Khi ghép một máy phát điện đồng bộ làm việc song song trong hệ thống điện lực với một máy phát điện đồng bộ khác, để tránh dòng điện xung và các $M_{đt}$ cú trị số rất lớn có thể gây ra sự cố hỏng máy và các thiết bị khác trong hệ thống thì phải đảm bảo các điều kiện sau:

- Điện áp của máy phát phải trùng pha với điện áp của lưới (cực tính của máy phát phải cần ghép song song phải giống cực tính của lưới): $U_F = U_L$
- Tần sốcác hệ thống ghép vào nhau phải bằng nhau (quay cùng tốc độ n): $f_F = f_L$
- Đối với máy phát điện ba pha cần thêm điều kiện thứ 3: Cùng thứ tự pha.

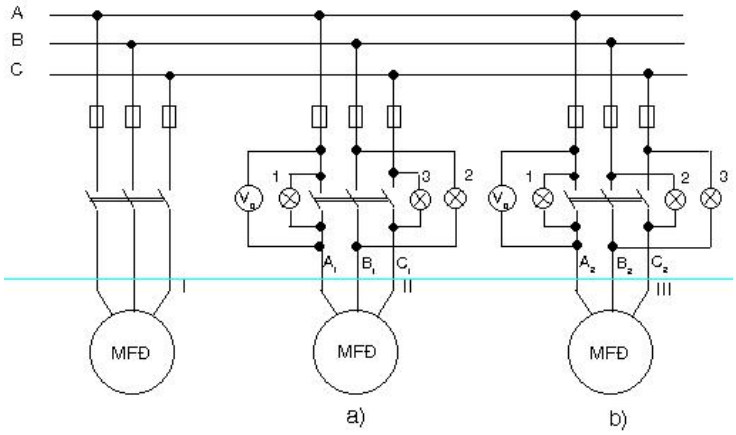
Khi ghép song song việc điều chỉnh điện áp U_F của máy phát điện được thực hiện bằng cách thay đổi dòng điện kích thích của máy. Tần số f_F của máy được điều chỉnh bằng cách thay đổi momen hoặc tốc độ quay của động cơ sơ cấp kéo máy phát. Sự trùng pha giữa điện áp của máy phát điện và của lưới điện kiểm tra bằng đèn, vôn mét chỉ không hoặc dụng cụ đo đồng bộ. Thứ tự pha của máy phát điện đồng bộ thường chỉ được kiểm tra một lần sau khi lắp ráp máy và hoà đồng bộ với lưới điện lần đầu.

Việc ghép song song các máy phát điện vào hệ thống điện theo các điều kiện trên gọi là hoà đồng bộ chính xác máy phát điện. Trong một số trường hợp cóthể dùng phương pháp hoà đồng bộ không chính xác nghĩa là không phải so sánh tần số, trị số góc pha và các điện áp của máy phát điện cần được ghép song song và của lưới điện, phương pháp này gọi là phương pháp tự đồng bộ.

4.5.2. Các phương pháp hoà đồng bộ chính xác:

Dùng bộ hoà đồng bộ kiểu ánh sáng đèn bộ hoà đồng bộ kiểu điện từ (cột đồng bộ).

a. Hoà đồng bộ kiểu ánh sáng

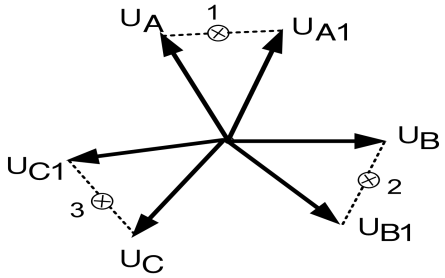


Hình 4.13 Hoà đồng bộ máy phát điện 3 pha bằng ánh sáng

Ta có thể hoà đồng bộ kiểu ánh sáng bằng hai phương pháp: phương pháp đèn tối (máy phát điện II) và phương pháp ánh sáng quay (máy phát điện III).

α. Phương pháp đèn tối:

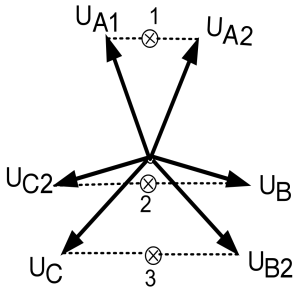
Sơ đồ hoà đồng bộ bằng phương pháp đèn tối được thể hiện trên hì*nh 4.13a* và *hình 4.14.* Quay máy phát hai đến $n = n_1$. Điều chỉnh cho $U_{FII} = U_L$ khi U_{FII} phải cùng pha và thứ tự pha với U_L thì không có điện áp đặt trên các đèn nên các đèn sẽ tối. Nếu tần số máy phát và lưới không bằng nhau thì các vectơ điện áp lưới và máy phát sẽ quay với các tốc độ góc khác nhau, góc lệch pha a giữa chúng sẽ thay đổi từ 0 đến 180^0, điện áp đặt lên các đèn sẽ thay đổi từ 0 đến hai lần điện áp pha và đèn sẽ lần lượt sáng tối, sự sai khác về điện áp giữa máy phát và lưới càng lớn thì các đèn sáng tối càng nhanh: Khi $f_{FII} \neq f_L$ thì đèn nhấp nháy rất nhanh khi $f_{FII} \approx f_L$ thì đèn sáng tối rất chậm. Khi đèn tối tương đối lâu (khoảng 3 đến 5 giây) thì người ta đóng máy phát điện vào lưới. Để đóng máy chính xác hơn người ta mắc thêm 1 vônmét chỉ không (có điểm không ở giữa thang đo).



Hình 4.14 Đồ thị véc tơ điện áp pha của lưới và máy phát nối theo phương pháp đèn tối

β. Phương pháp ánh sáng đèn quay:

Ta nối 3 đèn ở 3 vị trí: (A - A_2), (B - C_2), (C-B_2) *(hình 4.13b)*đồ thị véc tơ điện áp như *hình 4.15*. Nếu ở vị trí như hình 4.15 thì đèn 1 tối mờ, đèn 2 sáng nhiều, đèn 3 sáng vừa. Ở vị trí A º A_2 thì đèn 1 tắt đèn 2 và 3 sáng bằng nhau kết hợp với vônmét chỉ không có thể đóng máy hoà đồng bộ.



Hỡnh 4.15 Đố thị véc tơ điện áp pha của lưới và máy phát nối theo phương pháp ánh sáng đèn quay.

Nếu $n^{/} > n$ thì đèn 1 sáng dần lên, đèn 2 sáng nhiều lên và đèn 3 sáng yếu đi.

Vậy nếu: $n^{/} > n$ ánh sáng quay từ 1-2-3

$n^{/} > n$ ánh sáng quay từ 1-3-2

$n^{/} = n$ đèn 1 tắt.

Do đó nhìn chiều quay của đèn có thể biết được cần phải tăng hay giảm tốc độ của máy phát sắp ghép với lưới để đến gần vận tốc đồng bộ.

Chú ý:

Nếu ta nối dây theo sơ đồ đèn tối mà kết quả đèn quay hay ngược lại khi nối theo đèn quay mà đèn cùng sáng, cùng tối thì chứng tỏ thứ tự pha m nối sai. Lúc này cần đổi thứ tự nối hai trong ba pha của máy phát với mạng điện là được.

b. Hoà đồng bộ kiểu điện từ (dùng cột đồng bộ).

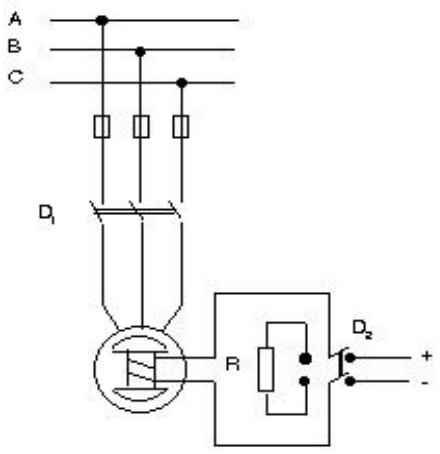
Cột đồng bộ dùng ba đồng hồ để kiểm tra điều kiện hoà đồng bộ:

- Hai vôn mét để kiểm tra điện áp U_L và U_F
- Hai hécmét để kiểm tra tần số f_L và f_F hoặc một tần số kế kộp có 2 phiến rung để chỉ đồng thời tần số f_F và f_L.
- Một đồng bộ kế tác động theo sự khác nhau giữa f_L và f_F định hoà đồng bộ. Khi $f_L = f_F$ và kim quay chậm ($f_L \approx f_F$) thì thời điểm đóng cầu dao là lúc kim trùng với đường thẳng đứng và hướng lên trên.

4.5.3. Phương pháp tự đồng bộ

Thường chỉ sử dụng với các máy phát điện công suất nhỏ, có thể đóng vào lưới theo phương pháp tự đồng bộ sau: Nối mạch kích từ qua một điện trở để tránh dòng điện cảm ứng ở dây quấn rotor lớn, cầu dao D_2 đóng về phía điện trở.

Quay rotor đến gần tốc độ đồng bộ, đóng D_1 để nối máy phát vào lưới điện khi chưa có kích từ cuối cùng đóng dây quấn kích từ vào nguồn kích từ, máy sẽ làm việc đồng bộ. Tuyệt đối không được đóng stator của máy phát điện vào lưới theo phương pháp tự đồng bộ khi mạch kích từ hở mạch vì lúc ấy trong cuộn dây kích từ sẽ cảm ứng ra một s.đ.đ lớn có thể làm hỏng cách điện.Phương pháp tự đồng bộ cho phép hoà



Hỡnh 4.16 Phương pháp tự đồng bộ

đồng bộ nhanh chóng khi cần xử lý khẩn cấp. Tuy nhiên khuyết điểm là dòng điện đóng cầu dao khá lớn.

Câu hỏi:

1) Phân tích hậu quả xảy ra đối với máy phát điện khi hũa đồng bộ mà không thỏa mãn từng điều kiện ghép song song với lưới điện.
2) Vì sao khi ghép song song máy phát điện vào lưới điện bằng phương pháp tự đồng bộ, dây quấn kích thích phải được nối tắt qua điện trở triệt từ?
3) Ổn định tĩnh là gì? Về mặt này máy điện cực lồi và cực ẩn khác nhau ở chổ nào?

4.6 Động cơ và máy bù đồng bộ.

4.6.1 Động cơ điện đồng bộ.

4.6.1.1 Khái quát về động cơ điện đồng bộ.

Các động cơ điện xoay chiều dùng nhiều trong sản xuất thường là những động cơ điện không đồng bộ, vìloại động cơ điện này có nhũng đặc điểm như cấu tạo đơn giản, làm việc chắc chắn, bảo quản dễ dàng và giá thành hạ. Tuy nhiên các động cơ điện đồng bộ do có những ưu điểm nhất định nên trong thời gian gần đây đó được sử dụng rộng rãi hơn và có thể so sánh được với động cơ không đồng bộ trong lĩnh vực truyền động điện.

Về ưu điểm, trước hết phải nói là động cơ điện đồng bộ do được kích thích bằng dòng điện một chiều nên cú thể làm việc với cosφ = 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 và tổn hao công suất trên đường dây. Ngoài ưu điểm chính đó, động cơ điện đồng bộ cũng ít chịu ảnh huởng đối với sự thay đổi điện áp của lưới điện do mômen của động cơ điện đồng bộ chỉ tỉ lệ với U trong khi mô men của động cơ không đồng bộ tỉ lệ với U^2. Vì vậy khi điện áp của lưới sụt thấp do sự cố, khả năng giữ tải của động cơ điện đồng bộ lớn hơn; trong trường hợp đó nếu tăng kích thích, động cơ điện đồng bộ có thể làm việc an toàn và cải thiện được điều kiện làm việc của cả lưới điện. Cũng phải nói thêm rằng, hiệu suất động cơ điện đồng bộ thường cao hơn hiệu suất của động cơ không đồng bộ vỡ động cơ đồng bộ có khe hở tương đối lớn khiến cho tổn hao sắt phụ nhỏ hơn.

Nhược điểm của động cơ đồng bộ so với động cơ không đồng bộ ở chỗ cấu tạo phức tạp, đòi hỏi phảoic máy kích từ hoặc nguồn cung cấp dòng điện một chiều khiến cho giá thành cao. Hơn nữa việc mở máy động cơ đồng bộ cũng phức tạp hơn và việc điều chỉnh tốc độ của nó chỉ có thể thực hiện được bằng cách thay đổi tần số của nguồn điện.

Việc so sánh động cơ đồng bộ với động cơ không đồng bộ có phối hợp với tụ điện cải thiện cosφ về giá thành và tổn hao năng lượng dẫn đến kết luận là khi $P_{đm} > 200 \div 300$ kW, nên dùng động cơ đồng bộ ở những nơi nào không cần thường xuyên mở máy và điều chỉnh tốc độ. Khi $P_{đm} > 300$ kW dùng động cơ đồng bộ với $\cos\varphi_{đm} = 0,9$ và khi $P_{đm} > 1000$ kW dùng động cơ đồng bộ với $\cos\varphi_{đm} = 0,8$ là có lợi hơn dùng động cơ không đồng bộ.

Các quan hệ điện từ chính như phương trỡnh điện áp, đồ thị véc tơ, công suất và mô men điện từ của động cơ điện đồng bộ đó được xét ở chương trước. Ở đây chỉ đề cập đến các vấn đề như mở máy động cơ điện đồng bộ, các đặc tính và chế độ làm việc của nó.

4.6.1.2 Các phương pháp mở máy động cơ điện đồng bộ:

a. Mở máy theo phương pháp không đồng bộ

Các động cơ đồng bộ phần lớn đều mở máy theo phương pháp không đồng bộ. Thông thường các động cơ điện đồng bộ cực lồi đều có đặt dây quấn mở máy. Dây quấn mở máy có cấu tạo kiểu lồng sóc đặt trong các rãnh ở mặt cực, hai đầu nối với hai vành ngắn mạch và được tính toán để mở máy trực tiếp với điện áp của lưới điện.

Trong một số động cơ, các mặt cực bằng thép nguyên khối và được nối với nhau ở hai đầu bằng hai vòng ngắn mạch ở hai đầu rôto cũng có thể thay thế cho dây quấn ngắn mạch dùng trong việc mở máy. Ở các lưới điện lớn có thể cho phép mở máy trực tiếp với điện áp của lưới các động cơ đồng bộ công suất vài trăm và có khi đến hàng nghìn kW. Đối với các động cơ đồng bộ cực ẩn, việc mở máy theo phương pháp không đồng bộ có khó khăn hơn, vì dòng điện cảm ứng ở lớp mỏng ở mặt ngoài của rotor nguyên khối sẽ gây nóng

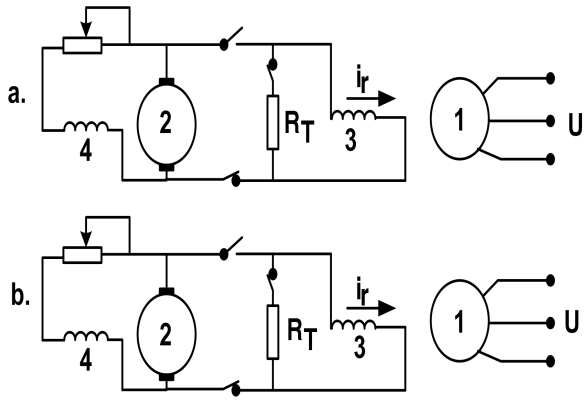
cục bộ đáng kể. Trong trường hợp đó, để mở máy được dễ dàng cần hạ điện áp của máy bằng biến áp tự ngẫu hoặc cuộn kháng.

Quá trình mở máy động cơ đồng bộ bằng phương pháp không đồng bộ có thể chia thành hai giai đoạn.

Lúc đầu việc mở máy được thực hiện với $i_t = 0$, dây quấn kích thích được nối tắt qua điện trở R_T như trên hì*nh 4.17*.

Sau khi đóng cầu dao nối dây quấn stato với nguồn điện, do tác dụng động cơ đồng bộ lúc mở máy với dây quấn của momen không đồng bộ roto sẽ quay và tăng tốc độ đến gần tốc độ đồng bộ n_1 của từ trường quay.

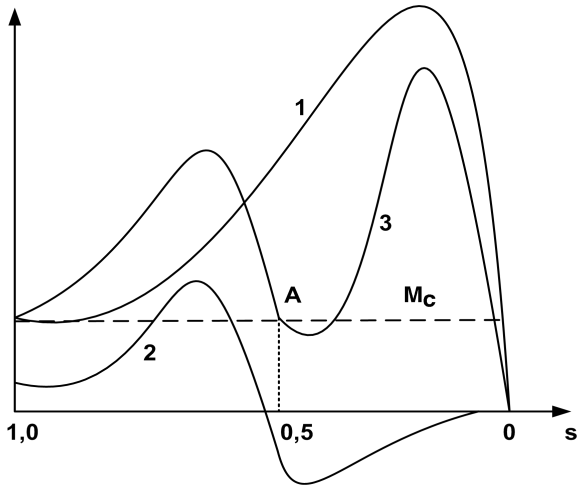
Trong giai đoạn này nối dây quấn kích thích với điện trở R_T cú trị số bằng $10 \div 12$ lần của điện trở r_t của bản thõn dõy quấn kócht từ cần thiết vì nếu để dây quấn này hở mạch sẽ có điện áp cao, làm hỏng cách điện của dây quấn, do lúc bắt đầu mở máy từ trường quay của stato quét nó với tốc độ đồng bộ.



Hình 4.17 Sơ đồ mạch kích từ của động cơ đồng bộ lúc mở máy với dây quấn kích thích nối tắt qua điện trở R_t (a) và nối thẳng vào máy kích thích b

1. *Phản ứng động cơ đồng bộ.*
2. *Dây quấn máy kích thích*
3. *Dây quấn kích từ của động cơ đồng bộ dây quấn kích từ của máy kích thích*

Cũng cần chú ý rằng nếu đem nối ngắn mạch dây quấn kích thích thì sẽ tạo thành mạch một pha có điện trở nhỏ ở rotor và sinh ra momen cản lớn khiến cho tốc độ quay của rotor không thể vượt qúa tốc độ bằng một nữa tốc độ đồng bộ. Hiện tượng này có thể giải thích như sau. Dòng điện có tần số $f_2 = sf_1$ trong dây quấn kích thích bị nối ngắn mạch sẽ sinh ra từ trường đập mạch. Từ trường này có thể phân tích thành hai từ trường quay thuận và ngược với chiều quay của rotor với tốc độ tương đối so với rotor n_1-n, trong đó n_1 là tốc độ từ trường quay



Hình 2.18 Đường cong mômen của động cơ đồng bộ mở máy không đồng bộ với dây quấn kích từ bị nối ngắn mạch

của stato và n là tốc độ của rotor.

Từ trường quay thuận có tốc độ so với dây quấn phần tĩnh:

$$n_{t\,h} = n + (n_1 - n) = n_1$$

nghĩa là quay đồng bộ với từ trường quay của stato. Tác dụng của nó với trường quay của stato tạo nên momen không đồng bộ và hổ trợ với momen không đồng bộ do dây quấn ở máy sinh ra và có dạng như đường 1 trên *hình 4.18.*

Từ tường quay ngược có tốc độ so với dây quấn phần tĩnh.

$$N_{ng} = n - (n_1 - n) = 2n - n_1$$

$$= 2n_1(1-S) - n_1 = n_1(1 - 2S)$$

và sinh ra trong dây quấn phần tĩnh dòng điện tần số:

$$f^{/} = f_1(1 - 2s)$$

Như vậy khi 0,5 < s <1 nghĩa là tốc độ quay của rotor $n < n_1/2$ thỡ từ trường quay ngược quay so với dây quấn phần tỉnh theo chiều ngược so với chiều quay của rotor.

Tác dụng của nó so với dũng điện phần tĩnh tần số $f^{/}$ sẽ sinh ra momen phụ cùng dấu và hổ trợ với momen không đồng bộ do từ trường tác dụng vời dây quấn mở máy (đường 2 trên hình *4.18*). Khi s = 0,5 (tức $n = n_1/2$), từ trường quay ngược đứng yên so với dây quấn phần tĩnh, mômen phụ bằng không. Và khi $0 < s < 0,5$ ($n > n/2$) thỡ từ trường quay ngược sẽ cùng chiều với chiều quay rotor. Tác dụng của nó với dòng điện phần tĩnh tần số $f^{/}$ lúc đó sinh ra momen phụ trái dấu với momen không đồng bộ do từ trường quay thuận, do đó có tác dụng như momen

Kết quả là khi dây quấn kích từ bị nối ngắn mạch, đường m biểu diễn momen của động cơ trong quá trình mở máy tổng của các đường 1 và 2 có tác dụng như đường 3 trên *hình 4.18*. Rõ ràng là mômen cản Mc trên trục động cơ đủ lớn thì rotor sẽ làm việc ở điểm A ứng với tốc độ $n \approx n_1/2$ và không thể đạt đến tốc độ gần tốc độ đồng bộ khi rotor đó quay đến tốc độ $n \approx n_1$ có thể tiến hành quá trình thứ hai của quá trình mở máy đem nối dây quấn kích từ với điện áp 1 chiều của dây quấn kích thích. Lúc đó ngoài mômen không đồng bộ tỉ lệ với hệ số trượt s và mômen gia tốc tỉ lệ với ds/dt sẽ có mômen đồng bộ phụ thuộc vào góc θ cùng tác dụng. Do rotor chưa quay đồng bộ nên tốc độ luôn tay đổi. Khi $0 < \theta < 180°$ thỡ mụmen đồng bộ cộng tác dụng với mômen không đồng bộ làm tăng thêm tốc độ quay của rotor sẽ hoà vào tốc độ sau môt quá trình dao động.

Kinh nghiệm cho biết, để đảm bảo cho rotor được đưa vào tốc độ đồng bộ một cách thuận lợi, hệ số trượt ở cuối giai đoạn thứ nhất lúc chưa có dòng điện kích thích cần phù hợp với điều kiện sau:

$$S < 0.04 \sqrt{\frac{K_m P_{đm}}{GD^2 n_{đm}^2}} \frac{i_{tđb}}{i_{tđm}}$$

Trong đó:

K_m: năng lực quá tải ở chế độ đồng bộ với dòng điện kích từ định mức $i_{tđm}$.

$P_{đm}$: công suất định mức, kW

$I_{tđb}$: dòng điện kích từ khi đồng bộ hóa

GD^2: mụmen dđộng lượng của động cơ và máy công tác nối trục với nó, kGm^2.

Để tránh việc mở máy qua hai giai đoạn như trình bày ở trên, trong đó phải thao tác tách dây quấn kích thích khỏi điện trở R_T và sau đó nối máy kích từ, có thể nối thẳng dây quấn kích thích với máy kích từ trong suốt quá trình mở máy theo sơ đồ trên *hình 4.17-1b* như thường gặp gần đây.

Như vậy, trong dây quấn phần ứng của máy kích từ sẽ có dòng điện xoay chiều nhưng điều đó không gây ra tác hại gì. Khi rotor đạt đến tốc độ quay $n = (0,6 \div 0,7)\, n_{đm}$, máy kích thích bắt đầu tăng dòng điện kích từ cho động cơ điện đồng bộ, nhờ đó mà lúc đền gần tốc độ đồng bộ động cơ được kéo vào tốc độ đồng bộ. Cần chú ý rằng quá trình mở máy theo sơ đồ trên *hình 4.17-1b* được thực hiện trong những điều kiện khó khăn hơn vì động cơ điện đồng bộ được kích thích quá sớm, như vậy sẽ tạo nên dòng điện ngắn mạch.

$$I_n = \frac{(1-s)E}{\sqrt{r_u'^2 + (1-s)^2 x_d^2}} \qquad (28\text{-}2)$$

Trong đó:

E: s.đ.đ. cảm ứng do dòng điện kích từ i_t

x_d: điện kháng đồng bộ dọc trục khi s = 0.

