

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KHOA ĐIỆN
BỘ MÔN CS KỸ THUẬT ĐIỆN**



MÁY ĐIỆN



THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH NĂM 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KHOA ĐIỆN
BỘ MÔN CS KỸ THUẬT ĐIỆN

BIÊN SOẠN : ĐẶNG VĂN THÀNH- PHẠM THỊ NGÀ

MÁY ĐIỆN

*Biên soạn theo chương trình công nghệ ngành Điện
hệ Cao đẳng Kỹ thuật*

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH NĂM 2006

PHẦN I - MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Máy điện một chiều (MĐIC) hiện ngày càng chiếm vị trí quan trọng trong sản xuất và đời sống. Nó dùng làm động cơ điện, máy phát điện hoặc tổ hợp máy, thiết bị điện một chiều chuyên dụng.

Công suất lớn nhất của máy điện một chiều hiện nay vào khoảng 1000kW, điện áp vào khoảng vài trăm cho đến 1000V. Hướng phát triển hiện nay là cải tiến tính năng của vật liệu, nâng cao chỉ tiêu kinh tế của máy, chế tạo những máy công suất lớn hơn, sử dụng lưới điện 1 chiều truyền tải điện áp cao.

CHƯƠNG 1. KẾT CẤU VÀ NGUYÊN LÝ MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Mục tiêu đạt được:

- Sinh viên nhận biết và hiểu được kết cấu chung các loại máy điện một chiều
- Hiểu nguyên tắc hoạt động, mạch điện tương ứng và phương trình cân bằng áp của máy phát và động cơ điện một chiều
- Hiểu ý nghĩa các thông số định mức trong máy điện một chiều và các thông số ghi trên nhãn máy
- Ứng dụng giải các bài tập liên quan

I. KẾT CẤU CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

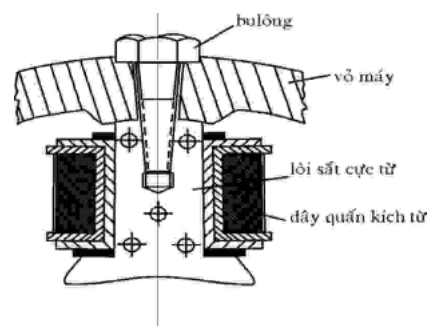
Kết cấu chủ yếu của máy điện một chiều như có thể phân thành hai phần chính là phần tĩnh và phần quay.

1. PHẦN TĨNH (STATO)

Phần tĩnh gồm các bộ phận chính như sau:

a. Cực từ chính

Cực từ chính là bộ phận sinh ra từ trường gồm các lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ. Lõi sắt cực từ làm bằng những lá thép kỹ thuật điện hay thép cacbon dày 0,5 đến 1mm ép lại và tán chặt. Trong máy điện nhỏ có thể dùng thép khối. Cực từ được gắn chặt vào vỏ máy nhờ các bulông (hình 1-1). Dây quấn kích từ được quấn bằng dây đồng bọc cách điện và mỗi cuộn dây đều được bọc cách điện kỹ thuật một khối và tẩm sơn cách điện trước khi đặt trên các cực từ. Các cuộn dây kích từ đặt trên các cực từ này được nối tiếp với nhau.



Hình 1-1. Cực từ chính

b. Cực từ phụ

Đọc theo chu vi của stato, cực từ phụ được đặt giữa các cực từ chính để hạn chế ảnh hưởng xấu của phản ứng phần ứng khi máy làm việc nhằm cải thiện việc đổi chiều, giảm tia lửa trên vành góp. Lõi thép của cực từ phụ thường làm bằng thép khối và trên thân cực từ phụ có đặt dây quấn có cấu tạo giống như dây quấn cực từ chính.