Do đó động cơ phải tải thêm công suất:

$$P_n = m I_n^2 r_u'$$

và kết quả là trên trục động cơ điện sẽ có thêm mômen cản.

$$M_C = \frac{p.P_n}{\omega}$$

khiến cho quá trình khởi động động cơ vào tốc độ đồng bộ gặp khó khăn hơn, vì vậy phương pháp mở máy động cơ đồng bộ theo sơ đồ trên *hình 4.17b* áp dụng được tốt khi mômen cản trên trục động cơ điện $M_C = (0,4 \div 0,5) M_{đm}$. Chỉ khi dây quấn mở máy được thiết kế hoàn hảo mới cho phép mở máy như trên với $M_C = M_{đm}$. Do cách mở máy này đơn giản, hoàn toàn giống cách mở máy của động cơ điện không đồng bộ nên ngày càng được ứng dụng rộng rải.

Hình 4.19 trình bày sự biến đổi của dòng điện phần ứng I, dòng điện kích từ i_t và tốc độ quay n trong quá trình mở máy lúc không tải động cơ đồng bộ ($P_{đm}$= 1500 kW; $U_{đm}$= 6 KV; $n_{đm}$= 1000 v/p) trực tiếp vời điện áp định mức theo sơ đồ trên *hình 4.17*.

b. Các phương pháp mở máy khác.

Mở máy theo phương pháp hoà đồng bộ. Các điều kiện hóa đồng bộ đối với động cơ đồng bộ hoàn toàn giống như của máy phát điện đồng bộ.Trương hợp này động cơ đồng bộ được quay bởi máy nối cùng trục với nó (ví dụ trong bộ động cơ đồng bộ - máy phát điện một chiều, máy phát điện một chiều lúc mở làm việc như động cơ điện để quay động cơ đồng bộ đến tốc độ đồng bộ).

Trong một số trường hợp có thể mở máy động cơ điện đồng bộ bằng nguồn có tần số thay đổi. Muốn vậy động cơ đồng bộ phải lấy điện từ một máy phát điện riêng có tần số điều chỉnh được từ thông để tần số định mức trong quá trình mở máy .Như vậy động cơ được quay đồng bộ với máy phát ngay từ lúc tốc độ còn rất thấp. Cần chỳ ý rằng trong trường hợp này, dòng điện kích thích của cả động cơ vào máy phát điện điều phải do nguồn điện một chiều riêng cung cấp.

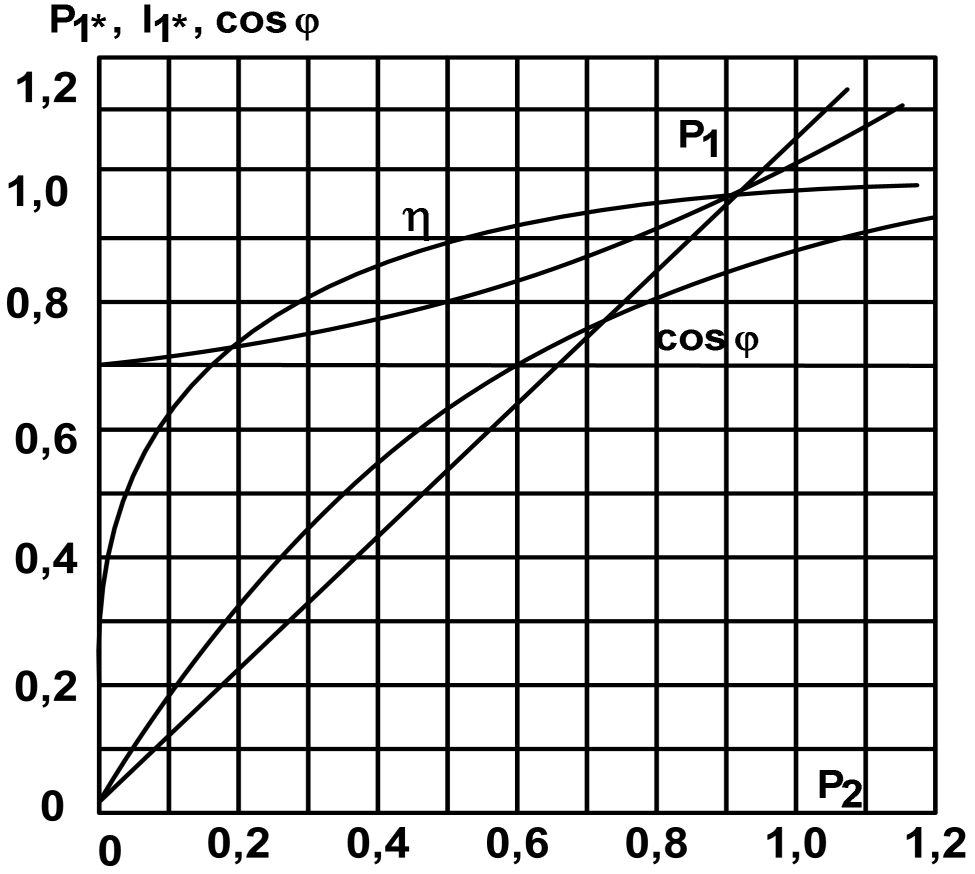
c. Các đặc tính làm việc của động cơ điện đồng bộ.

Các đặc tính của động cơ điện đồng bộ làm việc vơi dòng điện kích từ i_t = const trong lưới điện có U,f= const bao gồm các quan hệ P_1; I_1; η; $\cos\varphi = f(P_2)$ có dạng như trình bày trên hình *4.19*.

Cũng như máy phát điện đồng bộ, động cơ điện đồng bộ thường làm việc với góc

$$\theta = 20 \div 30°$$

Đặc điểm của động cơ đồng bộ là có thể làm việc với $\cos\varphi$ cao và ít hoặc không tiêu thụ công suất phản kháng Q của lưới điện nhờ thay đổi dòng điện từ hóa i_t điều đó có thể thấy được dựa vào đặc tính hình V tức là quan hệ $I = f(i_t)$ của động cơ điện đồng bộ cách thành



Hình 4.19 Đặc tính làm việc của động cơ đồng bộ Pđm =500 KW, 600 V, 50 Hz, 600 v/p, cos φ= 0,8 (quá tự kích)

lập đặc tính này của động cơ đồng bộ hoàn toàn giống như của máy phát điện.

Ta thấy rằng khi kích thích thì động cơ tiêu thụ công suất điện cảm của lưới điện ($\varphi > 0$) và ngược lại khi quá kích thích, động cơ phát công suất điện cảm vào lưới điện ($\varphi < 0$), nghĩa là tiêu thụ công suất điện dung. Vỡ vậy có thể lợi dụng chế độ làm việc quá kích thích của động cơ điện đồng bộ để nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$.

4.6.2 Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ thực chất là động cơ điện đồng bộ làm việc không tải với dòng điện kích từ được điều chỉnh để phát hoặc tiêu thụ công suất phản kháng, do đó duy trì được điện áp qui định của lưới điện ở khu vực tập trung hộ dùng diện. Chế độ làm việc bình thường

của máy bù đồng bộ là chế độ quá kích thích phát công suất điện cảm vào lưới điện hay nói khác đi, tiêu thụ công suất điện dung của lưới điện. Ở trường hợp này, máy bù đồng bộ có tác dụng như một bộ tụ điện và được gọi là máy phát công suất phản kháng.

Khi tải của các hộ dùng điện giảm, ví dụ về đêm hoặc vào những không giờ cao điểm, điện áp của lưới tăng thì máy bù đồng bộ làm việc ở chế độ thiếu kích thích, tiêu thụ cụng suất phản kháng (điện cảm) của lưới điện và gây thêm điện áp rơi trên đường dây để duy trì điện áp khỏi tăng quá mức qui định. Việc điều chỉnh dòng điện kích thích i_t để duy trì điện áp của lưới (ở đầu cực của máy bù đồng bộ) không đổi thường được tiến hành tự động. Máy bù đồng bộ tiêu thụ rất ít công suất tác dụng vì công suất đó chỉ dùng để bù vào các tổn hao trong nó.

Máy bù đồng bộ thường có cấu tạo theo kiểu cực lồi. Để dễ mở máy, mặt cực được chế tạo bằng thép nguyên khối trên có đặt dây quấn mở máy. Trong trường hợp mở máy trực tiếp gặp khó khăn thì phải hạ dòng điện mở máy, hoặc dùng động cơ không đồng bộ rotor dây quấn để kéo máy bù đồng bộ đến tốc độ đồng bộ. Trục của máy bù đồng bộ có thể nhỏ vỡ khụng kéo tải cơ. Cũng như do moment cản trên trục nhỏ (chủ yếu do ma sỏt của ổ trục và quạt gió) nên yêu cầu làm việc ổn định với lưới điện không bức thiết, do đó có thể thiết kế cho x_d lớn nghĩa là khe hở có thể nhỏ, kết quả là có thể giảm s.t.đ và dây quấn kích từ khiến cho kích thích máy nhỏ hơn.

Hoạt động 2: Thực hành.
Máy điện đồng bộ

1. Mục đích:

- Giúp sinh viên củng cố lí thuyết hoà đồng bộ máy phát điện đồng bộ.
-Rèn luyện kĩ năng thực hành hoà đồng bộ chính xác.

2. Thực hành:

Để tiến hành thí nghiệm cần các thiết bị sau

- Động cơ điện DC kích từ hỗn hợp
- Máy phát điện đồng bộ
- Bộ hòa đồng bộ
- Bộ kích từ máy phát

Sơ đồ hòa đồng bộ như hình

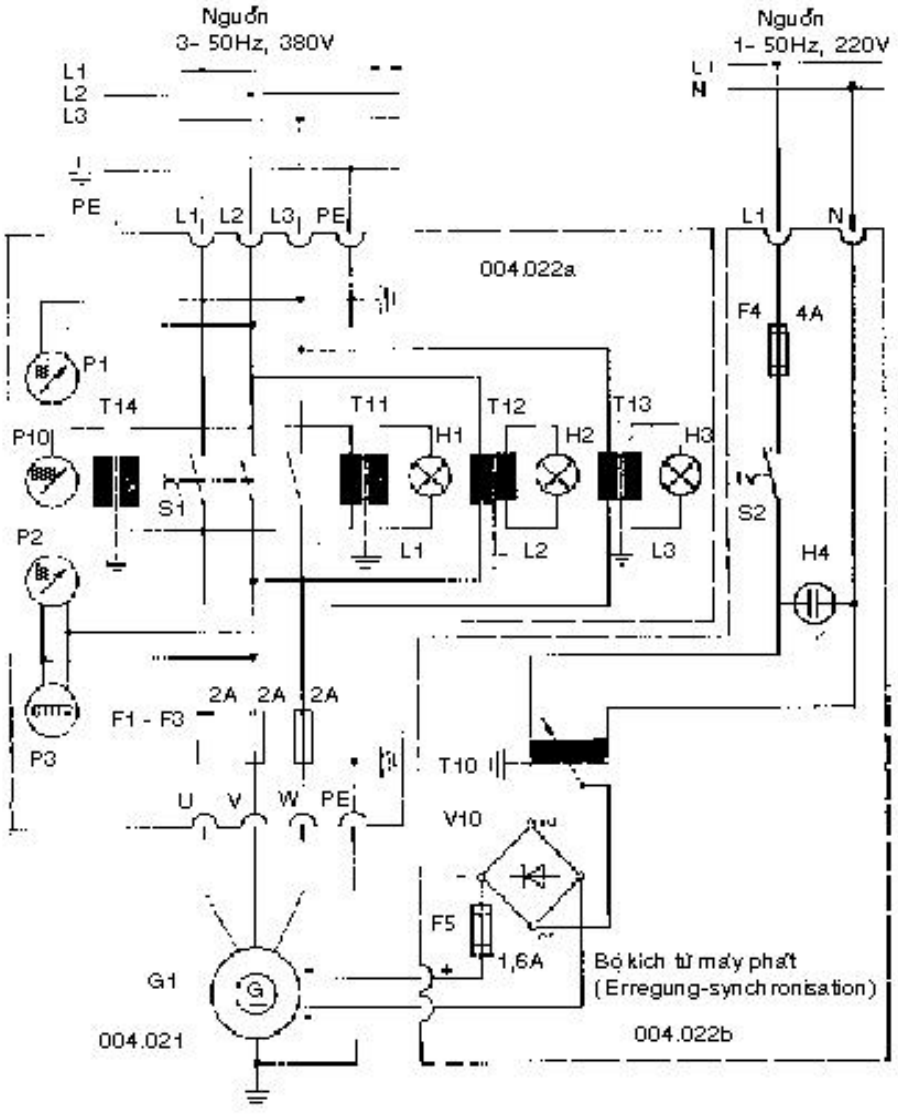
<u>Hoà đồng bộ máy phát - động cơ.</u> (máy điện đồng bộ)

Nối các đầu ra của máy phát điện đồng bộ với lưới (qua bộ đồng bộ: UVW Motor - Generator - Eingang 3x380V). Các đầu kích từ F_1 và F_2 (+ và -) nối với hai đầu + và - của bộ kích từ máy phát (Erregung - Synchrongenerator). Dây trung tính N của máy (màu xanh) nối với N của công tắc chống giật (FI). Dây bảo vệ PE nối với chấu PE của máy phát và bộ đồng bộ (Synchronisaton - Einschub). Điện áp cung cấp của bộ kích từ 230V.

Phần bên trái của bộ đồng bộ (Netzeingang 380V) nối với công tắc chống giật qua L_1 , L_2 , L_3 . Mắc đồng hồ đo dùng điện kích từ ở dây nối + của bộ kích từ và cọc F_1 của máy phát điện. Đo dũng điện "sinh ra" mắc nối tiếp ampekế vào một trong 3 dây U, V hoặc W nối giữa máy phát và bộ đồng bộ (phía phải ngõ vào của máy phát). Điện áp, tần số của máy phát được hiển thị trên bộ đồng bộ. Động cơ sơ cấp kéo máy phát phù hợp nhất là động cơ điện một chiều kích từ song song, chỉ có từ trường kích từ song song mới có khả năng điều chỉnh tinh được tốc độ của máy. Hợp lý hơn lên mắc thêm máy đo cos-phi và Wattkế đo công suất giữa bộ đồng bộ và máy phát điện.

Thao tác hoà đồng bộ

Nối bộ đồng bộ với nguồn 380V (UVW, Netzeingang 380V), Điện áp nguồn có hiển thị trên thang đo I của voltkế hai kim. Sự dao động nằm khoảng từ 370V đến 420V. Công tắc trên bộ kích từ để ở vị trí 0, chạy động cơ điện một chiều kích từ song song đến khoảng 1650 vòng / phút. Kích từ cho máy phát qua biến áp, điện áp kích từ khoảng 110-115V. Điều chỉnh điện áp bằng thay đổi kích từ. Điều chỉnh tần số bằng thay đổi từ trường của động cơ điện một chiều kích thích song song qua điện trở kích từ để có tần số 50Hz. Khi nào kim của voltkế chỉ không dao động ở hướng 0 và cùng thời gian đó 3 đèn đều tối thì đóng mạch hoà đồng bộ bằng công tắc xoay đỏ. Máy phát điện đồng bộ đó làm việc song song với lưới. Bây giờ máy điện một chiều phải truyền động "nhanh hơn" cũng như "mạnh



Máy phát điện: 3 ~ 50 Hz, 380 V, 250W, 1500 vòng/phút

Kích từ: Đến 200V - 1,5A

hơn".

Hình 4.20. Mạch hòa đồng bộ máy phát điện đồng bộ 3 pha với lưới điện

Trả lời và giải bài tập.

Bài 5
Máy điện một chiều
Mã bài:MĐ 17-5

Giới thiệu:

Mục tiêu thực hiện:

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý, quan hệ điện từ, các phản ứng phần ứng xảy ra trong máy điện một chiều.
- Trình bày quá trình đổi chiều dòng điện trong dây quấn phần ứng, các nguyên nhân gây ra tia lửa và biện pháp cải thiện đổi chiều.
- Trình bày các phương pháp mở máy, đảo chiều quay, điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.
- Vẽ và phân tích đúng sơ đồ dây quấn phần ứng máy điện một chiều.
- Bảo dưỡng và sửa chữa được những hư hỏng thông thường của máy điện một chiều.

Nội dung chính:

Nội dung của bài: *Thời gian: 17h (LT: 10h; TH: 7h)*

Đại cương về máy điện một chiều	*Thời gian: 0.5h*
Cấu tạo của máy điện một chiều	*Thời gian:1h*
Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện một chiều.	*Thời gian: 1h*
Từ trường và sức điện động của máy điện một chiều.	*Thời gian: 1h*
Công suất điện từ và mô-men điện từ của máy điện một chiều.	*Thời gian: 1h*
Tia lửa điện trên cổ góp và biện pháp khắc phục.	*Thời gian: 1h*
Máy phát điện một chiều.	*Thời gian: 1h*
Động cơ điện một chiều.	*Thời gian: 1h*
Dây quấn phần ứng máy điện một chiều.	*Thời gian: 9.5h*

Các hình thức học tập:

- Học trên lớp bài máy điện 1 chiều
- Thực hành trên xưởng về máy điện 1 chiều.
- Học viên tự đọc tài liệu liên quan đến bài giảng, học viên trả lời các câu hỏi và làm các bài tập.

Hoạt động 1: nghe thuyết trình trên lớp, có thảo luận

Máy điện một chiều

5.1. Đại cương về máy điện một chiều

Trong nền sản xuất hiện đại máy điện một chiều vẫn luôn luôn chiếm một vị trí quan trọng, bởi nó có các ưu điểm sau:

Đối với động cơ điện một chiều: Phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng, bằng phẳng vì vậy chúng được dùng nhiều trong công nghiệp dệt, giấy, cán thép,...

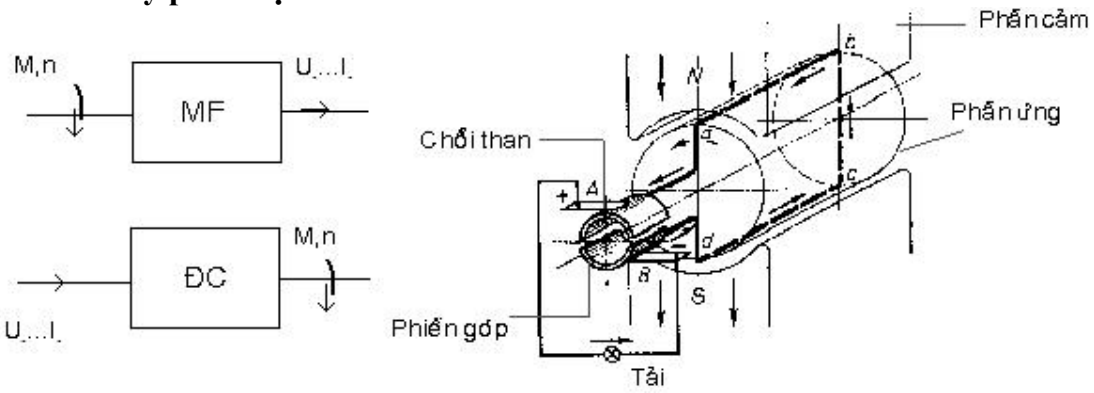
Máy phát điện một chiều dùng làm nguồn điện một chiều cho động cơ điện một chiều, làm nguồn kích từ cho máy phát điện đồng bộ, dùng trong công nghiệp mạ điện v.v...

Nhược điểm: Giá thành đắt do sử dụng nhiều kim loại màu, chế tạo và bảo quản cổ góp phức tạp.

5.1.1 Nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện một chiều:

Người ta có thể định nghĩa máy điện một chiều như sau: Là một thiết bị điện từ quay, làm việc dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ để biến đổi cơ năng thành điện năng một chiều (máy phát điện) hoặc ngược lại để biến đổi điện năng một chiều thành cơ năng trên trục (động cơ điện).

5.1.1.1 Máy phát điện:



Hình 5.1 Sơ đồ khối chỉ chế độ làm việc của máy DC. Hình 5.2. Sơ đồ nguyên lí máy

Máy gồm một khung dây abcd hai đầu nối với hai phiến góp, khung dây và phiến góp được quay quanh trục của nó với một vận tốc không đổi trong từ trường của hai cực nam châm. Các chổi than A và B đặt cố định và luôn luôn tì sát vào phiến góp. Khi cho khung quay theo định luật cảm ứng điện từ trong thanh dẫn sẽ cảm ứng nên sức điện động theo định luật Faraday ta có:

e = B.l.v (V)

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

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

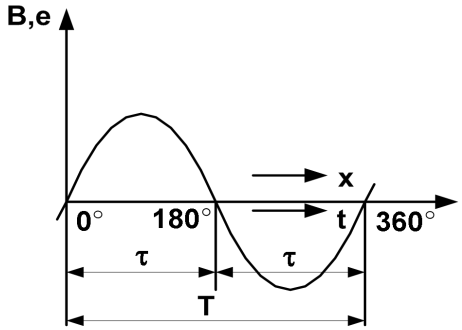
V : Tốc độ dài của thanh dẫn (m/s).

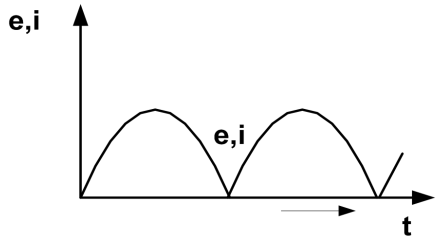
Chiều của sức điện động được xác định theo qui tắc bàn tay phải như vậy theo hình vẽ sức điện động của thanh dẫn cd nằm dưới cực S có chiều đi từ d đến c, còn thanh ab nằm dưới cực N có chiều đi từ b đến a. Nếu mạch ngoài khép kín qua tải thì sức điện động trong khung dây sẽ sinh ra ở mạch ngoài một dòng điện chạy từ A đến B. Nếu từ cảm B phân bố hình sin thì e biến đổi hình sin dạng sóng sức điện động cảm ứng trong khung dây như hình 5.3a. Nhưng do chổi than A luôn luôn tiếp xúc với thanh dẫn nằm dưới cực N, chổi than B luôn luôn tiếp xúc với thanh dẫn nằm dưới cực S nên dòng điện mạch ngoài chỉ chạy theo chiều từ A đến B. Nói cách khác sức điện động xoay chiều cảm ứng trong thanh dẫn và dòng điện tương ứng đã được chỉnh lưu thành sức điện động và dòng điện một chiều nhờ hệ thống vành góp và chổi than, dạng sóng sức điện động một chiều ở hai chổi than như *hình 5.3b*. Đó là nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều.

5.1.1.2 Động cơ điện

Nếu ta cho dòng điện một chiều đi vào chổi than A và ra ở B thì do dòng điện chỉ đi vào thanh dẫn dưới cực N và đi ra ở các thanh dẫn nằm dưới cực S, nên dưới tác dụng của từ trường sẽ sinh ra một mô men có chiều không đổi làm cho quay máy. Chiều của lực điện từ được xác định theo qui tắc bàn tay trái. Đó là nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều.

Hình 5.3 Các dạng sóng s.đ.đ
Từ cảm hay s.đ.đ hình sin trong khung dây trước chỉnh lưu





b. S.đ.đ và dòng điện đã được chỉnh lưu nhờ vành góp.

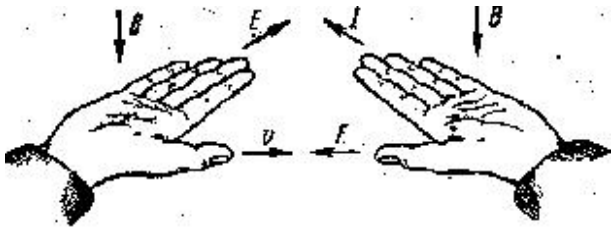
Trong đó:

B: Từ cảm

E: Sức điện động cảm ứng

I: Dòng điện

F: Lực điện từ



Hình 5.4. Qui tắc bàn tay phải và qui tắc bàn tay trái:

5.1.2 Cấu tạo của máy điện một chiều

Kết cấu của máy điện một chiều có thể phân làm hai thành phần chính là phần tĩnh và phần quay.

5.1.2.1 Phần tĩnh hay stator:

Đây là phần đứng yên của máy nó gồm các bộ phận chính sau:

a. Cực từ chính:

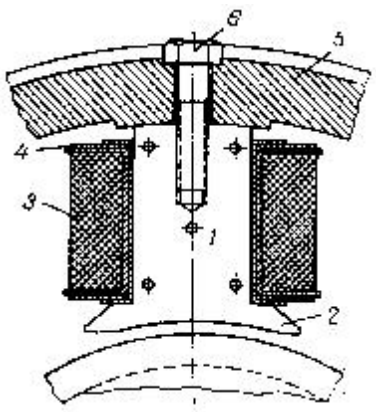
Là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ.Lõi sắt cực từ 1làm bằng thép lá kỹ thuật điện hay thép các bon dày 0,5 đến 1mm ghép lại bằng đinh tán. Lõi mặt cực từ 2 được kéo dài ra (lõm vào) để tăng thêm đường đi của từ trường.Vành cung của cực từ thường bằng 2/3 τ (τ: Bước cực, là khoảng cách giữa hai cực từ liên tiếp nhau). Trên lõi cực có cuộn dây kích từ 3, trong đó có dòng một chiều chạy qua, các dây quấn kích từ được quấn bằng dây đồng mỗi cuộn đều được cách điện kỹ thành một khối, được đặt trên các cực từ và mắc nối nối tiếp với nhau. Cuộn dây được quấn vào khung dây 4, thường làm bằng nhựa hoá học hay giấy bakêlit cách điện. Các cực từ được gắn chặt vào thân máy 5 nhờ những bu lông 6.

Hình 5.5. Cực từ chính

1) Lõi cực

2) Mặt cực

3) Dây quấn kích từ



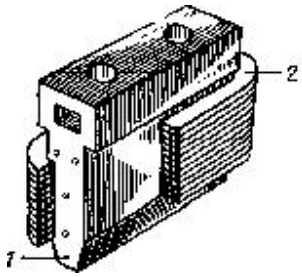
4) Khung dây

5) Vỏ máy

6) Bu lụng bắt chặt cực từ vào vỏ máy.

b. Cực từ phụ:

Được đặt giữa cực từ chính dùng để cải thiện đổi chiều, triệt tia lửa trên chổi than. Lõi thép của cực từ phụ cũng có thể làm bằng thép khối, trên thân cực từ phụ có đặt dây quấn, có cấu tạo giống như dây quấn của cực từ chính. Để mạch từ của cực từ phụ không bị bão hòa thì khe hở của nó với rotor lớn hơn khe hở của cực từ chính với rotor.



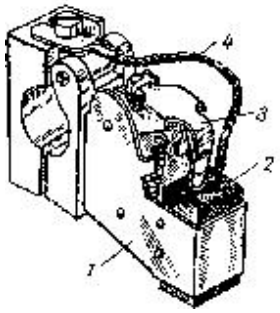
Hình 5.6. Cực từ phụ
1) Lời; 2) Cuộn dõy

c. Vỏ máy (Gông từ):

Làm nhiệm vụ kết cấu đồng thời dùng làm mạch từ nối liền các cực từ. Trong máy điện nhỏ và vừa thường dùng thép tấm để uốn và hàn lại. Máy có công suất lớn dùng thép đúc có từ (0,2 - 2)% chất than.

d. Các bộ phận khác:

- Nắp máy: Để bảo vệ máy khỏi bị những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn. Trong máy điện nhỏ và vừa nắp máy có tác dụng làm giá đỡ ổ bi.
- Cơ cấu chổi than: Để đưa điện từ phần quay ra ngoài hoặc ngược lại.



B. Hình 5.7. Cơ cấu chổi than
1) Hộp chổi than
2) Chổi than
3) Lò so ép

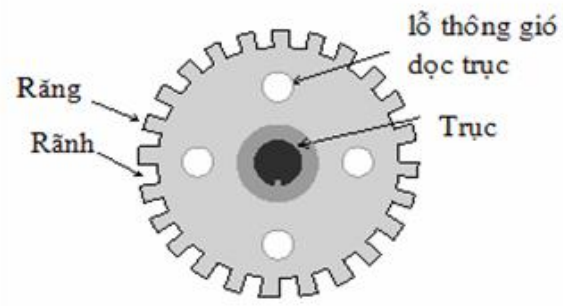
5.1.2.2. Phần quay hay rotor

a. Lõi sắt phần ứng:

Để dẫn từ thường dùng thép lá kỹ thuật điện dày 0,5 mm có sơn cách điện cách điện hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao do dòng điện xóay gây nên. Trên các lá thép có dập các rãnh để đặt dây quấn. Rãnh có thể hình thang, hình quả lê hoặc hình chữ nhật...

Trong các máy lớn lõi thép thường chia thành từng thếp và cách nhau một khoảng hở để làm nguội máy, các khe hở đó gọi là rãnh thông gió ngang trục.

Ngoài ra người ta còn dập các rãnh thông gió dọc trục.

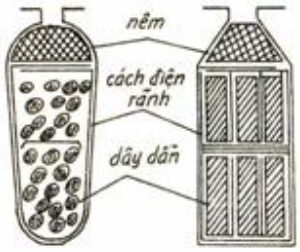


Hình 5.8. Lõi thép phần ứng

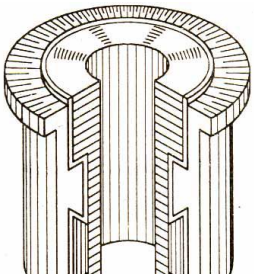
b. Dây quấn phần ứng:

Là phần sinh ra sức điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phần ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ thường dùng dây có tiết diện tròn,

trong máy điện vừa và lớn có thể dùng dây tiết diện hình chữ nhật. Dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh và lõi thép. Để tránh cho khi quay bị văng ra ngoài do sức ly tâm, ở miệng rãnh có dùng nêm để đè chặt và phải đai chặt các phần đầu nối dây quấn. Nêm có thể dùng tre gỗ hoặc ba kê lít.



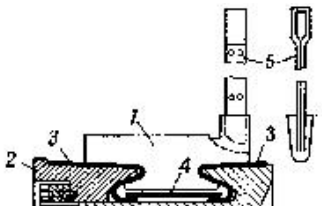
D. Hình 5.9. Mặt cắt rãnh



C. Hình 5.10. Mặt cắt một cổ góp điện

c. Cổ góp:

Dây quấn phần ứng được nối ra cổ góp. Cổ góp thường được làm bởi nhiều phiến đồng mỏng được cách điện với nhau bằng những tấm mi ca có chiều dày 0,4 đến 1,2 mm và hợp thành một hình trụ tròn(hình 5.10). Hai đầu trụ tròn dùng hai vành ép hình chữ V ép chặt lại, giữa vành ép và cổ góp có cách điện bằng mica hình V. Đuôi cổ góp cao hơn một ít để hàn các đầu dây của các phần tử dây quấn vào các phiến góp được dễ dàng (hình 5.11).



E. Hình 5.11. Hình cắt dọc của cổ góp

d. Chổi than: Máy có bao nhiêu cực có bấy nhiêu chổi than. Các chổi than dương được nối chung với nhau để có một cực dương duy nhất. Tương tự đối với các chổi than âm cũng vậy.

e. Các bộ phận khác:

- Cánh quạt dùng để quạt gió làm nguội máy.
- Trục máy, trên đó có đặt lõi thép phần ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi. Trục máy thường được làm bằng thép các bon tốt.

5.1.3 Các trị số định mức

Chế độ làm việc định mức của các máy điện là chế độ làm việc trong những điều kiện mà nhà chế tạo đã qui định.

Chế độ đó được đặc trưng bởi những đại lượng ghi trên nhãn máy gọi là các đại lượng định mức.

- Công suất định mức: $P_{đm}$ (W hay kW) là công suất đầu ra của máy điện
- Điện áp định mức: $U_{đm}$ (V hay KV):

  Là điện áp ở hai đầu tải ở chế độ định mức (máy phát)

  Là điện áp đặt vào động cơ ở chế độ định mức (động cơ)
- Dòng điện định mức $I_{đm}$ (A):

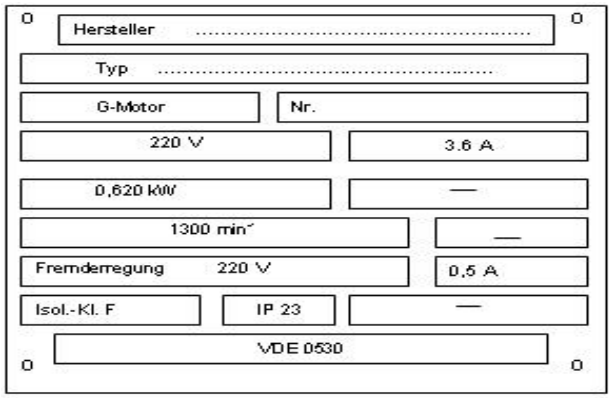
Là dòng điện cung cấp cho tải ở chế độ định mức (máy phát)

Là dòng điện cung cấp cho động cơ ở chế độ định mức (động cơ)

- Tốc độ định mức: $n_{đm}$ (vòng / phút).

- Hiệu suất định mức: $\eta_{đm}$

Ngoài ra còn ghi kiểu máy, cấp cách điện, phương pháp kích từ, dòng điện kích từ, chế độ làm việc v.v...

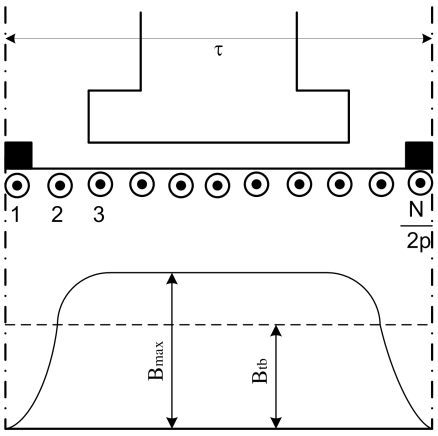


Hình 5.11. Nhãn máy của một động cơ điện một chiều

5.2 Quan hệ điện từ trong máy điện một chiều

5.2.1. Sức điện động cảm ứng trong dây quấn phần ứng

Cho một dòng điện kích thích vào dây quấn kích thích thì trong khe hở sinh ra 1 từ thông Φ_δ. Khi phần ứng quay với 1 tốc độ nhất định nào đó thì trong dây quấn sẽ cảm ứng 1 sức điện động. Sức điện động đó là sức điện động của một mạch nhánh song song và bằng tổng sức điện động cảm ứng của các thanh dẫn nối tiếp trong 1 mạch nhánh đó.



Sức điện động cảm ứng của 1 thanh dẫn:

$$e_x = B_{\delta x} l_\delta . v$$

Trong đó: $B_{\delta x}$ Từ cảm nơi thanh dẫn x quyét qua.

l_δ: Chiều dài tác dụng của thanh dẫn.

v: Tốc độ dài của thanh dẫn.

Hình 5.11. Xác định s.đ.đ phần ứng

Nếu số thanh dẫn của 1 mạch nhánh là $\frac{N}{2a}$ thì

$$E_ö = e_1 + ... + e_{N/2a} = \sum_{x=1}^{N/2a} e_x = (B_{ð1} + ... +) l_\delta . v = \sum_{x=1}^{N/2a} B_{ðx} . l_\delta . v$$

Nếu số thanh dẫn đủ lớn thì $\sum_{x=1}^{N/2a} B_{\delta x}$ bằng trị số trung bình B_{tb} nhân với tổng số thanh dẫn trong 1 mạch nhánh:

$$\sum_{x=1}^{N/2a} B_{\delta x} = \frac{N}{2a} . B_{tb} \text{ nên } \quad E_ư = \frac{N}{2a} B_{tb} l_\delta . v = \frac{N}{2a} E_{tb}$$

$v = \frac{\pi D_u}{60} n = 2p \frac{\pi D_u}{2p} \frac{n}{60} = \frac{2p.\tau.n}{60}$ Với v: tốc độ dài của phần ứng.

Φ_δ: từ thông dưới mỗi cực từ trong khe hở không khí: $\Phi_\delta = B_\delta . l_\delta . \tau$.

Từ đó: $E_u = \frac{N}{2a} B_{tb} . l_\delta . \frac{2p.\tau.n}{60} = \frac{pN}{60a} \Phi_\delta . n$

Trong đó: p: Số đôi cực từ kích thích
N Tổng số thanh dẫn của phần ứng
n: Tốc độ quay của phần ứng (vòng/phút)
a: Số đôi mạch nhánh song song

Đặt: $C_E = \frac{pn}{60a}$: Hệ số kết cấu của máy điện.

Ta có $E_u = C_E \Phi_\delta . n$

5.2.2. Mômen và công suất điện từ

Khi máy điện làm việc, trong dây quấn phần ứng sẽ có dòng điện chạy qua. Tác dụng của từ trường lên dây dẫn có dòng điện sẽ sinh ra mô men điện từ trên trục máy. Theo địmh luật Faraday, lực điện từ tác dụng nên thanh dẫn mang dòng điện là:

$f = B_\delta i_u l_\delta$

Trong đó: B_δ: Từ cảm nơi thanh dẫn quyét qua

i_u: Dòng điện trong thanh dẫn (cũng là dòng điện trong 1 mạch nhánh song song).

l_δ: Chiều dài tác dụng của thanh dẫn

Với $i_u = \frac{I_u}{2a}$

I_u: Dòng điện phần ứng; N: Tổng số thanh dẫn của phần ứng

D_u: Đường kính ngoài của phần ứng

Thì mô men điện từ của máy điện một chiều là:

$M_{đt} = f.N\frac{D_u}{2}$ $\qquad M_{ñt} = B_\delta \frac{I_{ö}}{2a} I_\delta N \frac{D_{ö}}{2}$

$B_\delta = \frac{\Phi_\delta}{\tau . l_\delta}$ $\qquad D_u = \frac{2p.\tau}{\pi}$

Thay vào công thức tính mô men điện từ ta được:

$M_{đt} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi_s . I_u$ (Nm)

Trong đó: Φ_δ tính bằng weber (wb)

I_u tính bằng Ampe (A)

Nếu chia hai vế của biểu thức trên cho 9,81 thì $M_{đt}$ tính bằng Kgm

Đặt: $C_E = \frac{pn}{60a}$ hệ số kết cấu máy

Ta có: $M_{đt} = C_M \Phi_\delta . I_u$

Công suất điện từ của máy điện một chiều:

$$P_{đt} = M_{đt}.\omega \quad \text{với} \qquad \omega = \frac{2\pi.n}{60}$$

Với n tính bằng vòng /phút.

Thay vào biểu thức tính $P_{đt}$ ta có

$$P_{đt} = \frac{pN}{2\pi a}\Phi_S . I_ư . \frac{2\pi n}{60}$$

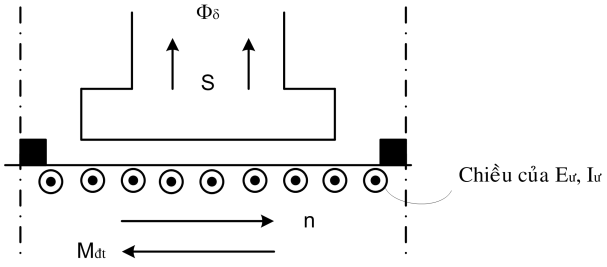
$$P_{đt} = E_ư I_ư$$

Trong đó: $E_ư$ tính bằng volt (V)

$I_ư$ tính bằng Ampe (A)

Máy điện 1 chiều có thể làm việc ở hai chế độ:

– Đối với máy phát điện: $M_{đt}$ ngược với chiều quay của máy nên khi máy cung cấp cho tải càng lớn thì công suất cơ cung cấp cho máy phải càng tăng vì $M_{đt}$ luôn có chiều ngược với chiều quay của phần ứng.

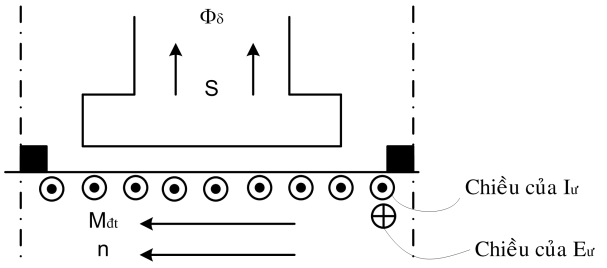


Hình 5.12 Xác định $E_ư$ và $M_{đt}$ trong máy phát điện một chiều.

Chiều của $E_ư$, $I_ư$ phụ thuộc vào chiều của Φ_δ và n, được xác định bằng qui tắc bàn tay phải.

Chiều của $M_{đt}$ xác định bằng qui tắc bàn tay trái.

- Đối với động cơ điện khi cho dòng điện vào phần ứng thì dưới tác dụng của từ trường, trong dây quấn sẽ sinh ra 1 $M_{đt}$ kéo máy quay, vì vậy chiều quay của máy cùng chiều $M_{đt}$.



Hình 5.13 Xác định $E_ư$ và $M_{đt}$ trong động cơ điện một chiều.

5.2.3 Quá trình năng lượng và các phương trình cân bằng

5.2.3.1. Tổn hao trong máy điện một chiều.

a. Tổn hao cơ $p_{cơ}$: bao gồm tổn hao ở ổ bi, ma sát giữa chổi than và vành góp, của không khí với cánh quạt v.v… Tổn hao này phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ quay của máy, thông thường $p_{cơ} = (2 \div 4)\% P_{đm}$.

Tổn hao sắt p_{Fe}:

Do từ trễ và dòng điện xoáy trong lõi thép gây nên. Được xác định bằng công thức:

$p_{Fe} = k_{\delta}.P(1/50)(\frac{f}{50})^{\beta}.B^2.G_c$ (Watt / kg)

k_δ: hệ số kinh nghiệm xét đến sự tăng thêm tổn hao thép do gia công, lắp ghép lõi thép, từ thông phân bố không đều v.v... thường chọn $k_\delta = 3,6$

p (1/50): suất tổn hao của thép khi B = 1T, f = 50 Hz

f: Tần số dòng điện ; B từ cảm tính toán (1T = 10^4 Gauss)

G_C: Trọng lượng của sắt tính bằng kg.

β: số mũ thép hợp kim thấp β = 1,5; với thép hợp kim cao thì β = 1,2 ÷ 1,3.

Hai loại tổn hao trên khi không tải đã tồn tại nên gọi là tổn hao không tải

$P_o = p_{cơ} + p_{Fe}$

Nó sinh ra mô men không tải mang tính chất hãm

$M_0 = \frac{P_0}{\omega}$

c. Tổn hao đồng p_{cu}: tổn hao đồng bao gồm 2 phần:

- Tổn hao đồng trong mạch phần ứng $p_{cuư}$ bao gồm tổn hao đồng trong dây quấn phần ứng $I^2_{ư}.r_ư$,cực từ phụ $I^2_ư r_f$, tổn hao tiếp xúc giữa chổi than và vành góp p_{tx}: $p_{tx} = 2.\Delta U_{tx}.I_ư$

$p_{cu.ư} = I^2_ư R_ư$

$R_ư = r_ư + r_f + r_{tx}$

$r_ư$: điện trở phần ứng

r_f: điện trở của dây quấn cực từ phụ

r_{tx}: điện trở tiếp xúc của chổi than với vành góp

- Tổn hao đồng trong mạch kích từ p_{cut}:

$P_{cu.t} = U_t.I_t$

U_t: điện áp đặt trên mạch kích thích

I_t: dòng điện kích thích

d. Tổn hao phụ p_f: sinh ra trong thép cũng như ở trong đồng của máy điện.

Tổn hao phụ trong thép do từ trường phân bố không đều trên bề mặt phần ứng, ảnh hưởng của răng và rãnh làm xuất hiện từ trường đập mạch dọc trục.

Tổn hao phụ trong đồng: dòng điện phân bố không đều trên chổi than, khi đổi chiều, từ trường phân bố không đều trong rãnh làm cho trong dây quấn sinh ra dòng điện xoáy, tổn hao trong dây nối cân bằng v.v... Thường trong máy điện một chiều lấy:

p_f = 1% $P_{đm}$ nếu máy không có dây quấn bù.

= 0,5% $P_{đm}$ nếu máy có dây quấn bù.

Tổng tổn hao trong máy là:

$\Sigma p = p_{cơ} + p_{Fe} + p_{cuư} + p_{cut} + p_f$

Nếu gọi P_1 là công suất đưa vào máy

P_2 là công suất đưa ra của máy thì

$P_1 = P_2 + \Sigma p$ $P_2 = P_1 - \Sigma p$

Hiệu suất của máy được tính theo %

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1}100 = \frac{P_2}{P_2 + \sum p}100 = \frac{P_1 - \sum p}{P_1}100 = \left(1 - \frac{\sum p}{P_1}\right)100$$

5.2.3.2. Quá trình năng lượng trong máy điện DC và các phương trình cân bằng

a. Máy phát điện:

Ta hãy xét quá trình biến đổi năng lượng. Ví dụ như của máy phát điện một chiều kích thích độc lập được quay với tốc độ n = C^{te}. Khi kích thích độc lập thì tổn hao trong mạch kích thích không tính vào công suất P_1 đưa từ động cơ sơ cấp vào máy phát điện. Khi biến đổi năng lượng 1 phần P_1 tiêu phí vào các tổn hao $p_{cơ}$, p_{Fe}, p_f và phần còn lại biến thành năng lượng điện từ, do đó:

$$P_{đt} = E_ư.I_ư = P_1 - (p_{cơ} + p_{Fe} + p_f)$$

Công suất có ích $P_2 = U.I_ư$ do máy phát điện đưa vào lưới nhỏ hơn $P_{đt}$ một trị số bằng tổn hao đồng trong máy:

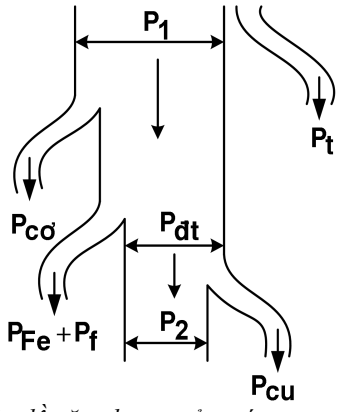
$P_2 = P_{đt} - p_{cuư}$

$= E_ư.I_ư - R_ư = U.I_ư$

Chia 2 vế trên cho $I_ư$ ta có:

$$U = E_ư - I_ư.R_ư$$

Đó là phương trình cân bằng sức điện động của máy phát điện.



Hình 5.14 Giản đồ năng lượng của máy phát điện 1 chiều

Giản đồ năng lượng của máy phát điện 1 chiều: Ta có thể viết công thức:

P1 = Pđt + P0

Hay

M1.ω = Mđt.ω + M0.ω

Chia 2 vế cho ω

M1 = Mđt + M0

Đó là phương trình cân bằng mômen của máy phát điện 1 chiều vớI M_1: Mômen cơ đưa vào trục MF điện; Mđt: mômen điện từ phát ra của máy phát.

b. Động cơ điện:

Xét 1 động cơ điện 1 chiều kích thích song song làm việc ở n = C^{te}. Công suất điện mà động cơ nhận từ lưới vào: $P_1 = U(I_ư + I_t)$.