Cực từ phụ được gắn vào vỏ nhờ những bulông. Kích thước cực từ phụ thường nhỏ hơn nhiều so với cực từ chính.

c. Gông từ

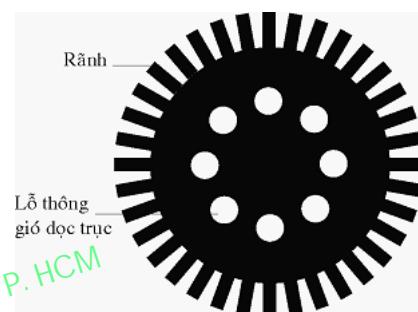
Gông từ dùng để làm mạch từ nối liền các cực từ, đồng thời làm vỏ máy. Trong máy điện nhỏ và vừa thường dùng thép tấm dày uốn và hàn lại. Trong máy điện lớn thường dùng thép đúc. Trong máy điện nhỏ có thể dùng gang làm vỏ máy.

d. Các bộ phận khác

Các bộ phận khác gồm có:

- *Nắp máy* : Để bảo vệ máy khỏi bị những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn hay an toàn cho người khỏi chạm phải điện. Trong máy điện nhỏ và vừa, nắp máy còn có tác dụng làm giá đỡ ổ bi. Trong trường hợp này nắp máy thường làm bằng gang.

- *Cơ cấu chổi than* : Để đưa dòng điện từ phần quay ra ngoài. Cơ cấu chổi than gồm có chổi than đặt trong hộp chổi than và nhờ một lò xo tì chặt lên cổ góp. Hộp chổi than được cố định trên giá chổi than và cách điện với giá. Giá chổi than có thể quay được để điều chỉnh vị trí chổi than cho đúng chỗ. Sau khi điều chỉnh xong thì dùng vít cố định chặt lại.



Hình 1-2. Lá thép phân ứng

2. PHẦN QUAY(RÔTO)

Phần quay gồm những bộ phận sau:

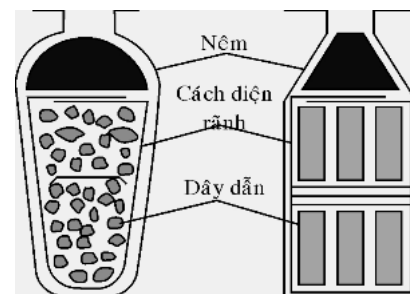
a. Lõi sắt phân ứng (rôto)

Lõi sắt phân ứng dùng để dẫn từ. Thông thường những tấm thép kỹ thuật điện (thép hợp kim silic) dày 0,5 mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm hao tổn do dòng điện xoáy gây nên. Trên lá thép có dập hình dạng rãnh để sau khi ép lại thì đặt dây quấn vào.

Trong những máy cỡ trung trở lên, người ta thường dập những lỗ thông gió để khi ép lại lõi sắt có thể tạo được những lỗ thông gió dọc trục (hình 1-2).

Trong những máy điện lớn thì lõi sắt thường chia thành từng đoạn nhỏ. Giữa các đoạn ấy có để một khe hở gọi là khe thông gió ngang trục. Khi máy làm việc, gió thổi qua các khe làm nguội dây quấn và lõi sắt.

Trong máy điện nhỏ, lõi sắt phân ứng được ép trực tiếp vào trục. Trong máy điện lớn, giữa trục và lõi sắt có đặt giá rôto. Dùng giá rôto có thể tiết kiệm thép kỹ thuật điện và giảm nhẹ trọng lượng rôto.



Hình 1-3. Mặt cắt rãnh phân ứng

b. Dây quấn phân ứng

Dây quấn phân ứng là phần sinh ra s.đ.đ. và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phân ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ (công suất dưới vài kilôoat) thường dùng dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây tiết diện chữ nhật. Để tránh khi quay bị văng ra do sức ly tâm, ở miệng rãnh có dùng nêm để đê chặt hoặc phải đai chặt dây quấn. Nêm có thể làm bằng tre, gỗ hay bakêlit (hình 1-3).

c. Cổ góp

Cổ góp (còn gọi là vành góp hay vành đổi chiều) dùng để đổi chiều dòng điện xoay chiều thành một chiều.

Kết cấu của cổ góp gồm có nhiều phiến đồng cách điện với nhau bằng lớp mica dày 0,4 đến 1,2 mm và hợp thành một hình trụ tròn. Hai đầu trụ tròn dùng hai vành ốp hình chữ V ép chặt lại. Giữa vành ốp và trụ tròn cũng cách điện bằng mica. Đuôi vành góp có cao hơn lên một ít để hàn các đầu dây của các phần tử dây quấn vào các phiến góp được dễ dàng.

d. Các bộ phận khác

Các bộ phận khác gồm có:

- *Cánh quạt* : dùng để quạt gió làm nguội máy. Máy điện một chiều thường chế tạo theo kiểu bảo vệ. Ở hai đầu nắp máy có lỗ thông gió. Cánh quạt lắp trên trục máy. Khi máy quay, cánh quạt hút gió từ ngoài vào máy. Gió đi qua vành góp, cực từ, lõi sắt và dây quấn rồi qua quạt gió ra ngoài làm nguội máy.

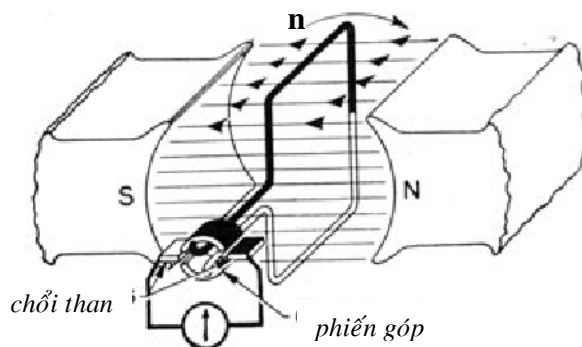
- *Trục máy* : Trên có đặt lõi sắt phần ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi. Trục máy thường làm bằng thép cacbon tốt.

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC, PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ÁP CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU (MPĐ1C)

MPĐ1C như hình vẽ 1.4. Khi cho thanh dẫn có chiều dài cạnh tác dụng là l quay trong từ trường (cực từ N-S) theo chiều như hình vẽ (tốc độ n,v).

Khi thanh dẫn quay vị trí thanh dẫn thay đổi, nên thanh dẫn xuất hiện sức điện động(s.đ.đ) có phương chiều xác định theo qui tắc bàn tay phải. Nhưng do vị trí chổi than không thay đổi, nên s.đ.đ lấy ra ở hai đầu chổi than có cực tính không đổi, ta có máy phát điện một chiều. Khi nối mạch ngoài (hai đầu chổi than với tải Z) thì điện áp và dòng điện trên đó không thay đổi chiều.



Hình 1.4. Nguyên lý mpđ 1 chiều

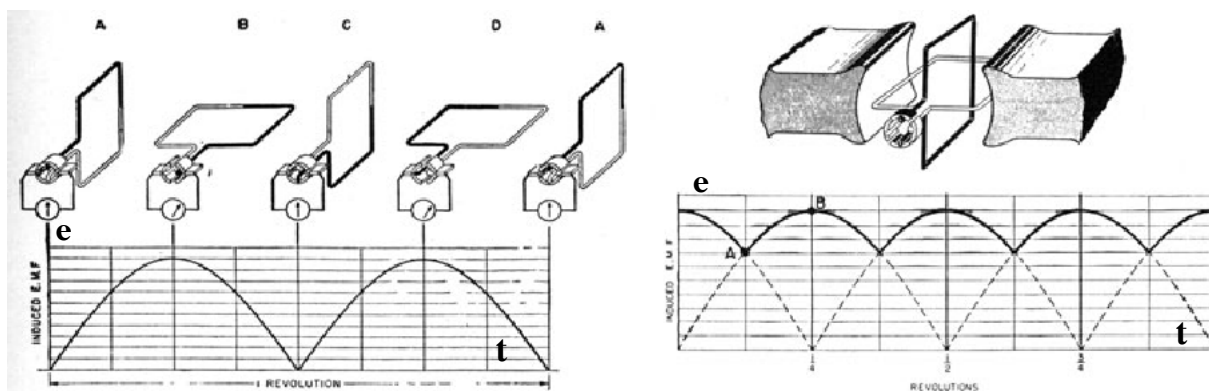
Nếu máy có một phần tử (có hai cạnh tác dụng tương ứng hai thanh dẫn nối với hai phiến góp có hai chổi than tỳ vào), có điện trở là R_t, s.đ.đ tổng là E_t, điện áp hai đầu máy phát là U, dòng điện đi qua mạch ngoài(chính là dòng chạy qua dây quấn của phần tử đó) là I_t, thì mạch điện tương ứng đó của MPĐ1C cho ta quan hệ :

$$U = E_t - I_t R_t.$$

Với máy nhiều phần tử, E_t = E (với E_t là sđđ của một nhánh, E là sđđ của toàn máy, I_t, R_t là dòng điện và điện trở tổng của phần ứng).