Một phần công suất đó bù vào tổn hao đồng trên mạch kín từ: $P_t = U.I_t$ và tổ hao trên mạch phần ứng $P_{cuư}$ còn phần lớn chuyển thành Pđt

$$P_1 = P_{nt} + p_{cuö} + p_{cut} \Rightarrow P_{đt} = P_1 - p_{cuư} - p_{cut} \quad (1)$$

$P_2 = P_{đt} - p_{cơ} - p_{Fe} - p_1$

Từ (1) ta có:

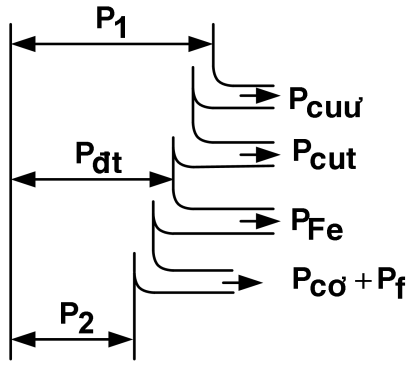
$U.I_ư = U.(I_ư + I_t) - U.I_t - I_ư^2.R_ư = U.I_ư - I_ư^2.R_ư$

Đó là phương trình cân bằng sđđ của động cơ điện 1 chiều.

Giản đồ năng lượng của động cơ điện 1 chiều được trình bày hình 5.15.

Phương trình cân bằng mômen xuất phát từ:

$$P_2 = P_{ñt} - P_0$$



a) Hình 5.15 Giản

$$M_2\omega = M_{đt}\omega + M_0\omega$$

$$M_2 = M_{đt} - M_0$$

Đó là phương trình cân bằng mômen của động cơ điện 1 chiều.

M2: Mômen đưa ra đầu trục.

M0: Mômen không tải.

Mđt: Mômen điện từ.

Thí dụ

1. Một máy phát điện một chiều lúc quay không tải ở tốc độ n_0 = 1000 V/ph thì s.đ.đ phát ra E_0 = 222 V.Hỏi lúc không tải muốn phát ra s.đ.đ định mức $E_{0đm}$ = 220 V thì tốc độ $n_{0đm}$ phải bằng bao nhiêu khi giữ dòng điện kích từ không đổi ?

Giải

Giữ dòng điện kích từ không đổi nghĩa là từ thông không đổi.

Theo công thức tính s.đ.đ (4-2) ta có:

$$\frac{E_0}{E_{0ñm}} = \frac{C_E\Phi_\delta.n_0}{C_E\Phi_\delta.n_{0ñm}} = \frac{n_0}{n_{0ñm}}$$

Do đó khi $E_{0đm}$ = 220 V, tốc độ tương ứng sẽ là:

$$n_{0đm} = n_0\frac{E_{0đm}}{E_0} = 1000\frac{220}{222} = 990\ v/p$$

2. Một động cơ điện một chiều kích thích song song công suất định mức $P_{đm}$ = 5,5 kW, $U_{đm}$ = 110 V, $I_{đm}$ = 58 A (tổng dòng điện đưa vào bao gồm dòng điện phần ứng $I_ư$ và kích từ I_t), $n_{đm}$ = 1470 V/ph. Điện trở phần ứng $R_ư$ = 0,15 Ω, điện trở mạch kích từ r_t = 137 Ω, điện áp rơi trên chổi than 2ΔUtx = 2 V. Hỏi s.đ.đ phần ứng, mômen điện từ của động cơ.

Giải

Dòng điện kích từ:

$$I_t = \frac{U}{r_t} = \frac{110}{137} = 0{,}8A$$

Dòng điện phần ứng:

$I_ư = I_{đm} - I_t = 58 - 0,8 = 57,2$ A

Sđđ phần ứng:

$E_ư = U - I_ư.R_ư - 2.\Delta Utx = 110 - (57,2 \times 0,15) - 2 = 99,4$ V

Mômen điện từ:

$$M = \frac{E_ư I_ư}{\omega} = \frac{E_ư I_ư}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{99,4 x 57,2}{\frac{2\pi x 1470}{60}} = 36,9 Nm$$

Nếu tính ra kGm thì:

$$M = \frac{36,9}{9,81} = 3,76 kG.m$$

5.3. Phản ứng phần ứng trong máy điện một chiều.

5.3.1. Khi chổi than đặt trên đường trung tính hình học.

Sự phân bố của từ thông tổng do từ trường cực từ chính và từ trường phần ứng hợp lại như hình 5.16, cũng có thể dùng hình khai triển của nó như hình 5.17 để phân tích sự thay đổi của từ thông khi có phản ứng phần ứng.

Đường cong 1 thể hiện sự phân bố của từ trường cực từ chính.

Đường yên ngựa 2: Chỉ sự phân bố của từ trường phần ứng.

Khi mạch từ không bão hòa $\mu = C^{te}$ thì theo nguyên lý xếp chồng đường 3 là sự phân bố của từ trường tổng. Do đó từ thông tổng Φ bằng từ thông chính Φ_O. Khi mạch từ bão hòa dùng nguyên lý xếp chồng không chính xác nữa (vì Φ không tăng tỉ lệ với s.t.đ) nên đường 4 là đường phân bố từ trường tổng khi kể đến sự bão hoà của mạch từ.

Kết luận:

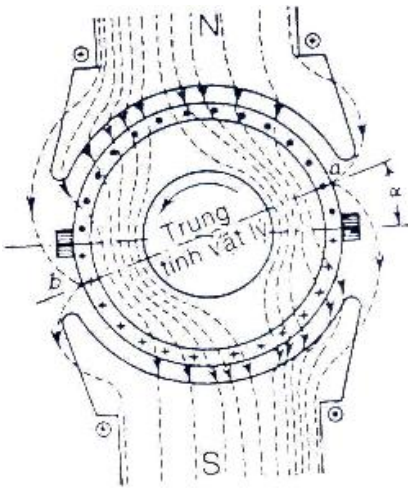
- Khi chổi than nằm trên đường trung tính hình học thì phản ứng phần ứng ngang trục ($F_ư = F_{ưq}$) làm méo từ trường trong khe hở. Nếu mạch từ không bão hoà thì từ trường tổng không đổi vì tác dụng trợ từ và khử từ như nhau. Nếu mạch từ bão hoà thì từ thông dưới mỗi cực giảm đi một ít, nghĩa là phản ứng phần ứng ngang trục cũng có một ít tác dụng khử từ.
- Từ cảm ở đường trung tính hình học khác 0, do đó đường mà trên đó bề mặt phần ứng có từ cảm bằng 0 gọi là đường trung tính vật lý (đường đi qua điểm a và b trên

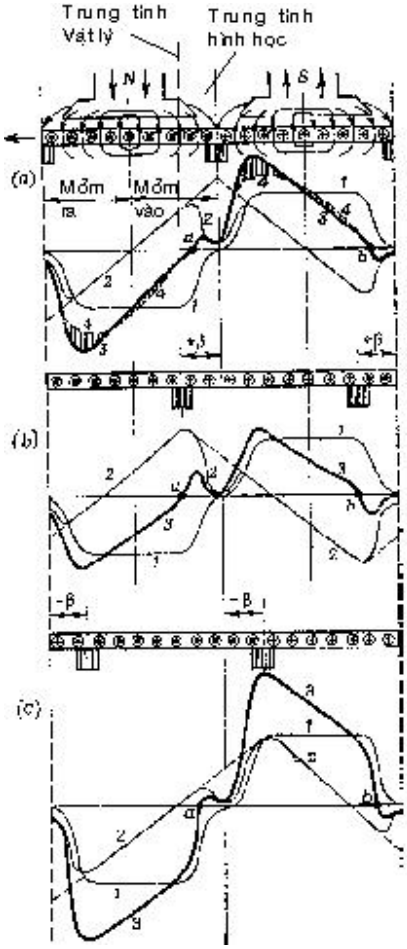
hình 5.17).

5.3.2. Khi xê dịch chổi than lệch khỏi đường trung tính hình học.

Lúc đó S.t.đ phần ứng có thể chia làm 2 thành phần:

Hình 5.16. Sự phân bố từ trường tổng của máy khi chổi than đặt trên đường trung tính hình học.





Hình 5.17 Các đường phân bố từ trường của máy khi chổi than ở các vị trí khác nhau.

Đường 1: Từ trường cực từ chính

Đường 2: Từ trường phần ứng.

Đường 3: Từ trường tổng khi mạch từ không bão hoà.

Đường 4: Từ trường tổng khi mạch từ bảo hào

- Thành phần ngang trục F_{uq} làm méo từ trường của cực từ chính và khử một ít từ nếu mạch từ bão hòa.

- Thành phần dọc trục F_{ud} trực tiếp ảnh hưởng đến từ trường của cực từ chính và có tính chất trợ từ hay khử từ tùy theo chiều xê dịch của chổi than.

Nếu xê dịch chổi than theo chiều quay của máy phát (hay ngược chiều quay của động cơ) thì phản ứng dọc trục F_{ud} có tính chất khử từ và ngược lại nếu quay chổi than ngược chiều quay của máy phát và thuận chiều động cơ thì F_{ud} có tính chất trợ từ.

5.4 Máy phát điện một chiều

5.4.1. Đại cương

Trên thực tế các trạm phát điện hiện đại chỉ phát ra điện năng xoay chiều 3 pha, phần lớn năng lượng đó được dùng dưới dạng điện xoay chiều trong công nghiệp, để thắp sáng và dùng cho các nhu cầu trong đời sống. Trong những trường nghiệp hợp do điều kiện sản xuất bắt buộc phải dùng điện 1 chiều (xí nghiệp hóa học, công luyện kim, giao thông vận tải

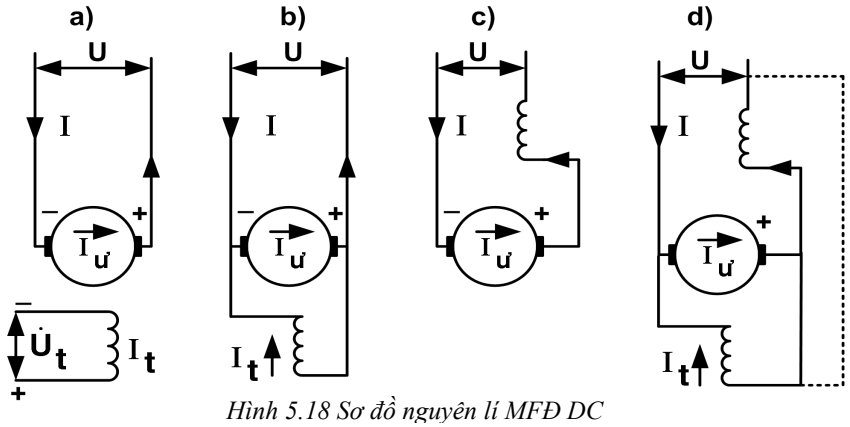
v.v…) thì người ta thường biến điện xoay chiều thành một chiều nhờ các bộ chỉnh lưu hoặc chỉnh lưu kiểu máy điện, cách thứ hai là dùng máy phát điện một chiều để là nguồn điện một chiều.

Phân loại các máy phát điện một chiều theo phương pháp kích thích. Chúng được chia thành:

a. Máy phát điện một chiều kích thích độc lập.

b. Máy phát điện một chiều tự kích

-Máy phát điện một chiều kích thích độc lập gồm:



Hình 5.18 Sơ đồ nguyên lí MFĐ DC

+ Máy phát DC kích thích bằng điện từ: dùng nguồn DC, ắcqui... v.v.

+ Máy phát điện một chiều kích thích bằng nam châm vĩnh cửu.

- Theo cách nối dây quấn kích thích, các máy phát điện một chiều tự kích được chia thành:

+ Máy phát điện một chiều kích thích song song

+ Máy phát điện một chiều kích thích nối tiếp

+ Máy phát điện một chiều kích thích hỗn hợp

5.4.2. Các đặc tính cơ bản của các MFĐDC

Bản chất của máy phát điện được phân tích nhờ những đặc tính quan hệ giữa 4 đại lượng cơ bản của máy:

- Điện áp đầu cực máy phát điện: U
- Dòng điện kích từ: I_t
- Dòng điện phần ứng $I_ư$
- Tốc độ quay: n

Trong đó n = C^{te} còn 3 đại lượng tạo ra mối quan hệ chính và các đặc tính chính là:

a. Đặc tính phụ tải (đặc tính tải): $U = f(I_t)$ khi $I = I_{đm} = C^{te}$,$n = n_{đm} = C^{te}$. Khi I = 0 đặc tính phụ tải chuyển thành đặc tính không tải $U_o = E_o = f(I_t)$. Đặc tính này có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá máy phát và để vẽ các đặc tính khác của máy phát điện.

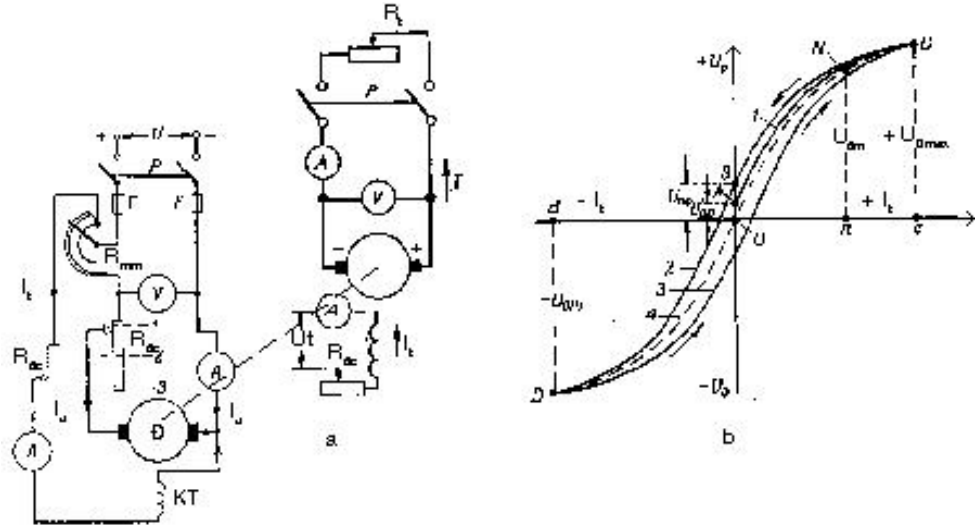
b. Đặc tính ngoài: $U = f(I)$ khi $R_{đc} = C^{te}$ ($I_t = C^{te}$)

c. Đặc tính điều chỉnh: $I_t = f(I)$ khi $U = C^{te}$. Trong trường hợp riêng khi U = 0, đặc tính điều chỉnh chuyển thành đặc tính ngắn mạch $I_t = f(I_n)$. Chúng ta hãy xét các đặc tính của máy phát điện theo phương pháp kích từ và coi đó là nhân tố chủ yếu để xác định các bản chất của các máy phát điện.

5.4.2.1 Các đặc tính của máy phát điện kích thích độc lập

a. Đặc tính không tải: $U_o = f(I_t)$ khi I = 0 và n = C^{te}.

Sơ đồ lấy đặc tính đó trình bày trên *hình 5.4.2a*, đặc tính được biểu thị trên *hình 5.19a*. Vì trong máy thường có từ thông dư nên khi $I_t = 0$ trên cực của máy phát có điện áp $U^{/}_{oo} = OA$ (h5.19b), thường $U^{/}_{oo} = (2 \div 3)\ \% U_{đm}$. Khi biến đổi I_t từ $I_t = 0 \div (+I_{tmax}) = OC$ điện áp U sẽ tăng theo đường cong 1 đến + $U_{omax} = Cc$. Thường $U_{omax} = (1{,}1 \div 1{,}25)\ U_{đm}$. Lúc không tải phần ứng của MFĐKTĐL chỉ nối với voltmet nên: $U_o = E_o = C_e.n.\Phi = C'_e.\Phi$



Hình 5.19 Sơ đồ lấy các đặc tính và đặc tính không tải của MFĐMCKTĐL

Nên quan hệ $U_o = f(I_t)$ lặp lại quan hệ $\Phi = f(I_t)$ theo 1 thước tỉ lệ nhất định.

Bây giờ chúng ta hãy biến đổi I_t từ + $I_{tmax} = OC \div I_t = 0$ sau đó đổi nối ngược chiều dòng điện trong mạch kích thích rồi tiếp tục biến đổi I_t từ $I_t = 0 \div (-I_{tmax}) = Od \rightarrow$ vẽ được đường cong 2.

Lặp lại sự biến đổi của dòng điện theo thứ tự ngược lại từ $– I_{tmax} = Od \div (+I_{tmax}) =$ OC thì ta vẽ được đường 3.

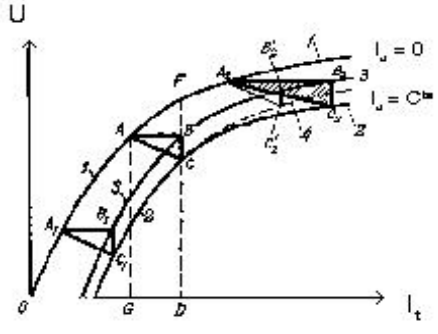
Đường cong 3 và 2 tạo thành chu trình từ trễ xác định tính chất thép của cực từ và gông từ. Vẽ đường 4 trung bình giữa các đường trên chúng ta được đặc tính không tải để tính toán.

b. Các đặc tính phụ tải: $U = f(I_t)$ khi I = C^{te}, n = C^{te}.

Khi MF có dòng điện tải I thì điện áp trên đầu cực bị hạ thấp do:

- Điện áp rơi trên phần ứng $I_u R_u$.
- Phản ứng phần ứng ε.

Các đường 1, 2 trên hình 5.20 biểu thị các đặc tính không tải và phụ tải. Nếu



F... Hình 5.20 Đặc tính phụ tải của

cộng thêm điện áp rơi $I_ưR_ư$ vào đường cong phụ tải thì ta có đặc tính phụ tải trong $U + I_ưR_ư = E_ư = f(I_t)$.

Khi $I = C^{te}$, $n = C^{te}$ là đường cong 3.

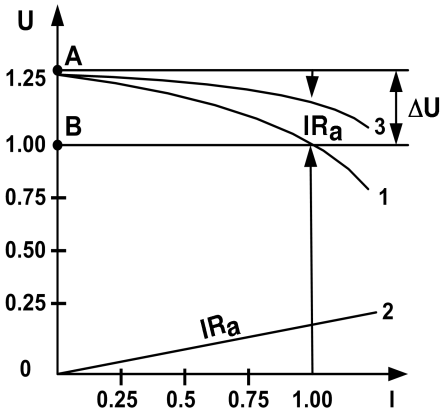
Đặc tính phụ tải cùng với đặc tính không tải cho phép thành lập Δ đặc tính của máy phát điện một chiều. Tam giác này một mặt cho phép đánh giá ảnh hưởng của điện áp rơi và phản ứng phần ứng đối với điện áp của máy phát điện một chiều mặt khác có thể dùng để vẽ đặc tính ngoài và đặc tính điều chỉnh của máy phát điện một chiều.

Cách vẽ Δ đặc tính như sau: Qua điểm D lấy tùy ý trên trục hoành, vẽ 1 đường thẳng // với trục tung cắt các đường cong 2, 3 và 1 ở các điểm C, B và F. Theo cách vẽ đó đoạn $BC = I_ưR_ư$. Lúc không tải với $I_t = OD$ ta có $U_o = FD$ cho nên toàn bộ điện áp rơi CF khi có dòng điện tải I sẽ lớn hơn điện áp rơi $BC = I_ưR_ư$ 1 trị số BF do phản ứng phần ứng sinh ra. Lúc không tải $E_ư = BD = AG$ là do dòng điện $I_{to} = OG$ sinh ra có trị số nhỏ hơn OD 1 đoạn DG = OD – OG. Từ đó ta thấy trị số S.t.đ phản ứng phần ứng biểu thị theo thước đo dòng điện kích thích bằng GD. Để vẽ được Δ đặc tính chỉ cần kẻ qua B 1 đoạn BA = GD // với trục hoành.

c. Đặc tính ngoài: $U = f(I)$ khi $I_t = C^{te}$ ($R_{đc}$ $= C^{te}$),$n = C^{te}$.

Đặc tính ngoài được lấy theo sơ đồ *5.19a* lúc cầu dao P được đóng mạch. Điện áp U_t trên đầu cực kích thích được giả thiết là không lớn, do đó:

$$I_t = \frac{U_t}{R_t} = C^{te}$$



Để lấy đặc tính ngoài chúng ta quay MFĐ đến $n = n_{đm}$ và thiết lập dòng điện kích thích $I_{tđm}$ sao cho I $= I_{đm} = 1$ và $U = U_{đm} = 1$ (hình 5.21). Sau đó giảm dần phụ tải của MFĐ đến không tải. Điện áp của MFĐ tăng theo đường cong 1 vì phụ tải giảm điện áp rơi trên phần ứng $I_ưR_ư$ và phản ứng phần ứng giảm lúc không tải $U_o = OA$, do đó:

$$\Delta U\% = \frac{OA - OB}{OB}100 = \frac{U_o - U_{đm}}{U_{đm}}100$$

Hình 5.21 Đặc tính ngoài của MFĐDCKTĐL

Vì $R_ư = C^{te}$ nên $I_ưR_ư = f(I_ư)$ biểu diễn bằng đường thẳng 2.

Đường cong 3 là quan hệ của: $U + I_ưR_ư = E_ư = f(I_ư)$

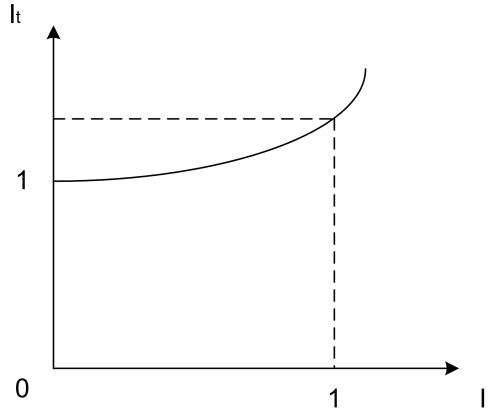
gọi là đặc tính trong của máy phát điện.

d. Đặc tính điều chỉnh $I_t = f(I)$ khi $U = C^{te}$, $n = C^{te}$

Vì khi $c = C^{te}$ thì U trên trục máy phát hạ thấp khi I tăng thì ngược lại *(hình 5.21)*. Nếu muốn $U = C^{te}$ thì phải tăng I_t khi I tăng và giảm I_t khi I giảm. Sơ đồ thí nghiệm như *hình 5.19a,* cho máy phát làm việc và mang tải đến định mức $I = I_{đm}$, $U = U_{đm}$, $I_t = I_{tđm}$ sau đó giảm

dần tả nhưng giữ cho n =C^{te} và điều chỉnh I_t để cho U = $U_{đm}$ lần lượt ghi trị số của I và I_t ta có dạng đặc tính điều chỉnh như *hình 5.22.*

Đặc tính điều chỉnh cho ta biết cần điều chỉnh dòng điện kích thích thế nào để giữ cho điện áp đầu ra của máy phát không đổi khi thay đổi tải. Đường biểu diễn đặc tính điều chỉnh trên hình (5.22) cho thấy khi tải tăng cần phải tăng dòng điện kích thích sao cho bù được điện áp rơi trên $I_ư$ và ảnh hưởng của phản ứng phần ứng . Từ không tải (U= $U_{đm}$) tăng đến tải định mức (I = $I_{đm}$) thường phải tăng dòng điện kích thích lên 15 ÷ 25% .