Phương trình này gọi là phương trình cân bằng áp của MPĐ1C.

S.Đ.Đ tức thời, sđđ trung bình của máy có 1 phần tử và nhiều phần tử như trên hình và đồ thị dưới đây(hình vẽ 1.5):



a. S.d.đ của máy có 1 phần tử

b. S.d.đ của máy có 2 phần tử

Hình 1.5(a,b)

2. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

Cấu tạo các bộ phận ĐCĐ1C tương tự như máy phát. khi có từ trường có trị số từ cảm B, dòng điện qua dây quấn phần ứng là I_r , thì sẽ xuất hiện lực điện từ tác động lên dây quấn phần ứng (tương tự tác động lên các thanh dẫn trên, lực tác động có phương chiều xác định theo qui tắc bàn tay trái) làm dây quấn chuyển động và kéo rôto quay theo trục với tốc độ n.

Khi rô to quay, trong dây quấn rô to lúc này cũng xuất hiện sđđ cảm ứng E_r . Tuy nhiên, chiều của E_r và I_r ngược nhau (xác định theo theo luật cảm ứng điện từ). Lập mạch điện thay thế ĐCĐ1C ta có quan hệ:

$$U = E_r + R I_r. \text{ Đây chính là phương trình cân bằng áp của ĐCĐ1C}$$

III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC

Chế độ làm việc định mức của máy điện là chế độ làm việc trong những điều kiện mà xưởng chế tạo đã quy định. Chế độ đó được đặc trưng bằng những đại lượng ghi trên nhãn máy và gọi là những lượng định mức. Trên nhãn máy thường ghi những đại lượng sau:

Công suất định mức P_{dm} (kW hay W)

- Với máy phát điện: $P_{dm} = U_{dm} I_{dm}$ (công suất điện đầu ra máy phát điện)

- Với động cơ điện : $P_{dm} = U_{dm} I_{dm} \eta_{dm} = M_{co} \omega_{dm}$ (công suất cơ trên trục động cơ)

với : M_{co} - môment cơ trên trục động cơ khi tải định mức.

$$\omega_{dm} = \frac{2\pi \cdot n_{dm}}{60} \text{ (rad/s) - tốc độ góc tương ứng của động cơ điện}$$

Điện áp định mức U_{dm} (V)

Dòng điện định mức I_{dm} (A)

Tốc độ định mức n_{dm} (vg/ph)

Hiệu suất định mức η_{dm}

Ngoài ra còn ghi kiểu máy, phương pháp kích từ, dòng điện kích từ và các số liệu về điều kiện sử dụng ...

Cần chú ý là công suất định mức ở đây là chỉ công suất đưa ra của máy điện. Đối với máy phát điện, đó là công suất điện đưa ra ở đầu cực của máy. Đối với động cơ điện, thì đó là công suất cơ đưa ra ở đầu trục.

CÂU HỎI :

1. Nêu kết cấu chung của động cơ và máy phát điện một chiều? Chức năng từng chi tiết ? công nghệ chế tạo nó?
2. Nguyên tắc hoạt động của máy điện 1 chiều và phương trình cân bằng áp của nó ? Giải thích ?
3. Nêu và giải thích các trị số định mức của máy điện một chiều?

BÀI TẬP:

Bài tập 1:

Máy phát điện một chiều có $P_{dm} = 85 \text{ kW}$; $U_{dm} = 230 \text{ V}$; tốc độ $n_{dm} = 1470 \text{ vg/ph}$; hiệu suất $\eta_{dm} = 0,895$. Tính dòng điện, tổng tổn hao công suất của động cơ sơ cấp ở chế độ định mức.

Gợi ý:

Quan hệ giữa các đại lượng điện trong máy phát điện 1 chiều như sau:
 Công suất định mức ghi trên nhãn máy phát điện một chiều là công suất điện.
 Công suất điện của máy phát điện một chiều:

$$P_{dm} = U_{dm} \cdot I_{dm} \quad (\text{W})$$

Hiệu suất định mức:

$$\eta_{dm} \% = \frac{P_{dm}}{P_{cơ}} \cdot 100\%$$

$P_{cơ}$: công suất động cơ sơ cấp (P_1).

Từ đó, ta có bài giải như sau:

Bài giải:

Dòng điện định mức của máy phát:

$$\text{Từ } P_{dm} = U_{dm} \cdot I_{dm}.$$

$$\text{Suy ra } I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{85 \cdot 10^3}{230} = 369,6 \quad (\text{A}).$$

Công suất cơ của động cơ sơ cấp là:

$$P_{cơ} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = \frac{85 \cdot 10^3}{0,895} = 95 \quad (\text{kW}).$$

Tổng tổn hao công suất động cơ sơ cấp:

$$\Delta P = P_{cơ} - P_{dm} = 95 - 85 = 10 \quad (\text{kW}).$$

Bài tập 2:

Một động cơ điện một chiều kích từ độc lập $P_{dm} = 12 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 220 \text{ V}$, $n_{dm} = 685 \text{ vg/ph}$, dòng điện phần ứng $I_u = 63 \text{ A}$. Khi điện áp đặt vào động cơ giảm $U = 180 \text{ V}$. Tính:

a/ Công suất tiêu thụ của động cơ.

b/ Công suất có ích của động cơ khi tốc độ động cơ giảm $n = 550 \text{ vg/ph}$ với $U = 180 \text{ V}$.

c/ Hiệu suất của động cơ khi điện áp đặt vào động cơ giảm.

Biết: $M_{cơ} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} \text{ (Nm)}$; $\omega_{đm} = \frac{2\pi \cdot n_{đm}}{60} \text{ (rad/s)}$.

Gợi ý:

Quan hệ giữa các đại lượng điện trong động cơ như sau:

$P_{đm}$: công suất cơ trên đầu trục động cơ được ghi trên nhãn máy động cơ.

Công suất điện động cơ tiêu thụ ở chế độ định mức:

$$P_1 = U_{đm} \cdot I_{đm} \quad \text{(W)}$$

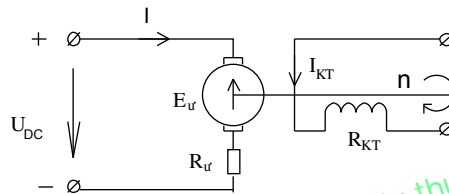
Công thức quan hệ giữa công suất cơ và mômen cơ:

$$M_{cơ} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} \quad \text{(Nm)}$$

Tốc độ góc ở trục động cơ là:

$$\omega_{đm} = \frac{2\pi \cdot n_{đm}}{60} \quad \text{(rad/s)}$$

Sơ đồ mạch điện tương đương:



Trước hết tính mômen ở chế độ định mức, suy ra công suất có ích khi tốc độ giảm.

Hiệu suất định mức:

$$\eta_{đm} \% = \frac{P_{đm}}{P_1} \cdot 100\%$$

P_1 : công suất điện cấp cho động cơ.

Bài giải:

a/ Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = U \cdot I_{đm} = 180 \cdot 63 = 11340 \quad \text{(W)}$$

b/ Mômen có ích ở chế độ định mức:

$$M_{cơ} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} = 60 \cdot \frac{P_{đm}}{2\pi \cdot n_{đm}} = 60 \cdot \frac{12 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 685} = 167,3 \quad \text{(Nm)}$$

Công suất cơ có ích khi $n = 550$ vg/ph:

$$P_2 = M_{cơ} \cdot \omega = 167,3 \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} = 167,3 \cdot \frac{2\pi \cdot 550}{60} = 9635,8 \quad \text{(W)}$$

c/ Hiệu suất của động cơ khi $n = 550$ vg/ph là:

$$\eta_{đm} \% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{9635,8}{11340} \cdot 100\% = 0,85$$

Bài tập tự giải:

Bài 1:

Máy phát điện một chiều có $P_{đm} = 95$ kW, $U_{đm} = 115$ V, tốc độ $n_{đm} = 2820$ vg/ph, $\eta_{đm} = 0,792$. Ở chế độ định mức, hãy tính:

1. Công suất cơ của động cơ sơ cấp kéo máy phát.
2. Dòng điện cung cấp cho tải.

3. Mômen cơ của động cơ sơ cấp kéo máy phát.

ĐS: a/ 120 kW. b/ $I = 826$ A. c/ 406 Nm.