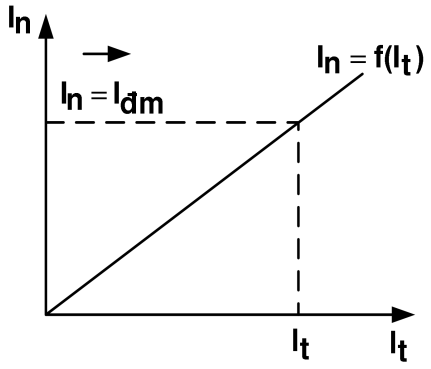
Hình 5.22 Đặc tính điều chỉnh của MFĐDCKTĐL

e. Đặc tính ngắn mạch $I_n = f(I_t)$ khi U = 0,n = C^{te}

Nối ngắn mạch các chổi than qua ampe mét cho máy chạy với n = C^{te}, đo các trị số I_t và I_n tương ứng ta được đặc tính ngắn mạch. Khi ngắn mạch:

$$U = E_ư - I_ư R_ư = 0$$

$\Rightarrow E_ư = I_ư R_ư$ do $R_ư$ << và $R_ư = C^{te}$ nên khi điều chỉnh $I_n = I_{đm}$ thì $E_ư$ << và S.đ.đ không vượt quá vài phần trăm của $U_{đm} \Rightarrow I_t$ << $\Rightarrow$ mạch từ của máy không bão hòa $\Rightarrow$ đặc tính ngắn mạch là một đường thẳng.



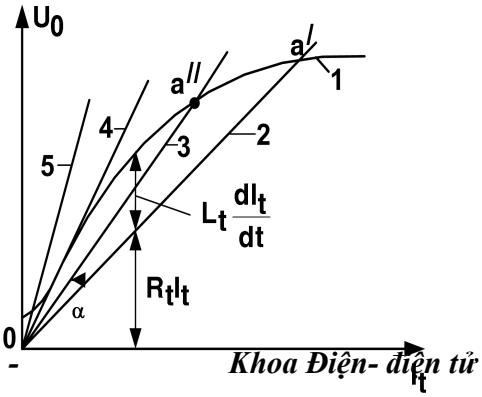
Hình 5.23 Đặc tính ngắn mạch

5.4.2.2 Các đặc tính của máy phát điện kích thích song song

5.4.2.2.1. Điều kiện và quá trình tự kích của máy

a. Điều kiện: Máy phát điện kích thích song song làm việc tự kích và không cần có nguồn điện bên ngoài để kích từ nên cần có các điều kiện sau:

- Máy phải có từ dư để khi quay có $\Phi_{dư}$ = (2 ÷ 3) % $F_{đm}$.
- Nối mạch kích thích đúng chiều để từ thông kích thích cùng chiều với $\Phi_{dư}$.



Hình 5.24 Điện áp xác lập của MFĐKT// ứng với các điện trở khác nhau.

.- $R_t < R_{th}$

- $n = n_{đm}$

b. Quá trình tự kích:

Khi quay máy phát đến $n_{đm}$ do có $\Phi_{dư}$ trong dây quấn phần ứng sẽ cảm ứng được 1 s.đ.đ $E_{ư}$ và trên cực máy thành lập được 1 điện áp $U_{dư} = (2 \div 3)\%U_{đm}$. Nếu nối kín mạch kích thích thì trong đó có dòng điện $It = U_{dư} / R_t$, R_t là điện trở của mạch kích thích. Kết quả là sinh ra s.t.đ $I_t w_t$. Nếu s.t.đ này sinh ra từ thông có cùng chiều với $\Phi_{dư}$ thì máy sẽ tăng kích từ, điện áp đầu cực sẽ tăng và cứ tiếp tục như vậy máy sẽ tự kích được.

Ta hãy giải thích giới hạn của quá trình tự kích (ta cho rằng máy phát điện làm việc không tải I = 0).

Khi tự kích phương trình S.đ.đ trong mạch kích từ có thể viết:

$$U_0 = I_t R_t + \frac{d(L_t I_t)}{dt} \qquad \text{hay} \qquad U_0 - I_t R_t = L_t \frac{dI_t}{dt}$$

Với U_o: điện áp biến đổi trên đầu cực MFĐ và cũng là trên đầu mạch kích từ.

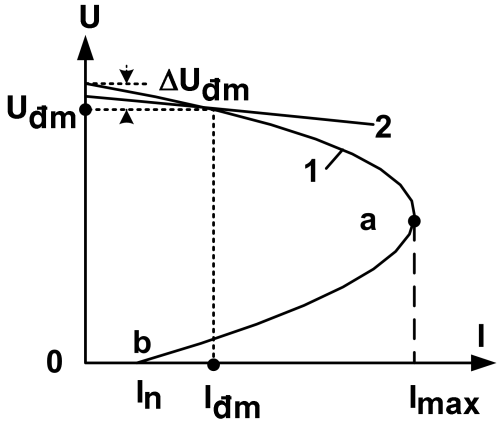
R_t: điện trở của mạch kích từ.

L_t: Điện cảm của mạch kích từ.

Nếu $R_t = C^{te}$ thì điện áp rơi $I_t R_t$ biến đổi tỉ lệ thuận với I_t,đồ thị của nó được biểu thị bằng đường thẳng 2 và làm với trục ngang 1 góc $\text{tg}\alpha = \frac{I_t R_t}{I_t} = R_t$

Cho nên mỗi giá trị của R_t thì có 1 đường thẳng tương ứng xác định bởi công thức trên. Trên *h5.26* đường cong 1 cho ta đặc tính không tải. Các đoạn thẳng giữa đường cong 1 và 2 là hiệu số $Uo - I_t R_t = L_t \frac{dI_t}{dt}$ dùng để tăng cường quá trình tự kích. Quá trình đó kết thúc khi $Uo - I_t R_t = 0$ nói khác đi các đường 1 và 2 cắt nhau.

Nếu chúng ta tăng R_t nghĩa là tăng góc a thì điểm M sẽ trượt trên đường đặc tính không tải về 0. Với 1 điện trở nhất định gọi là R_{th} thì đường thẳng 2 sẽ tiếp xúc với đoạn đầu của đặc tính không tải (đường thẳng 4 trên *h5.24*). Trong các điều kiện đó máy không tự kích được.



Hình 5.25 Đặc tính ngoài của MFĐDCKT// (1) và KHTĐL (2)

5.4.2.2.2. Đặc tính ngoài

U = f(I) khi $R_t = C^{te}$,$n = C^{te}$.

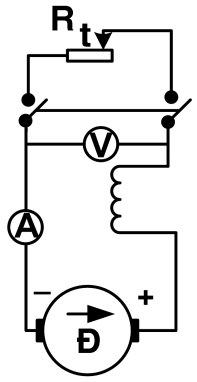
Khi KTĐL thì $I_t = U_t / R_t = C^{te}$ còn khi KT// thì $I_t = U_t / R_t = U / R_t \approx U$

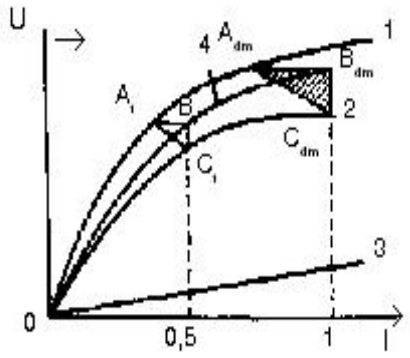
Sau khi máy đã phát được điện áp việc thành lập đặc tính ngoài được tiến hành như máy phát điện kích thích độc lập.

Đặc điểm đặc biệt ở MFĐKT// là dòng điện tải chỉ tăng đến 1 trị số nhất định $I = I_{th} = (2 \div 2,5)I_{đm}$. Sau đó nếu tiếp tục giảm R_t của tải ở mạch ngoài thì I không tăng mà giảm nhanh đến trị số I_o xác định bởi từ dư của máy.

5.4.2.3 Đặc tính của máy phát điện kích thích nối tiếp

Trong máy phát điện kích thích nối tiếp: $I_t = I_{ư} = I$ cho nên chỉ có thể lấy được các đặc tính không tải, đặc tính phụ tải, và đặc tính ngắn mạch. Theo sơ đồ KTĐL (h5.19a), các đặc tính có dạng như máy phát điện kích thích độc lập. Khi máy phát điện kích thích nối tiếp làm việc ở $n = C^{te}$ chỉ còn 2 đại lượng biến đổi U và I nên máy phát điện này về thực chất có 1 đặc tính ngoài U = f(I) khi $n = C^{te}$. Cách thành lập đặc tính ngoài theo đặc tính không tải và





(a)

D đặc tính: đầu tiên vẽ Δ ABC tương ứng với $I = I_{đm}$, DABC đến vị trí $A_1B_1C_1$ sao cho A_1 nằm trên đặc tính không tải thì điểm C_1 sẽ nằm trên đặc tính ngoài. Thay đổi các cạnh của D tỉ lệ với I ta vẽ được đặc tính ngoài của máy.

5.4.2.4 Đặc tính của máy phát điện kích thích hỗn hợp

Máy phát điện kích thích hỗn hợp có đồng thời 2 dây quấn kích thích song song và nối tiếp cho nên nó tập hợp các tính chất của cả 2 loại máy này. Tùy theo cách nối, s.t.đ của 2 dây quấn kích từ có thể cùng chiều hoặc ngược chiều nhau. Cách nối các dây quấn kích từ ngược chiều nhau thường được dùng trong các sơ đồ đặc biệt, thí dụ trong 1 số kiểu của máy phát hàn điện. Khi nối thuận 2 dây quấn kích từ thì dây quấn song song đóng vai trò chính còn dây quấn nối tiếp đóng vai trò bù lại tác dụng của phản ứng phần ứng và điện áp rơi $I_{ư}R_{ư}$. Nhờ đó mà máy có khả năng điều chỉnh điện áp trong 1 phạm vi tải nhất định.

Các đặc tính:

- Đặc tính không tải của máy phát điện kích thích hỗn hợp:

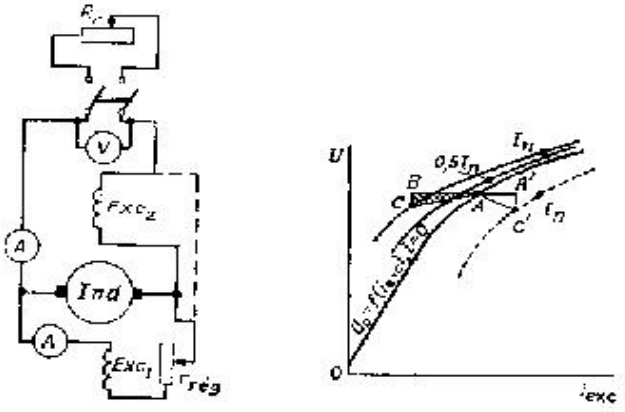
$U_o = f(I_t)$ khi I = 0, $n = C^{te}$ giống máy phát điện kích thích song song vì trong trường hợp đó $I_{tn} = 0$.

- Đặc tính phụ tải của máy phát điện kích thích hỗn hợp:

$U = f(I_t)$ khi $I = C^{te}$, $n = C^{te}$ cũng có dạng như máy phát điện kích thích song song nhưng khi dây quấn nối tiếp đủ mạnh thì chúng có thể cao hơn các đặc tính không tải vì dây quấn nối tiếp làm từ hóa tỉ lệ với $I_{ư}$ nên tác dụng của dây quấn đó xem như phản ứng từ hóa của

phần ứng (nghĩa là s.t.đ của nó sinh ra triệt tiêu được s.t.đ phản ứng phần ứng và còn thừa s.t.đ để trợ từ) nên cạnh AB sẽ nằm bên phải cạnh BC.
Nếu ta xê dịch ΔABC // với bản thân nó sao cho đỉnh A trượt dọc đặc tính không tải thì đỉnh C vẽ thành đặc tính phụ tải như máy phát điện kích thích độc lập thay đổi các cạnh ΔABC tỉ lệ với I ta có thể vẽ được 1 loạt đặc tính phụ tải ví dụ $I = I_{đm}$ và $I = 0,5I_{đm}$.

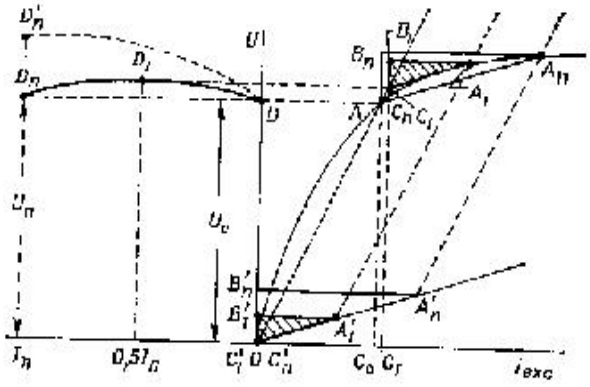
Hình 5.31 Sơ đồ MFĐDCKTHH



b) Hõnh 5.32

- Ta có thể dùng đặc tính không tải và D đặc tính để vẽ đặc tính ngoài U = f(I) khi $R_t = C^{te}$.
Kẻ đường thẳng OA từ gốc tọa độ biểu thị cho quan hệ $I_t = \frac{U}{R_t} \approx U$.
Đặt Δ $A'_1B'_1C'_1$ tương ứng với $I = 0,5I_{đm}$ ở trường hợp bù thừa (phản ứng phần ứng trợ từ) ở gốc tọa độ, rồi tịnh tiến Δ đó đến vị trí $A_1B_1C_1$ dọc theo đường 1 sao cho A_1 nằm trên đặc tính không tải, C_1 trên đường thẳng OA thì C_1G_1 sẽ xác định điện áp của máy phát khi $I = 0,5I_{đm}$, cũng bằng phương pháp đó ta có thể vẽ đối với dòng điện $I = I_{đm}$ (Δ $A'_{đm}B'_{đm}C'_{đm}$ và Δ $A_{đm}B_{đm}C_{đm}$).

Có thể tính dây quấn nối tiếp sao cho điểm $C_{đm}$ của Δ $A_{đm}B_{đm}C_{đm}$ trùng với điểm A thì ta có trường hợp $U_o = U_{đm}$. Nối các điểm $D_oD_1D_{đm}$ bằng 1 đường cong ta sẽ có đặc tính ngoài của máy.



Hình 5.33 Cách vẽ đặc tính ngoài của MFĐKTHH.

5.4.3. Máy phát điện một chiều làm việc song song

Trong thực tế nhằm đảm bảo an toàn cho cung cấp điện và sử dụng kinh tế nhất các máy phát thì hầu hết các nhà máy điện đều ghép các máy phát làm việc // với nhau.

Sau đây ta sẽ xét các điều kiện cần thiết để ghép các máy phát điện làm việc song song và sự phân phối cũng như chuyển công suất giữa các máy.

5.4.3.1. Điều kiện làm việc song song của các MFĐDC:

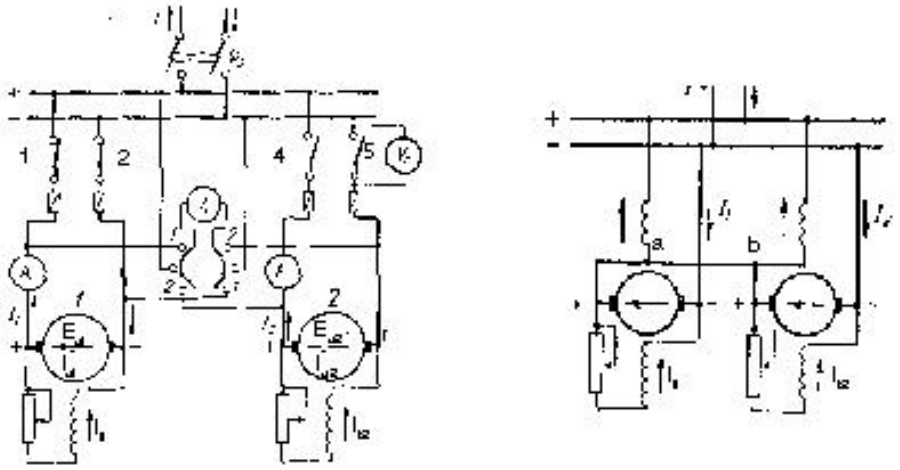
Giả sử ta có 2 MFĐDC I và II, trong đó máy phát điện I đang làm việc với 1 phụ tải I nào đó và phát ra 1 điện áp u trên hai thanh đồng đấu. Muốn ghép MFĐII vào làm việc // với MFĐ I cần phải giữ đúng các điều kiện sau:

1) Cực tính của MFĐ II phải cùng cực tính của thanh đồng đấu.

2) S.đ.đ của MFĐ II trên thực tế phải bằng điện áp u.

3) Nếu MFĐ làm việc // thuộc MFĐKTHH thì cần có điều kiện thứ 3: nối dây cb giữa 2 điểm a và b như *hình 5.35.*

Hình 5.34 Sơ đồ làm việc // của các MFKT//



Hình 5.35 Sơ đồ làm việc // của các MFKTHH

Giải thích các điều kiện trên:

Điều kiện 1: Cần phải đảm bảo chặt chẽ nếu không 2 máy phát điện sẽ bị nối nối tiếp với nhau gây nên tình trạng ngắn mạch của cả 2 máy.

Điều kiện 2: Nếu không thỏa thì sau khi ghép vào máy 2 hoặc phải nhận tải đột ngột nên E > u và làm cho lưới điện thay đổi hoặc làm việc theo chế độ động cơ E < u.

Điều kiện 3: Có thể được giải thích như sau, giả sử tốc độ quay của một trong các máy phát ví dụ máy phát I tăng thì n_I tăng $\rightarrow E_{uI}$ tăng và chú ý rằng dây quấn kích thích // của máy phát I sinh ra Φ_1 còn dây quấn nối tiếp sinh ra Φ_2 và $\Phi_2 = C_2 I_1$ trong trường hợp đó:

$$I_{ö} = \frac{E_{ö1} - u}{R_{ö1}} = \frac{C_e n(\Phi_1 + \Phi_2) - u}{R_{ö1}} = \frac{C_e n(\Phi_1 + C_2 I_{ö}) - u}{R_{ö1}}.$$

Từ đó:

$$I_1 = \frac{nC_e\Phi_1 - u}{R_{u1} - nC_eC_2}$$

Vì vậy nên khi $E_{ư1} = C_e n \Phi_1$ tăng $\rightarrow I_1$ tăng $\rightarrow \Phi_1$ tăng $\rightarrow E_{ư1}$ tăng $\rightarrow I_1$ tăng. Cứ như vậy máy phát I sẽ giành lấy hết tải và bị quá tải và buộc máy phát II chuyển từ chế độ máy phát sang chế độ động cơ (với cách nối ngược các dây quấn // và nối tiếp). Tải đột ngột tăng ở máy phát I làm tốc độ quay của động cơ sơ cấp nối với nó giảm do đó dẫn đến sự chuyển toàn bộ phụ tải sang máy phát II và máy phát I lại chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ. Sau đó động cơ sơ cấp của máy phát I lại tăng tốc độ và nó lại nhận toàn bộ phụ tải v.v…Như vậy có thể xuất hiện quá trình dao động chuyển đổi tuần hoàn dòng điện phụ tải từ máy này qua máy kia do đó các máy phát điện không thể làm việc ổn định được.
Khi có dây nối cân bằng, các dây quấn kích từ nối tiếp được nối song song (h5.4.18). Do đó các dòng điện của chúng thay đổi theo cùng một tỉ lệ xác định bởi điện trở của các dây quấn đó. Nếu vì 1 lý do nào đó $I_{ư1}$ tăng $\rightarrow I_{ư2}$ tăng theo cùng mức độ làm cho s.đ.đ và dòng điện phụ tải của 2 máy tăng đồng thời không có hiện tượng trên.

Cách ghép máy phát song song: Quay máy phát II không kích từ đến $n_{đm}$ và đóng cầu dao 4, nếu bỏ qua từ dư của máy thì V2 chỉ điện áp u. Bắt đầu kích từ máy II, nếu cực tính của máy không cùng với cực tính của thanh đồng đấu thì V2 chỉ điện áp $u + E_{ư\ II}$, không thể đóng 5. Nếu cực tính của nó đúng cực tính của thanh đồng đấu thì V2 chỉ $u - E_{ư\ II}$ và khi hiệu số này bằng 0 thì ta có thể đóng 5 để ghép máy II vào làm việc // với máy I. Muốn cho máy II mang tải thì tăng kích từ.

5.4.3.2. Phân phối và chuyển phụ tải:

Từ các phương trình s.đ.đ cơ bản của máy phát điện một chiều ta có:

$$u = E_{ưI} - I_{ưI}R_{ưI} = E_{ưII} - I_{ưII}R_{ưII}$$

Nếu R_c là điện trở của mạch ngoài

$$u = (I_{ưI} + I_{ưII}).R_c$$

Giải các phương trình đó đối với $I_{ư\ I}$ và $I_{ư\ II}$ ta có:

$$I_{ưI} = \frac{E_ư(R_c + R_{ưII}) - E_{ưII}R_c}{R_c(R_{ưI} + R_{ưII}) + R_{ưI}R_{ưII}} \quad (1)$$

$$I_{öII} = \frac{E_{öII}(R_c + R_{öI}) - E_{öI}R_c}{R_c(R_{öI} + R_{öII}) + R_{öI}R_{öII}} \quad (2)$$

Do đó

$$u = \frac{R_c(E_{ưI}.R_{ưII} + E_{ưII}R_{ưI}) - E_{ưI}R_c}{R_c(R_{ưI} + R_{ưII}) + R_{ưI}R_{ưII}} \quad (3)$$

Từ các công thức trên ta thấy nếu đã biết $R_{ưI}$, $R_{ưII}$, R_c thì sự phân phối dòng điện phụ tải giữa các MF phụ thuộc vào s.đ.đ $E_{ưI}$ và $E_{ưII}$, nghĩa là vào tốc độ quay của các MF: n_I, n_{II} và từ thông tổng của chúng Φ_I, Φ_{II} ($E = Ce.n.\Phi$). Nếu chúng ta muốn phân phối lại phụ tải giữa các máy với $u = C^{te}$ thì phải đồng thời thay đổi tốc độ quay hoặc kích thích của cả 2 MF theo chiều ngược nhau sao cho tổng số $E_{ưI}R_{ưII} + E_{ưII}R_{ưI}$ ở tỉ số của công thức (3) không đổi.

Nếu chúng ta muốn tách 1 trong các MF, thí dụ MF I thì phải giảm kích thích của nó và đồng thời tăng kích thích của MF II cho đến khi dòng điện II = 0.

Thí dụ 1

Cho một máy phát điện kích thích song song 25kW, 230V, 1800 V/ph, $R_{ư}$ = 0,09 Ω, điện áp giáng trên chổi than ΔUtx = 2 V phản ứng phần ứng lúc tải đầy ($I_{ư} = I_{đm}$ bỏ qua I_t) tương đương với dòng điện I_t = 0,05A. Đường cong từ hóa tương đương với tốc độ định mức như sau:

It, A	1	1,5	2	3	4	5	6
Uo, V	134	180	209	237	256	268	279

Tính:
a) Điện trở của mạch kích từ
b) Điện áp không tải (điện trở mạch kích từ giữ không đổi)
Giải
a. Khi tải đầy

$$E_{ư} = U + I_{ư}R_{ư} = 230 + 108,7 \text{ x } 0,09 + 2 = 241,8 \text{ V}$$

Từ đường cong từ hoá suy ra: I_t = 3,25 A. Tuy nhiên để khắc phục phản ứng phần ứng trên thực tế phải có: $I'_t = 3,25 + 0,05 = 3,3$ A

Vậy: $R_t = U_t / I_t = 230 / 3,3 = 69,6.$

b) Điện áp lúc không tải U_0 là giao điểm của đường thẳng $U_0 = R_t.I_t = 69,6\ I_t$ và đặc tính không tải.Bằng phương pháp vẽ ta suy ra giao điểm đó ứng với I_t= 3,56 A và U_0 = 247,6 V

Thí dụ 2
Cho một máy phát điện kích thích độc lập có các số liệu lúc tải đầy U = 220 V, I_t = 2,5 A =C^{te}, $I_{ư}$ = 10 A, n = 1000 V/ph. Số vòng dây của dây quấn kích thích w_t = 850.
Đường từ hóa ở 750 Vg/ph có các trị số:

I_t, A	1	1,6	2	2,5	2,6	3	3,6	4,4
U_0, V	78	120	150	176	180	193,5	206	225

Tính:
a) Điện áp không tải ở n = 1000 V/ph
b) Số ampe vòng khử từ của phản ứng phần ứng khi tải đầy
c) Điện áp đầu cực khi quá tải 25%
Giải
Vì s.đ.đ tỷ lệ với tốc độ nên:

$$\frac{E_{(1000)}}{E_{(750)}} = \frac{1000}{750}$$

$$E_{(1000)} = 176\frac{1000}{750} = 235\text{V}$$

b. S.đ.đ của máy phát khi tải đầy ở tốc độ 1000 vg/ph

$E_{ư} = U + I_{ư}R_{ư} = 220 + 10 \text{ x } 0,4 = 224$ V

Và ở tốc độ 750 vg/ph

$$E_{(750)} = 750\ \frac{224}{1000} = 168\ V$$

Từ đường cong từ hoá tìm được dòng điện kích từ tương ứng I_t = 2,35 A. Vậy số ampe vòng khử từ bằng:
850.(2,5 - 2,35) = 127,5 A.vg
c. Khi quá tải 25% phản ứng phần ứng sẽ tăng 25% tương ứng với:
I_t = (2,5 - 2,35).1,25 = 0,1875 A
Và dòng điện kích thích có hiệu quả bằng:
I_t = 2,5 - 0,1875 = 2,315 A.
Từ đường từ hoá suy ra $E_{(750)}$ = 165 V. Do đó:

$$E_{(1000)} = 1000\frac{165}{750} = 220V$$

Điện áp đầu cực sẽ bằng:
$U = E - I_u R_u = 220 - (10x1,25).0,4 = 215$ V

5.5 Động cơ điện một chiều

5.5.1. Đại cương

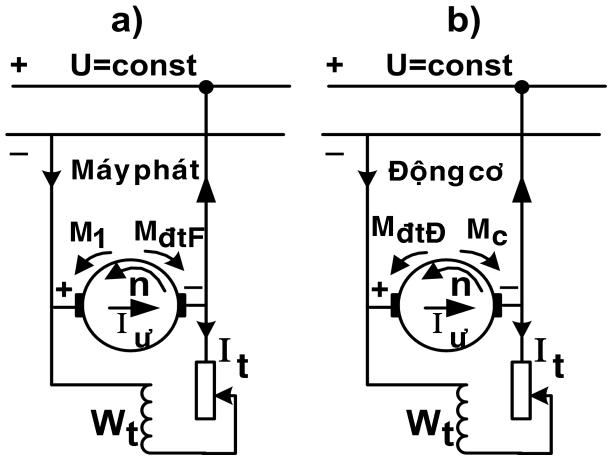
Động cơ điện một chiều được dùng rất phổ biến trong công nghiệp, giao thông vận tải và nói chung ở các thiết bị cần điều chỉnh tốc độ quay liên tục trong một phạm vi rộng rãi.

5.5.1.1. Nguyên tắc nghịch đảo của các máy điện:

Giả sử máy đang làm việc ở chế độ máy phát trên lưới điện có U = const và sinh ra $M_{đt}$ là mô men hãm đối với mô men quay M_1 của động cơ sơ cấp kéo máy phát. Lúc đó, dòng điện phần ứng của máy phát:

$$I_ö = \frac{E_ö - U}{R_ö}$$

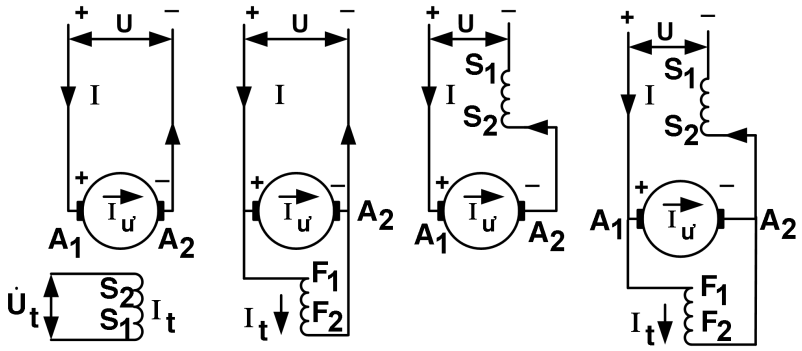
Nếu giảm Φ hoặc n của máy phát thì s.đ.đ của nó sẽ giảm. Khi giảm một cách thích đáng với $E_u < U$. Lúc đó I_u sẽ đổi dấu và có chiều ngược với chiều ban đầu *(h5.36b)*. Nhưng vì U = const nên chiều của I_t trong dây quấn kích thích hay là tên của các cực từ chính sẽ không đổi. Như vậy $M_{đt}$ sẽ đổi dấu và máy chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ. Tách động cơ sơ cấp kéo máy phát điện ra ta có động cơ điện một chiều. Trong quá trình chuyển đổi như vậy, trên trục máy có 2 động cơ: Động cơ sơ cấp và động cơ điện một chiều có thể gây ra hư hỏng cho bộ máy. Cho nên trong sơ đồ của các máy phát điện khi làm việc song song đều có khí cụ điện tự động cắt máy phát điện ra khỏi lưới điện khi dòng điện của máy phát điện đổi chiều.



Hình 5.36 Chuyển đổi máy điện một chiều kích thích song song từ chế độ máy phát sang chế độ động cơ

5.5.1.2. Phân loại các động cơ điện một chiều:

Cũng như máy phát điện, động cơ điện một chiều được phân loại theo cách kích thích thành các động cơ điện một chiều kích thích độc lập, kích thích song song, kích thích nối tiếp và kích thích hỗn hợp. Cần chú ý rằng ở động cơ điện một chiều kích thích độc lập $I_u = I$; ở động cơ điện một chiều kích thích song song và hỗn hợp $I = I_u + I_t$; ở động cơ điện kích thích nối tiếp $I = I_u = I_t$. Sơ đồ nối dây của chúng tương tự như máy phát được trình bày ở *hình 5.37*



Hình 5.37 Sơ đồ nguyên lý các động cơ điện một chiều

§ 5.5.2 Mở máy động cơ điện một chiều

Quá trình mở máy là quá trình đưa tốc độ động cơ điện từ n = 0 đến tốc độ $n = n_{đm}$.

· Yêu cầu khi mở máy:

- Dòng điện mở máy (I_{mm}) phải được hạn chế đến mức thấp nhất.
- Moment mở máy (M_{mm}) phải đủ lớn.
- Thời gian mở máy phải nhỏ.
- Biện pháp và thiết bị mở máy phải đơn giản vận hành chắc chắn.

· Từ các yêu cầu trên chúng ta có các phương pháp mở máy sau đây:

- Mở máy trực tiếp ($U = U_{đm}$).
- Mở máy bằng biến trở.

- Mở máy bằng điện áp thấp đặt vào phần ứng ($U < U_{đm}$).

Trong tất cả mọi trường hợp khi mở máy bao giờ cũng phải bảo đảm từ thông $\Phi = \Phi_{đm}$ nghĩa là biến trở mạch kích từ $R_{đc}$ phải ở trị số nhỏ nhất để sau khi đóng điện, động cơ được kích thích tối đa và lớn nhất. Phải đảm bảo không để đứt mạch kích thích vì trong trường hợp đó $\Phi = 0$, $M = 0$ động cơ không quay được và do đó sức phản điện động $E_ư = 0 \rightarrow I_ư = U/R_ư$ rất lớn làm cháy dây quấn và vành góp.

Muốn đổi chiều quay của động cơ có thể dùng một trong hai phương pháp hoặc đổi chiều dòng điện phần ứng $I_ư$ hoặc đổi chiều dòng điện kích thích I_t. Thông thường trên thực tế chỉ đổi chiều $I_ư$ vì dây quấn kích từ có nhiều vòng dây nên hệ số tự cảm L_t rất lớn và sự thay đổi I_t dẫn đến sự thay đổi s.đ.đ tự cảm rất lớn gây ra điện áp đánh thủng cách điện của dây quấn.

5.5.2.1. Mở máy trực tiếp: Phương pháp này được thực hiện bằng cách đóng thẳng động cơ vào nguồn điện với điện áp định mức. Như vậy ngay lúc khởi động rotor chưa quay n=0 nên $E_ư = 0$ và

$$I_ư = I_{mn} \frac{U_{đm} - E_ư}{R_ư} = \frac{U_{đm}}{R_ư}$$

Trong thực tế $R_{ư*} = 0{,}02 \div 0{,}1 = I_{đm}.R_{ưđm} / U_{đm}$ nên với điện áp định mức $U_* = 1$thì dòng $I_ư$ sẽ rất lớn:

$$I_ư = I_{đm} = (50 \div 10)I_{đm} \quad \text{hay} \quad I_{mm} / I_{đm} = I_{mm*} = 50 \div 10$$

Dòng điện mở máy quá lớn làm hư hỏng cổ góp, xung lực trên trục làm hư hỏng trục máy. Nên phương pháp này chỉ áp dụng đối với những động cơ công suất nhỏ khoảng vài trăm watt trở xuống vì cỡ công suất này máy có $R_ư$ lớn. Do đó khi mở máy $I_ư = I_{mm} \le (4 \div 6)I_{đm}$.

5.5.2.2. Mở máy nhờ biến trở:

Để tránh nguy hiểm cho động cơ người ta phải giảm dòng điện mở máy I_{mm} bằng cách nối biến trở mở máy R_{mm} với phần ứng. Dòng điện phần ứng của động cơ được tính theo biểu thức:

$$I_ư = \frac{U_{đm} - E_ư}{R_ư + \sum Rmmi}$$

Trong đó: i là chỉ thứ bậc của các bậc điện trở. Trước khi mở máy phải để R_{mmmax}, $R_{đc\ min}$. Gạt tay gạt T về vị trí 1 ta có dòng điện mở máy I_{mm1} bằng:

$$I_{mn1} = \frac{U_{ñm} - E_ö}{R_ö + \sum Rmm}$$

Vì khi mở máy n = 0 nên $E_ư = C_e.\Phi_δ.n$. Do dây quấn kích thích được nối trực tiếp với nguồn nên từ thông $\Phi = \Phi_{đm}$. Nếu mômen do động cơ sinh ra lớn hơn mô men cản trên trục $M_Đ > M_c$ thì $n \uparrow \rightarrow E_ư \uparrow \rightarrow I_ư \downarrow \rightarrow M \downarrow$. Khi $I_ư = I_{mm2} = (1{,}1 \div 1{,}3)I_{đm}$ ta gạt tay gạt T đến vị trí 2 vì 1 bậc điện trở bị loại trừ nên $I_ư \uparrow$ đến I_{mm1}: $I_ư \uparrow \rightarrow M \uparrow \rightarrow n \uparrow \rightarrow E_ư \uparrow \rightarrow I_ư \downarrow \rightarrow M \downarrow$ khi $I_ư \downarrow$ đến I_{mm2} ta gạt T đến vị trí 3 và lần lượt đến vị trí 4, 5. Quá trình trên cứ lặp lại cho đến khi $n_Đ = n_{đm}$ thì R_{mm} cũng bị loại trừ khỏi mạch phần ứng. Nếu R_{mm} hết mà $n_Đ$

chưa bằng $n_{đm}$ thì điều chỉnh $R_{đc}$. Muốn dừng máy ta kéo tay gạt T về vị trí ban đầu số 0, tốc độ máy chậm lại chậm lại, và cắt nguồn điện đưa vào động cơ. Giới hạn trên của dòng điện mở máy I_{mm1} được chọn sao cho thỏa mãn điều kiện đổi chiều dòng điện (tia lửa) trên các chổi than. Giới hạn dưới của dòng điện I_{mm2} được chọn sao cho thỏa mãn điều kiện:

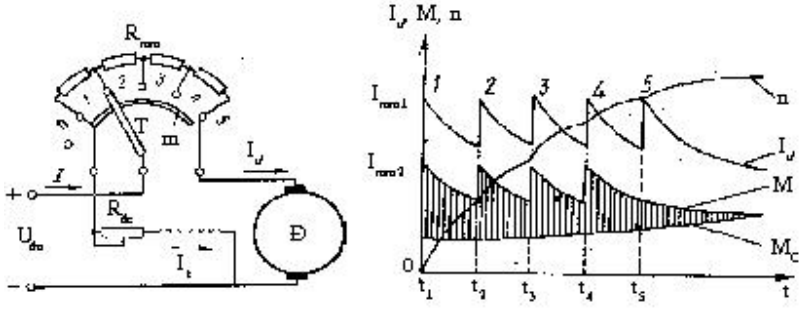
$$M_{đl} = M_Đ - M_C = J.\frac{d\omega}{dt} > 0$$

J: Mômen quán tính của khối quay;

ω: Tốc độ góc của roto.

Thường chọn $I_{mm1} = (1,5 \div 1,75)I_{đm}$, $I_{mm2} = (1,1 \div 1,3)I_{đm}$.

Hình 5.38 Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều kích thích song song bằng biến trở



Hình 5.39 Các quan hệ Iư, M, n theo thời gian khi mở máy động cơ.

5.5.2.3. Mở máy bằng điện áp thấp: $U_{mm} < U_{đm}$

Trong các thiết bị công suất lớn, biến trở mở máy rất cồng kềnh và đưa lại năng lượng tổn hao lớn, nhất là khi phải mở máy luôn. Nên trong một số thiết bị người ta dùng mở máy không biến trở bằng cách ha điện áp đặt vào động cơ lúc mở máy.

Dùng tổ máy phát - động cơ (Hệ thống WARD - LEONARD *hình 5.40*) nguồn điện áp có thể điều chỉnh được của máy phát cung cấp cho phần ứng của động cơ, trong khi đó mạch kích thích của máy phát và động cơ phải được đặt dưới 1 điện áp độc lập khác. Phương pháp này chỉ áp dụng cho ĐCĐKTĐL. Thường được kết hợp với điều chỉnh n.

Hình 5.40 Sơ đồ nối dây của hệ thống Ward - Leonard thay đổi điện áp để điều khiển một ĐCĐKTĐL (ha). Hệ thống MF- động cơ gồm 3 bộ phận: Máy kích từ nhỏ, động cơ sơ cấp, máy phát điện DC điều khiển (hb).

5.5.3 Đặc tính của động cơ điện một chiều

Tùy theo cách kích từ động cơ điện một chiều có những tính năng khác nhau biểu diễn bằng các đường đặc tính làm việc, đặc tính cơ khác nhau. Đặc tính quan trọng nhất là đặc tính cơ biểu thị quan hệ giữa tốc độ quay và mômen: n = f(M)

5.5.3.1. Đặc tính cơ và điều chỉnh tốc độ của động cơ điện một chiều:

a. Đặc tính cơ

Từ biểu thức $E_u = C_e \Phi_\delta n$ $\Rightarrow$

$$n = \frac{E_{ư}}{C_e \Phi_\delta} = \frac{U - I_ư R_ư}{C_e \Phi_\delta} = \frac{U}{C_e \Phi_\delta} - \frac{R_ư}{C_e \Phi_\delta} I_ư \quad (4)$$

Với $C_e = \frac{pN}{60a}$; $R_ư = R_b + R_{ct} + R_f$

Trong đó: $R_ư$: Điện trở phần ứng;

R_b: Điện trở dây quấn bù;

R_{ct}: Điện trở tiếp xúc của chổi than với vành góp;

R_f: Điện trở dây quấn cực từ phụ;

Phương trình (4) được gọi là phương trình đặc tính tốc độ của động cơ: $n = f(I_ư)$.

Vì: $M = C_M \Phi_\delta I_ư$ nên: $$n = \frac{U}{C_e \Phi_\delta} - \frac{R_ư}{C_e \Phi^2_\delta} M \quad (5)$$

Phương trình (5) gọi là phương trình đặc tính cơ của động cơ: $n = f(M)$.

Từ (4) và (5) ta thấy khi phụ tải đặt trên trục động cơ bằng 0, trường hợp lý tưởng $I_ư = 0$ hoặc $M = 0$ thì $n = \frac{U}{C_e \Phi_\delta} = n_o$: Tốc độ không tải lí tưởng.

Tại $n = 0$ ta có: $I_ư = \frac{U}{R_ư} = I_n$

$$M = C_M \Phi_\delta \frac{U}{R_ư} = C_M \Phi_\delta I_n = M_n$$

Đặt: $\frac{R_ö}{C_e \Phi_\delta} = tg\alpha'$ và $\frac{R_ư}{C_e \Phi^2_\delta} = tg\alpha$

Là hệ số góc đặc tính tốc độ và đặc tính cơ.

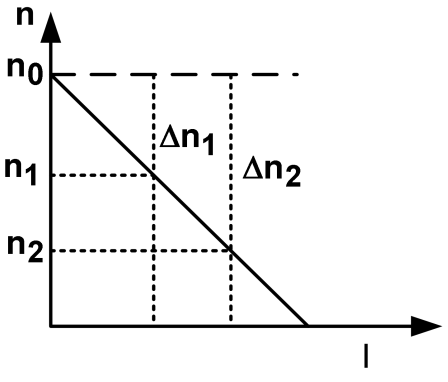
$\frac{R_ư}{C_e \Phi_\delta} I_ư = \Delta n'$ và $\frac{R_ö}{C_e \Phi^2_\delta} M$

Độ sụt tốc độ của đặc tính tốc độ và đặc tính cơ tại 1 giá trị dòng điện và mômen nhất định.

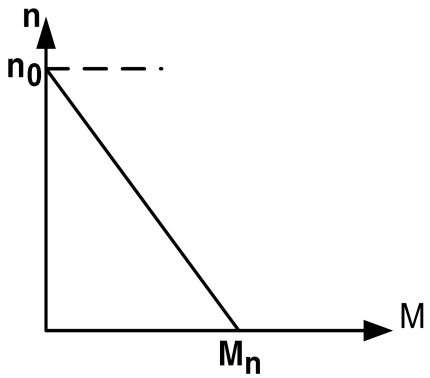
Đặc tính cơ và đặc tính tốc độ của động cơ có độ dốc không đổi còn độ sụt tốc độ biến đổi theo dòng điện và mômen.

$n = n_0 - \Delta n$ $\Delta n = n_0 - n$

Biểu diễn trên đồ thị:



c) *Hình 5.41 Đặc tính tốc độ của*



d) *Hình 5.42 Đặc tính cơ của động cơ*

Trong truyền động điện 1 vấn đề tương đối quan trọng được đặt ra là phải có sự phối hợp tốt đặc tính cơ của động cơ điện và đặc tính cơ của phụ tải hoặc máy công tác. Thí dụ: Tốc độ của hệ thống phải không đổi hay thay đổi nhiều khi mômen tải thay đổi và để thỏa mãn các yêu cầu đó cần phải dùng các loại động cơ điện khác nhau có đặc tính cơ thích hợp. Sự phối hợp các đặc tính cơ của động cơ điện và của tải còn phải đảm bảo được tính ổn định trong chế độ làm việc xác lập cũng như trong quá trình quá độ. Để nghiên cứu điều kiện làm việc ổn định của hệ thống truyền động ta xét đặc tính cơ $M_Đ = f(n)$ của động cơ và $M_c = f(n)$ của tải trình bày trên *hình 5.43.* Trường hợp *hình 5.43b*: Giả sử tốc độ động cơ từ n_A giảm xuống $n_{A'1}$ thì động cơ tạo ra 1 mômen động lực dương:

$$M_{đl} = M_Đ - M_c = J.\frac{d\omega}{dt} > 0$$

Trong đó: $J = \frac{GD^2}{4g}$: Mômen quán tính của khối quay đã quy đổi về trục động cơ.

D: Đường kính của khối quay.

g: Gia tốc trọng trường, $g=10m/s^2$.

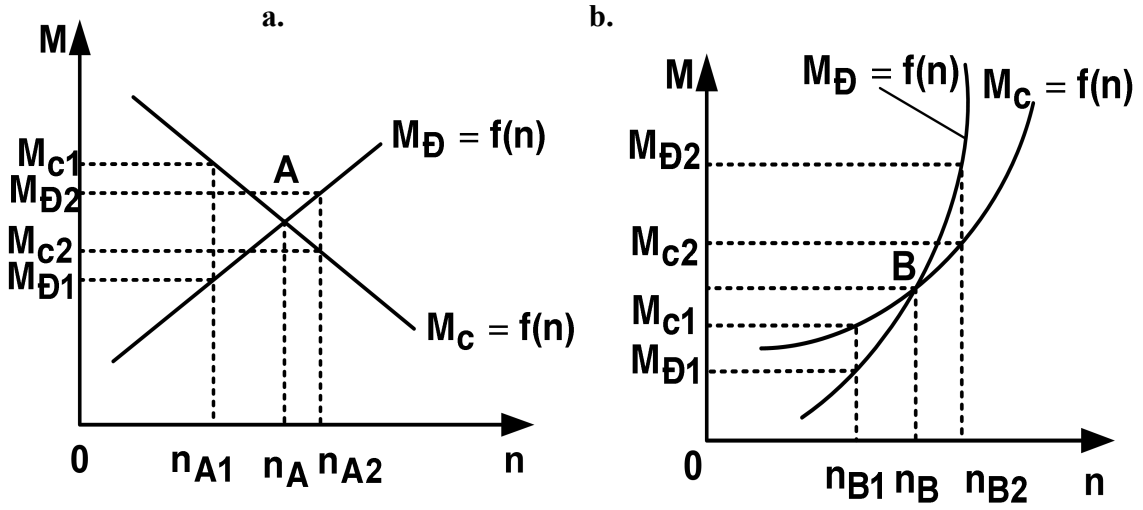
Mômen động lực dương làm cho tốc độ quay tăng lên n_A.

Ngược lại, giả sử tốc độ động cơ từ n_A tăng lên n_{A2} thì động cơ sinh ra $M_{đl} = M_Đ - M_c < 0$ làm cho tốc độ giảm xuống n_A. Do đó điểm A là điểm làm việc ổn định. Điều kiện làm việc ổn định của động cơ:

$$\frac{dM_Ñ}{dn} < \frac{dM_c}{dn}$$

Trường hợp hình 5.43b: Giả sử tốc độ động cơ từ n_B giảm xuống n_{B1} thì động cơ tạo ra một mômen động lực âm $M_{đl} = M_Đ - M_c < 0$ làm cho tốc độ giảm tiếp xuống $n < n_{B1}$ cho đến khi n = 0. Giả sử tốc độ động cơ từ n_B tăng lên n_{B2} thì làm cho tốc độ động cơ tăng nhanh hơn nữa.

Hình 5.43 Chế độ làm việc ổn định (a) không ổn định (b) của ĐCĐ 1 chiều.



Do đó, điểm B là điểm làm việc không ổn định. Ta có điều kiện làm việc không ổn định của động cơ như sau: $\frac{dM_Đ}{dn} > \frac{dM_C}{dn}$

b. Điều chỉnh tốc độ động cơ:

Dựa vào các biểu thức (4) và (5) ta thấy rằng để thay đổi tốc độ của động cơ ta có thể thay đổi từ thông Φ_δ, điện áp đặt vào phần ứng U và điện trở phụ trên mạch phần ứng.

- Thay đổi từ thông Φ_δ: khi máy làm việc bình thường $\Phi_\delta = \Phi_{\delta đm}$ ứng với dòng điện kích từ ($I_{tđm}$) phương pháp này chỉ giảm chứ không tăng Φ_δ được vì không cho phép điện áp đặt vào dây quấn kích từ vượt quá giá trị định mức. Khi giảm thì $n > n_{đm}$ tức là điều chỉnh tốc độ n trong vùng trên của $n_{đm}$ và giới hạn điều chỉnh tốc độ được hạn chế bởi các điều kiện cơ khí và đổi chiều của máy.

- Thay đổi điện áp U: Phương pháp này chỉ cho phép thay đổi được tốc độ dưới tốc độ định mức. Phương pháp này không gây nên tổn hao phụ nhưng đòi hỏi phải có nguồn điện áp riêng điều chỉnh được.

- Thay đổi điện trở phụ trên mạch phần ứng R_f: Khi thêm R_f độ dốc đường đặc tính cơ động cơ tăng lên làm tốc độ động cơ giảm xuống.

Ưu: thiết bị điều chỉnh đơn giản làm việc chắc chắn.

Khuyết: gây tổn hao trên điện trở phụ.

Sau đây ta sẽ xét đặc tính cơ và phương pháp điều chỉnh tốc độ của từng loại động cơ điện một chiều.

A. Động cơ điện một chiều kích thích song song (KTSS) hoặc động cơ điện một chiều kích thích độc lập (KTĐL):

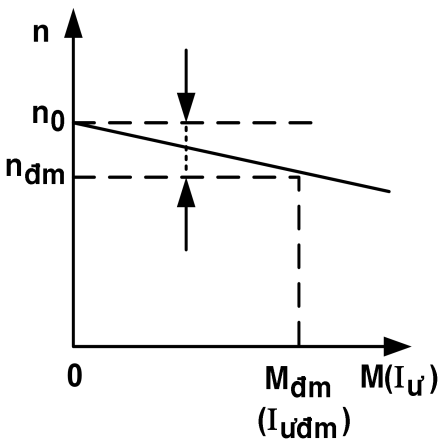
a) Đặc tính cơ:

n = f(M) khi U = const, I_t = const

Khi M hoặc $I_ư$ biến thiên Φ_δ = const nếu bỏ qua ảnh hưởng của phản ứng phần ứng, ta có thể viết phương trình đặc tính cơ:

$$n = n_0 - \frac{R_ư}{C_e \Phi^2_\delta} M ; n = n_0 - \frac{R_ư}{k} M$$

Đặc tính cơ là một đường thẳng như đã biết. Đường đặc tính cơ ứng với $R_f = 0$ gọi là đường đặc tính cơ tự nhiên. Đặc tính cơ của động cơ điện rất cứng, tốc độ thay đổi ít khi M, $I_ư$ thay đổi nên động cơ thường được sử dụng trong các trường hợp n= const khi thay đổi phụ tải, như máy cắt ngọt kim loại, quạt...

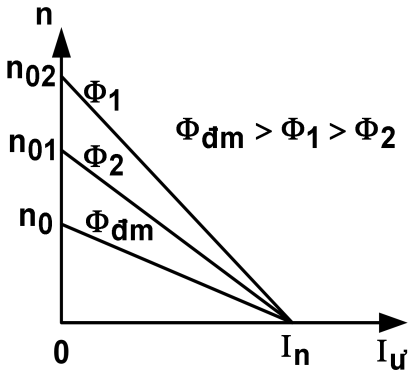


Hình 5.44. Họ đặc tính cơ và đặc tính tốc độ của động cơ điện DC kích từ độc lập (//)

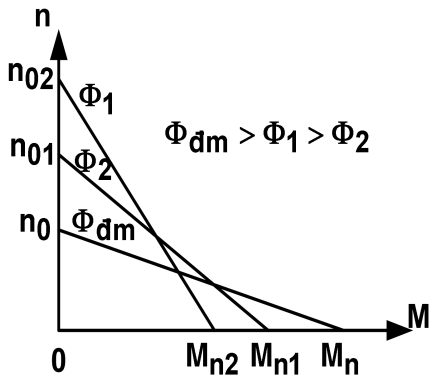
Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông Φ:

Khi thay đổi từ thông Φ_δ ($\Phi_\delta < \Phi_{đm}$) thì đặc tính cơ và đặc tính tốc độ sẽ biến thiên theo những qui luật khác nhau.

Từ $$n = \frac{U}{C_E \Phi_\delta} - \frac{R_ư}{Ce\Phi_\delta} I_ư = n_o - \frac{R_ư}{C_E \Phi_\delta} I_ư$$



Hình 5.45. Họ đặc tính tốc độ của động cơ điện DC khi giảm từ thông

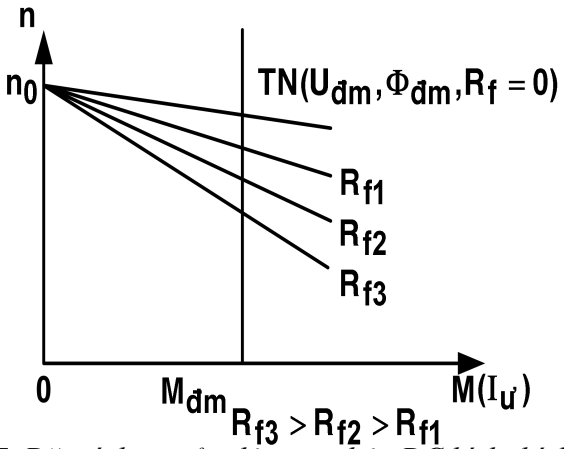


Hình 5.46. Họ đặc tính cơ của động cơ điện DC kích thích // khi giảm từ thông

Đối với họ đặc tính cơ, từ $$n = n_0 - \frac{R_ư}{C_e . C_M . \Phi^2_\delta} M$$

Ta thấy Φ_δ giảm thì n_0 tăng và $tg\alpha = \frac{R_ư}{CeC_M\Phi^2_\delta}$ tăng nhanh còn $M_n = C_M . \Phi_\delta . I_n$ giảm dần.

c) Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phần ứng $U_{đm}, \Phi_{đm}, M_c = C^{te}$:



Hình 5.47. Đặc tính cơ của động cơ điện DC kích thích // khi giảm từ thông ở những điện trở phụ khác nhau

Từ $$n = \frac{U}{C_E \Phi_\delta} - \frac{R}{C_E . C_M \Phi^2_\delta} M .$$

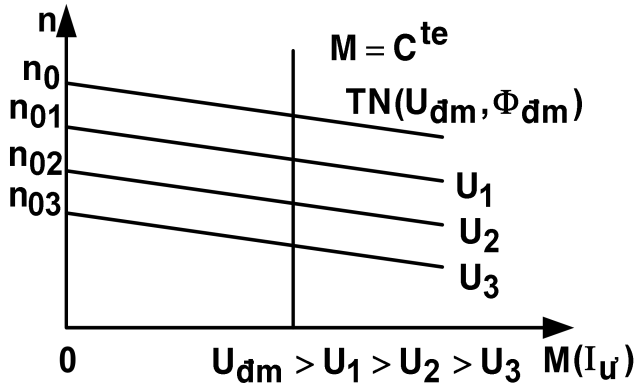
Với $R = R_ư + R_f$ khi R_f biến thiên thì $n = \frac{U}{C_E \Phi_\delta} = C^{te}$ còn $tg\alpha = \frac{R}{k}$ biến đổi bậc nhất.

Vậy khi R_f thay đổi ta có họ đặc tính cơ thay đổi đi qua điểm n_o và độ dốc tăng dần (mềm dần) khi R_f tăng.

d) Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp U đặt vào phần ứng ($\Phi_{đm}$):

Khi thay đổi điện áp ($U<U_{đm}$), n_0 thay đổi tỉ lệ thuận với U, còn $tg\alpha = \frac{R_ư}{k} = const$.

Ta có một họ đặc tính cơ song song nhau và thấp dần khi U giảm dần.



Hình 5.48 Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích thích song song ở những điện áp khác nhau

B. Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp (ĐCĐMCKTNT):

a) Phương trình đặc tính cơ:

Trong ĐCĐMCKTNT $I_ư = I_t = I$ cho nên khi M_c biến thiên thì $I_ư$ biến thiên, I_t biến thiên (từ trường của động cơ, Φ biến thiên).

Theo đặc tính của mạch từ thì quan hệ $\Phi = f(I_t)$ là tuyến tính khi mạch từ chưa bão hòa.

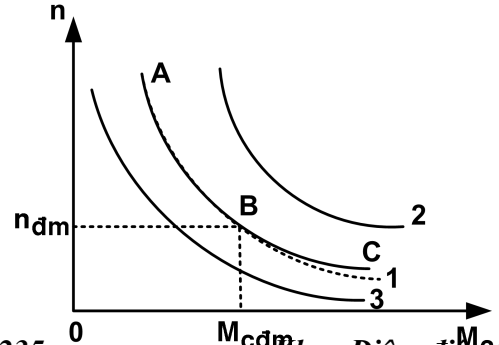
Trong động cơ điện kích thích nối tiếp khi $M_c = 0 \div (2 \div 3).M_{cđm}$ thì mạch từ của chúng làm việc trên 1 loạt chế độ khác nhau từ chưa bão hòa, bão hòa cho đến bão hòa sâu. Nếu giả thiết mạch từ chưa bão hòa: $\Phi \approx I_t$, $\Phi \approx k_\Phi I_t$, $k_\Phi = C^{te}$ trong vùng $I < 0,8I_{đm}$. Dựa vào phương trình đặc tính tốc độ động cơ điện 1 chiều nói chung thì phương trình đặc tính tốc độ của ĐCĐKTNT có dạng:

$$n = \frac{U}{C_E.k_\Phi.I_ö} - \frac{R}{C_E.k_\Phi.I_ö} I_ö$$

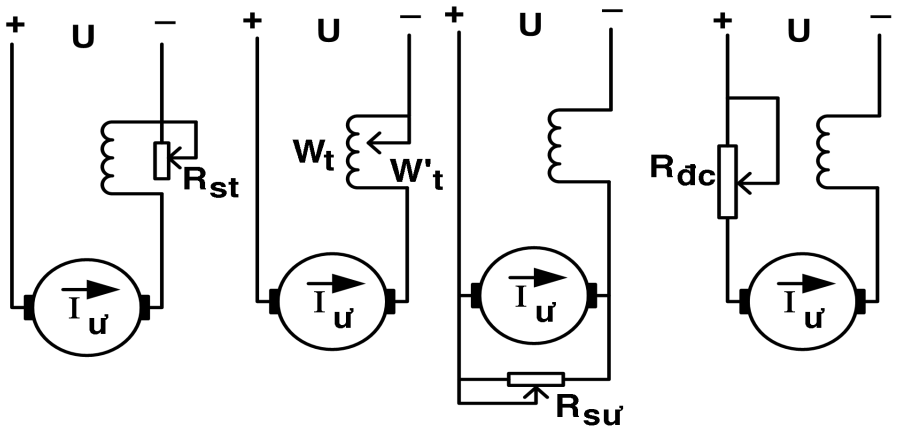
Đặt $A = \frac{U}{C_E.k_\Phi}$; $B = \frac{R}{C_E.k_\Phi}$ thì:

$$n = \frac{A}{I_ư} - B \qquad (6)$$

Muốn có phương trình đặc tính cơ chỉ



Hình 5.49 Đặc tính cơ của động cơ điện



Hình 5.50 Các sơ đồ điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp: a) mắc sun cho dây quấn kích thích; b) thay đổi số vòng dây của dây quấn kích thích; c) mắc sun cho phần ứng; d) thêm điện trở vào mạch phần ứng

cần thay : $I_ư = \frac{M}{C_M \Phi} = \frac{M}{C_M . k_\Phi . I_ư}$

Từ đó ta có:

$I_ư = \sqrt{\frac{M}{C_M \Phi}} = \frac{\sqrt{M}}{\sqrt{C_M \Phi}}$

Thế Iư vào (1) và đặt $A = \sqrt{C_M \Phi} = C = C^{te}$

Ta có phương trình đặc tính cơ: $n = \frac{C}{\sqrt{M}} - B$ (7)

Từ (6) và (7) ta thấy đặc tính tốc độ và đặc tính cơ của ĐCĐMCKTNT có dạng hyperbol với điều kiện mạch từ chưa bão hòa.

Trong thực tế các ĐCĐMCKTNT được chế tạo làm việc với mạch từ bão hòa khi $M_c > M_{cđm}$. Nghĩa là khi $M_c > M_{cđm}$ thì đặc tính cơ và đặc tính tốc độ tuân theo qui luật hyperbol. Còn khi $M_c > M_{cđm}$ thì M_c tăng Φ hầu như không đổi có đoạn đặc tính gần như đường thẳng.

AB: hyperbol BC: đường thẳng

b) Điều chỉnh tốc độ:

α. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông:

Nếu dòng điện kích thích lúc đầu là $I_{ư1} = I_{t1}$ thì sau khi nối theo *hình 5.50a, b:*

$I_{t2} = k.I_{ư1}$ với k là hệ số hiệu chỉnh:

$k = \frac{R_{st}}{R_t + R_{st}}$ *(hình 5.50a)* $K = \frac{w'_t}{w_t} < 1$ *(hình 5.50b)*

Trong đó: w'_t số dây quấn kích thích sau khi nối theo b.

Như vậy $\Phi_2 = k.k_\Phi . I_{ư1}$ nên $\Phi_\delta < \Phi_{\delta đm}$, n tăng (đặc tính cơ 2).

Trường hợp c: mắc như vậy thì tổng trở giảm, $I = I_t$ tăng, n giảm ứng với đường đặc tính cơ 3.

β. Thêm R_f vào mạch phần ứng:

Lúc mạch từ bão hòa coi $\Phi_Đ = C^{te}$ giống như động cơ điện kích từ song song.

Lúc mạch từ không bão hòa từ thông tỉ lệ với $I_{ư}$. Đối với hệ thống có quán tính cơ đủ lớn, ta có thể viết phỏng chừng phương trình s.đ.đ đối với thời gian Dt ngay sau khi đặt thêm R_f và dưới dạng:

$$n = \frac{U - RI_{ư}}{C_E \Phi}$$

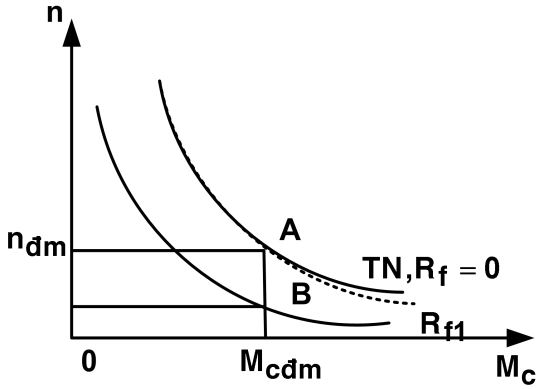
$$C'_E = C_E \Phi$$

$$U = C'_E.n.I'_{ư} + I'_{ư}(R_Đ + R_f)$$

$$C'_E.n.I'_{ư} = C_E.k_\Phi.I'_{ư}n.$$

Từ đó ta có dòng điện phần ứng sau khi đặt R_f là:

$$I'_{ư} = \frac{U}{C'_E.n + (R_Đ + R_f)}$$



Hình 5.51 Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp ở các trường hợp điều chỉnh tốc độ khác nhau.

Dòng điện phần ứng trước khi đặt biến trở:

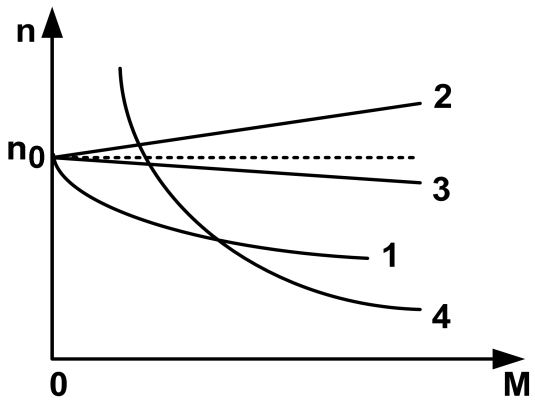
$$I_{ư} = \frac{U}{C'_E.n + R_Đ}$$

Ta lập được tỉ số:

$$I'_{ư} = I_{ư} = \frac{C'_E.n + R_Đ}{C'_E.n + (R_Đ + R_f)}$$

Khi đặt điện trở vào làm dòng điện phần ứng giảm, mômen giảm nếu $M_c = C^{te}$ thì $M_{đl} = M_Đ - M_c < 0$ làm tốc độ quay giảm, sức điện động giảm, dòng điện phần ứng tăng đến trị số ban đầu và làm việc ổn định ở $n_2 < n_{đm}$.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U - I_ö(R_Ñ + R_f)}{U - I_ö R_ö}$$



Hình 5.52 Đặc tính cơ của ĐCĐDCKTHH so sánh với các loại ĐCĐDC khác

γ. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp:

Chỉ có thể điều chỉnh được các tốc độ $n < n_{đm}$. Được thực hiện bằng cách đổi nối song song thành nối tiếp 2 động cơ. Hiệu suất cao không gây tổn hao phụ.

C. Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp (ĐCĐMCKTHH):

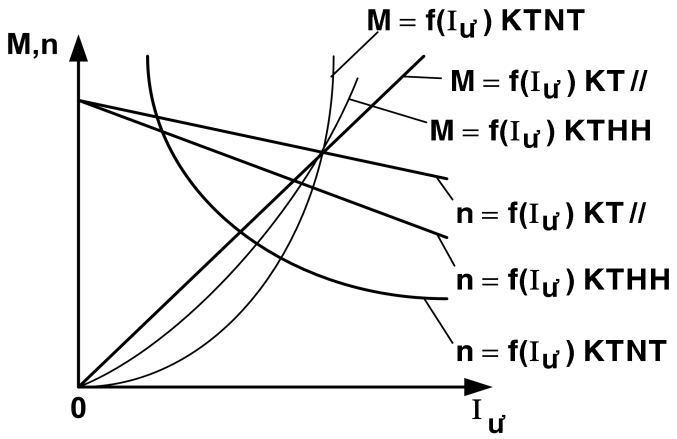
Đặc tính cơ của ĐCĐMCKTHH bù là đặc tính trung gian giữa đặc tính cơ của ĐCĐMCKTSS và ĐCĐMCKTNT.

Tốc độ của ĐCĐMCKTHH được điều chỉnh như ĐCĐMCKTSS hoặc ĐCĐMCKTNT.Động cơ điện loại này thường được sử dụng trong các trường hợp M_{mm} lớn, n biến thiên trong 1 phạm vi rộng.

Đặc tính cơ của động cơ điện:

Đường 1 ứng với hỗn hợp bù (nối thuận)
Đường 2: Hỗn hợp ngược (nối ngược)
Đường 3: Kích thích song song
Đường 4: Kích thích nối tiếp.

5.5.3.2 Đặc tính làm việc của động cơ điện một chiều



Hình 5.53 Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích thích hỗn hợp so sánh với các loại động cơ điện một chiều khác.

Đặc tính làm việc của ĐCĐMC biểu thị quan hệ: n, M, η theo dòng điện: n = f($I_ư$), M = f($I_ư$), η = f($I_ư$) khi U = $U_{đm}$ = C^{te}.

a. Đặc tính tốc độ: n = f($I_ư$) khi U = C^{te}

$$n = \frac{U}{C_E.\Phi_\delta} - \frac{R_ö}{C_E.\Phi_\delta} I_ö$$

Về căn bản đặc tính tốc độ n = f($I_ư$) tương tự như đặc tính cơ đã biết.

b. Đặc tính mômen M = f($I_ư$) khi U = C^{te}.

Biểu thị quan hệ: $M = C_M \Phi_\delta . I_ư$

Ở động cơ điện kích thích song song: khi U = C^{te} thì Φ = C^{te} quan hệ M = f($I_ư$) là đường thẳng.

Ở ĐCĐMCKTNT: khi $\Phi \approx I_ư$ thì $M \approx I^2_ư$ đường cong có dạng parabol.

Ở ĐCĐMCKTHH: Đường đặc tính mômen là đường trung gian của ĐCĐMC KTSS và KTNT.

c. Đặc tính hiệu suất h = f($I_ư$) khi U = C^{te},I_t = C^{te}

Từ công thức:

$$\eta\% = \left(1 - \frac{\sum p}{P_1}\right)100 = \left(1 - \frac{\sum p}{U(I_ư + I_t)}\right)100 = \left(1 - \frac{p_0 + p_{cu.t} + I^2_ư R_ư + p_{tx} + p_f}{U(I_ư + I_t)}\right)100$$ Trong đó:

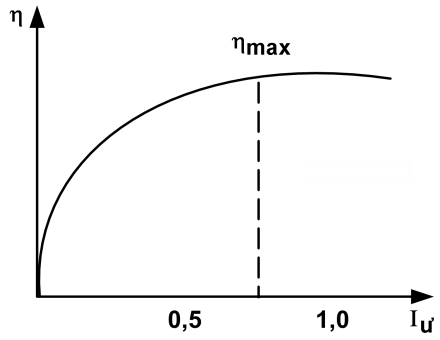
P_o tổn hao không tải (tổn hao cơ $p_{cơ}$, tổn hao thép p_{Fe}, tổn hao phụ p_f).

$p_t = U_t I_t$ tổn hao trên mạch kích từ.

$I^2_{ư}.R_{ư}$ tổn hao đồng trên dây quấn phần ứng.

$p_{tx} = \Delta U_{tx}.I_{ư}$ tổn hao do tiếp xúc giữa vành góp và chổi than.

Vì rằng ở các điều kiện ta đang xét n = C^{te}, I_t = C^{te}, F = C^{te} nên có thể coi như $P_o + P_t = C^{te}$. Điện trở $R_ư$ được tính ở nhiệt độ t^o = 75 ^{o}C cho nên $I^2_ö.R_ö \approx I^2_ư$. Đối với các chổi than ΔU_{tx} = 2V do đó $\Delta U_{tx}.I_ư$ tỉ lệ với $I_ư$. Bỏ qua dòng I_t ở mẫu số công thức (6). Lấy đạo hàm bậc nhất $d\eta/dI_ư$ và cho nó bằng không thì điều kiện để hiệu suất của động cơ điện kích từ song song là cực đại được viết dưới dạng:



$$p_0 + p_{cu.t} = I^2_ư.R_ư \quad (1)$$

Nghĩa là hiệu suất của động cơ điện đạt tới trị số cực đại η_{max} của nó ở phụ tải mà các tổn hao không đổi bằng với tổn hao biến đổi theo bình phương của dòng điện $I_ư$. Ở một phụ tải nhất định phân phối của tổn hao như vậy ta sẽ có hiệu suất cực đại. Trên hình vẽ ta có trị số η_{max} khi $P_2 \approx 0{,}75P_{đm}$.

Thông thường đối với các động cơ công suất nhỏ η = (75 ÷ 85) %. Đối với các động cơ công suất trung bình và lớn η = (85 ÷ 95) %.

Hoạt động 2:Thực Hành

1: Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp (compound-monitor) 004.030

1. Hoạt động:

Động cơ điện kích từ hỗn hợp có dây quấn kích từ song song và dây quấn kích từ nối tiếp. Cả hai dây quấn bình các dòng điện cùng chiều. Động cơ điện kích từ hỗn hợp có các đặc tính tốt của động cơ điện kích từ song song và kích từ nối tiếp.

Tuỳ theo đặc tính cấu tạo, động cơ biểu thị nhiều đặc tính kích từ song song hoặc đặc tinh kích từ nối tiếp.

Nếu từ trường của dây quấn kích từ song song mạnh thì động cơ có đường đăc tính song song nổi trội lên trên, bởi vì tốc độ quay giảm khi tải tăng như ở họ động cơ điện kích từ song song, không giảm nhiều như động cơ điện kích từ nối tiếp.

Nếu đấu ngược dây quấn kích từ nối tiếp thì động cơ có đặc tính tương ứng, tốc độ của nó không phụ thuộc vào phụ tải như ở động cơ kích từ nối tiếp. Nó có thể chạy không tải như khoả sát, vì tồn tạI từ trường của dây quấn kích từ song song.

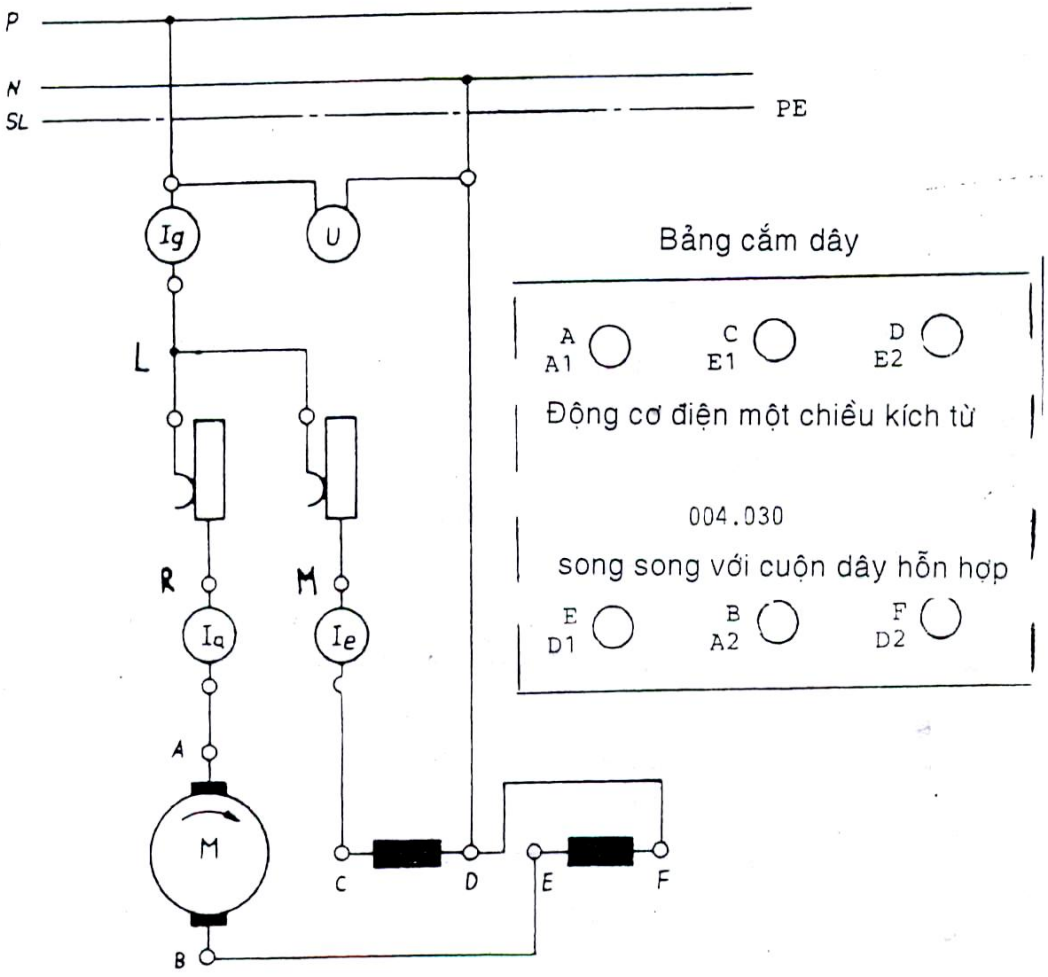
2. Phạm vi sử dụng:

Động cơ điện một chều kích từ hỗn hợp thường được sử dụng ở những chổ có yêu cầu moment mở máy lớn hoặc đặc tính tốc độ biến dạng được (Sự truyền động xung lực ở máy nén ép và đột dập).

3. Lắp ráp đo và tiến hành thí nghiệm.

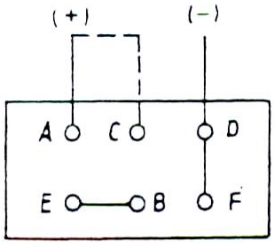
Để thực hiện được các phép đo cần dùng những dũng cụ đo:

Các thiết bi:
FI-công tắc bảo vệ với cáp nối nguồn
Bộ nguồn với bộ chỉnh lưu
Điện trở khởi động
2 Ampere kế: 0....2,4/7,5A
Volt kế:0...250V
Đồng hồ đo tốc độ: 0...4000 vòng/phút
Thanh hãm điện động
Trước khi lắp đặ cần chú ý đến các biện pháp an toàn trong chương "cung cấp điện".
Động cơ đặt trong thiết bi cơ bản, được nối cứng với một phanh hãm.
Phanh hãm đều khiển được nối với nguồn 220V, và dây dẫn điều khiển phanh nối với phích cắm ở bộ phận điều khiển.
Mạch động cơ điện kích từ hỗ hợp 004.030
Mạch động cơ điện kích từ hỗ hợp 004.030

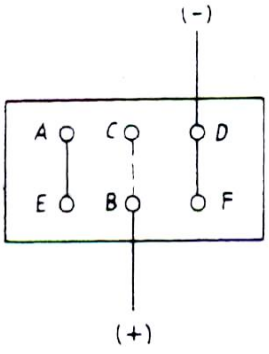


Bảng cắm dây

Quay phải



Quay trái



Phép đo 1:

Đặc tính phụ tải n, l, P, η = f(M)

Giá trị đo:

Mômen quay: M (Nm)

Tốc độ quay: n (vòng /phút)

Điện áp: U (V)

Dòng điện: $I = I_u + I_t$

$I_ư$ = dòng điện phần cứng;

I_t = dòng điện kích từ

Công suất đưa vào: $P_1 = U.I$ (W=Nm/s)

Công suất đưa ra: $P_2 = M.\omega = \frac{2.\pi.M.n}{60} \approx 0,1.M.n(W = Nm/s)$

Hiệu suất: $\eta\% = \frac{P_2}{P_1}100$

Mômen định mức: cho AB theo VDE ≈ ½ M_{max}

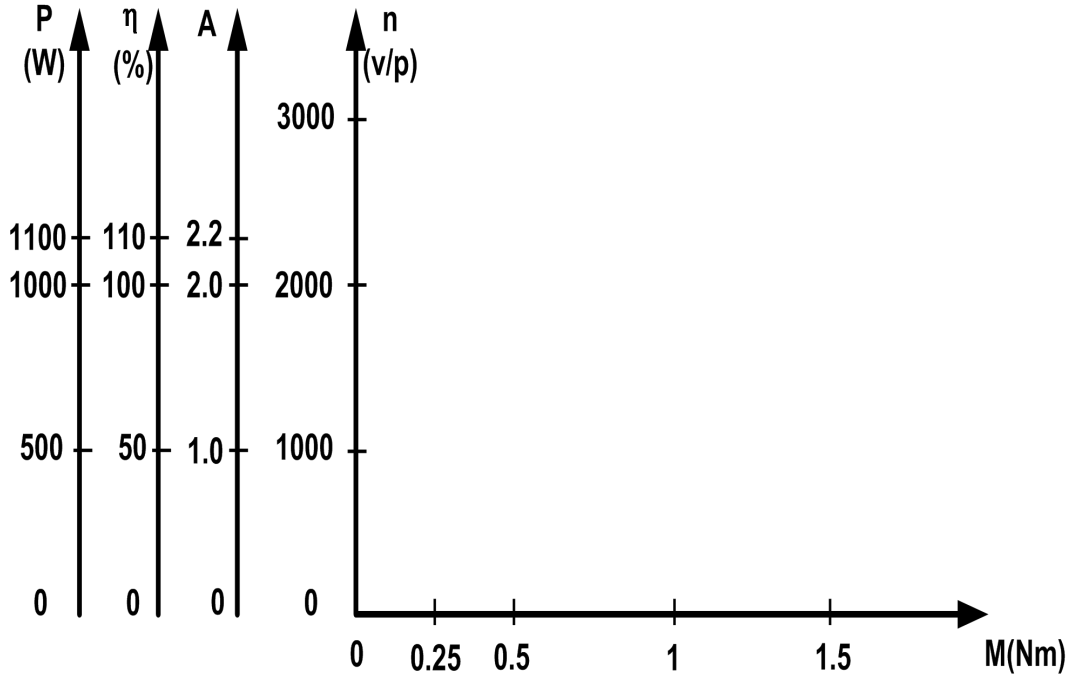
Tốc độ góc quay: $\omega = \frac{2.\pi.n}{60}$ (1/s)

Phép đo 1

Đặc tính tải phụ tải ở dưới các ảnh hưởng khác nhau của từ trường song song và nối tiếp n, l, P, η = f(M)

M	n	$I_ư$	I_t	I	U	P_1	P_2	%
Nm	V/p	A	A	A	V	W	W	%
0 0,25 0,5 0,75 1,0 1,25 1,5 1,75 2,0 2,25								
	Mômen cực đại							

Đồ thị: Hình 1.



Đồ thị động cơ điện kích từ hỗn hợp 004.030. Hình 1.

§2: Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp 004.010

1. Hoạt động:

Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp có dây quấn kích từ nối nối tiếp với phần ứng, dòng điện kích từ có giá trị bằng dòng điện của phần ứng. Qua đó dòng điện kích từ và từ trường kích từ phụ thuộc vào tải, ở các tải nhỏ dòng điện phần ứng nhỏ, thì từ trường yếu và động cơ chạy với tốc độ cao. Động cơ điện kích từ nối tiếp chạy không tải rất nhanh, qua khảo sát các phần cơ khí không chịu các lực li tâm, bởi vậy cần phải có các biện pháp đặc biệt để đảm bảo an toàn. Thí du: xếp đặc thêm một dây quấn kích từ song song yếu.

Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp có thể hoạt động dưới tải với môment khởi động lớn.

Tốc độ của động cơ phụ thuộc vào tải. Nó chạy chậm khi tải lớn và chạy nhanh khi tải giảm.

Viêc điều chỉnh các tốc độ quay khác nhau là rất khó. tốc độ quay chỉ có thể điều chỉnh trong phạm vi dưới của tốc độ định mức bằng một bộ điều chỉnh (điện trở phụ).

2. Lắp ráp đo và tiến hành thí nghiệm:

Để thực hiện các phép đo cần dùng các thiết bị:

Thiết bị:

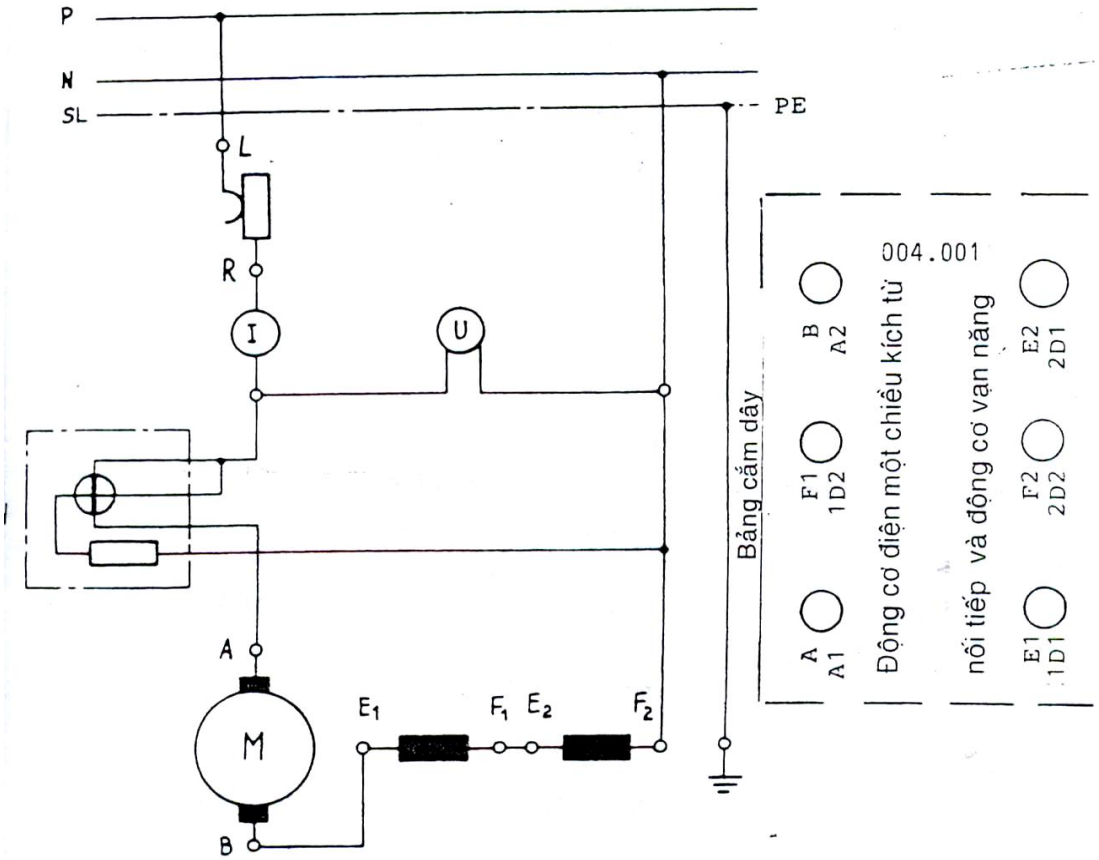
Công tắc FI với dây dẫn nối nguồn 004.035
Nguồn với bộ chình lưu 004.011
Điện trở mở máy 004.016
Phanh hãm điện động 004.041
Đồng hồ đo tốc độ 0..4000 vòng/phút 004.015a
Volt kế 0..250V 004.012
Ampere kế 0..2,5/7,5A 004.013a
Watt kế Wattavi

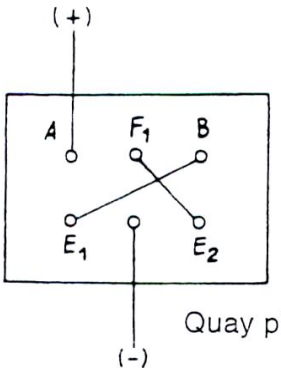
Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp chính và động cơ vạn năng004.001

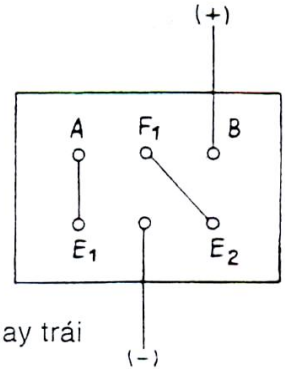
Trước khi lắp đặt cần phải chú ý biện pháp an toàn trong chương "cung cấp điện". Động cơ đặt trong thiết bị cơ bản, nối với phanh hãm, phanh hãm điều khiển đặt ở nguồn 220V và dây dẫn điều khiển của phanh hãm nối với phích cắm.

thực hiện lắp đặt tương tự như sơ đồ.

Sơ đồ mạch của động cơ động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp 004.010







Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

Phép đo 1: Đặc tính tải n, l, p, η = f(M)

Phép đo 2: Xác định quan hệ mômen mở máy và dòng điện mở máy $M_{max} = f(I)$

Giá trị đo:

Mômen M (Nm)

Tốc độ quay: n (vòng/phút)
Điện áp: U (V)
Dòng điện I(A)
Công suất tiếp nhận P_1 *(W) đo bằng Watt kế (Nm/s)*

P_1 *=U.I (W) trị số tính toán*

Công suất đưa ra $P_2 = \frac{2.\pi M.n}{60} = 0{,}1.M.n\,(W = Nm/s)$

Hiệu suất $\eta = \frac{P_1}{P_2}.100\,(\%)$

Mômen định mức Cho AB

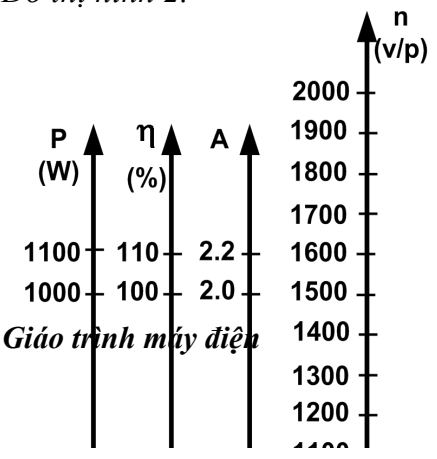
Theo VDE =1/2. mômen cực đại

Tốc độ quay $\omega = \frac{2.\pi.n}{30}\,(1/s)$

Phép đo 1:

M	*n*	*U*	*I*	P_1	P_2	η	
Nm	*V/p*	*V*	*A*	*W*	*W*	*%*	
0 *0,25* *0,5* *0,75* *1,0*		*220* *const.*					
1,25							Mômen (đm)
1,5 *1,75* *2,0*							
2,25							

Đồ thị hình 2.



Hoạt động 3 :

Đọc tài liệu tham khảo.

Trả lời câu hỏi và bài tập

Câu hỏi:

1. Hãy định nghĩa máy điện một chiều?
2. Trình bày nguyên lý làm việc của máy phát điện và động cơ điện một chiều?
3. Nêu cấu tạo của máy điện một chiều?
4. Nêu các đại lượng định mức của máy điện một chiều và ý nghĩa của chúng?
5. S.đ.đ trong máy điện phụ thuộc vào những yếu tố gì?
6. Tự phân tích giản đồ năng lượng của máy phát và động cơ điện một chiều, từ đó dẫn ra các quan hệ về công suất, mô men, dòng điện và s.đ.đ.
7. Khi lấy đặc tính không tải, trong quá trình tăng điện áp có nên giảm dòng điện kích từ rồi tăng tiếp tục không? Tại sao?
8. Với một điện trở nhỏ hơn điện trở tới hạn $r_{t(th)}$ nếu $n < n_{đm}$ thì trong quá trình tự kích của máy phát điện kích thích song song, điện áp đầu cực máy phát sẽ ra sao? Trong trường hợp như thế nào máy sẽ không tự kích được?
9. Tìm các nguyên nhân khiến máy phát điện kích thích song song không thể tự kích và tạo ra được điện áp.
10. Nếu máy phát điện kích thích song song không tự kích thích được do mất từ dư thì giải quyết như thế nào để tạo ra được điện áp?
11. Khi tải chung không đổi nếu tăng kích thích của máy phát I mà không giảm kích thích của máy phát điện II làm việc song song với máy phát điện I thì tải sẽ phân phối lại giữa hai máy như thế nào? Điện áp của lưới lúc đó ra sao?

Bài tập

1. Máy phát điện một chiều có công suất định mức: P = 85 KW; $U_{đm}$ = 230V; $n_{đm}$ = 1470 v/phút; $\eta_{đm}$ = 0.895. Khi máy làm việc ở chế độ định mức. tính dòng điện định mức và mô men của động cơ sơ cấp.

Đáp số: $I_{đm}$ = 369,5 A; M_1 = 617 Nm

2. Máy phát điện một chiều có công suất định mức: P = 95 KW; $U_{đm}$ = 115V; $n_{đm}$ = 2820 v/phút; $\eta_{đm}$ = 0.792. Khi máy làm việc ở chế độ định mức. tính dòng điện định mức và công suất cơ của động cơ sơ cấp kéo máy phát, mô men của động cơ sơ cấp.

Đáp số: $I_{đm}$ = 826 A; P_1 = 120 kW; M_1 = 406 Nm

3. Một động cơ điện một chiều kích từ song song có số liệu sau: $U_{đm}$ = 220 V, R_u = 0.4 Ω, dòng điện định mức của động cơ $I_{đm}$ = 52 A, điện trở mạch kích từ r_t = 110 Ω

và tốc độ không tải lý tưởng n_0 = 1100 V/ph. Tìm:

- S.đ.đ phần ứng lúc tải định mức.
- Tốc độ lúc tải định mức
- Công suất điện từ và mô men điện từ lúc tải định mức, biết $I_{đm} = I_{uđm} + I_{tđm}$

Đáp số: $E_{uđm}$ = 200V; $n_{đm}$ = 1000 vg/ph $P_{đt}$ = 10kW; $M_{đt}$ = 95,5 Nm

4. Cho một máy điện một chiều có: $P_{đm}$ = 215 kW, $U_{đm}$ = 115 V và n = 450 v/ph. Điện trở của dây quấn phần ứng và cực từ phụ bằng 0,002 Ω, 2ΔUtx = 2 V. Các số liệu của đặc tính không tải và đặc tính ngắn mạch như sau:

I_t, A	5	10	15	20	25	30	35
U_0, V	49	87	108	119,3	125,2	129,5	135
I_t, A	0	6					
I_{nm}, V		0	$I_{đm}$				

a. Vẽ tam giác ngắn mạch.

b. Dùng kích thích ngoài sao cho máy đầy tải U = $U_{đm}$, I = $I_{đm}$, n = $n_{đm}$. Nếu bỏ tải đi tính ΔU%.

c. Dùng kích thích ngoài khiến cho khi không tải U = $U_{đm}$, giữ cho $I_t = C^{te}$ thì khi I = $I_{đm}$, ΔU% bằng bao nhiêu?

Đáp số: b. 20%; C. 5%

5. Hai máy phát điện song song làm việc song song với nhau U = 220 V, ΔU_1 = 4,8%, ΔU_2 = 5,5%. Hỏi máy phát điện nào chóng đầy tải, lúc một máy đầy tải thì máy kia có tải bằng bao nhiêu?

Đáp số: Máy I chóng đầy tải, khi đó máy II có tải bằng 0,87 tải định mức.

3. Hai máy phát điện song song có các số liệu sau:

Máy	$P_{đm}$, Kw	n, vg/ph	U_0, V	$U_{đm}$, V
I	20	1000	230	210
II	15	1200	240	210

Giả thử quan hệ U = f(I) là đường thẳng.Tính:

a) Công suất của mỗi máy khi tải tổng là 20 kW và điện áp lúc đó?

b) Tải tổng lớn nhất với điều kiện không máy nào bị quá tải.

6. Cho một động cơ điện một chiều kích thích song song có các số liệu sau: $P_{đm}$= 95kW, $U_{đm}$ = 220 V, $I_{đm}$ = 470 A, $I_{tđm}$ = 4,25 A, R_u = 0,0125 Ω,$n_{đm}$ = 500 v/ph. Hãy xác định:

a. Hiệu suất của động cơ

b. Tổng tổn hao trong máy, tổn hao không tải và dòng điện không tải

c. Mômen định mức của động cơ.

d. Trị số dòng điện để hiệu suất cực đại

e. Điện trở điều chỉnh R_f cần thiết để động cơ quay với n = $n_{đm}$, I_u = $I_{uđm}$ và từ thông giảm đi 40%

f. Điện trở R_f cần thiết để động cơ quay với n = $n_{đm}$, I_u = 0,85$I_{uđm}$ và từ thông giảm đi 25%

Đáp số: a. 91,8%

b. $\sum p$ = 8,4 kW, P_0 = 4753,5 W, I_0 = 17,3A

c. M = 181,5 Nm. d. I = 551 A e. R_f = 0,18 Ω f. R_f = 0,13 Ω