Bài 2:

Động cơ điện một chiều điện áp định mức $U_{dm} = 220$ V, dòng điện định mức $I_{dm} = 50,2$ A, hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,905$. Ở chế độ định mức, hãy tính công suất động cơ tiêu thụ, công suất định mức và tổn hao công suất trong động cơ.

ĐS: $P_d = 11044$ A; $P_{dm} = 9994$ W; $\Delta P = 1050$ W.

Ban quyên © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

CHƯƠNG 2. DÂY QUẤN PHẦN ỨNG CỦA MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU

I. ĐẠI CƯƠNG

Dây quấn phần ứng MĐ1C là dây quấn đặt trên rôto của máy phát hay động cơ điện. Khi hoạt động, dây quấn này quay theo rôto, và tạo nên trong nó sđđ, điện áp ra đầu cực (*máy phát điện 1 chiều*) hay lực và môment điện từ làm quay rôto (*động cơ điện một chiều*).

1. KẾT CẤU CHUNG

a. Phần tử dây quấn

Phần tử dây quấn (ký hiệu S) là các bối dây (gồm một hoặc nhiều vòng dây quấn với nhau, mỗi bối dây có hai đầu dây), các phần tử dây quấn trong MĐ1C được nối tiếp với nhau và các đầu dây được nối ra phiến góp (hình vẽ ...)

b. Rãnh thực Z, rãnh nguyên tố Z_{nt} :

Rãnh đặt dây quấn gọi là rãnh thực Z, trong mỗi rãnh thực có ít nhất 2 cạnh tác dụng của hai bối dây khác nhau đặt vào, ta gọi rãnh thực đó bằng 1 rãnh nguyên tố u. Khi số cạnh tác dụng trong rãnh thực nhiều hơn 2 (là 4, 6, 8, ..) rãnh, ta coi trong rãnh thực gồm nhiều rãnh nguyên tố tập trung lại. Như vậy, tổng số rãnh nguyên tố Z_{nt} đặt dây quấn phần ứng sẽ là : $Z_{nt} = u.Z$

c. Quan hệ giữa số phiến góp G, số phần tử S, số rãnh nguyên tố Z_{nt}

mỗi phần tử dây quấn có hai cạnh tác dụng nối vào hai phiến góp. Mỗi phiến góp lại có hai đầu dây của hai phần tử nối tiếp với nhau nối vào mỗi rãnh nguyên tố theo khái niệm trên cũng có hai cạnh tác dụng của hai phần tử khác nhau đặt vào. Như vậy, chúng ta có quan hệ : $S = G = Z_{nt}$.

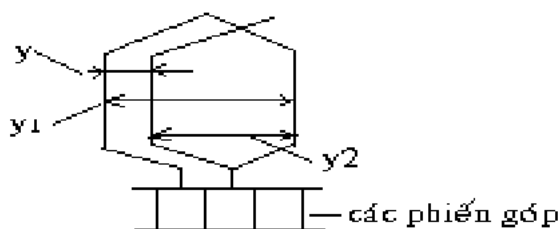
d. Các bước dây quấn

Vị trí các phần tử dây quấn được xác định dựa vào khoảng cách giữa các cạnh tác dụng của từng phần tử và các phần tử liên quan (các bước dây quấn) được minh họa theo hình vẽ 2.1

Bước y_1 : là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của mỗi phần tử.

Bước y_2 : là khoảng cách giữa cạnh thứ hai của một phần tử với cạnh tác dụng thứ nhất của phần tử kế tiếp nó.

Bước y (còn gọi là bước tổng hợp) : là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng thứ nhất của hai phần tử kế nhau.



Hình 2.1. Các bước dây quấn

2. CÁC LOẠI DÂY QUẤN MĐ1C

Bao gồm các loại dây quấn kiểu xếp (xếp đơn, xếp phức), dây quấn sóng (đơn, phức), dây quấn hỗn hợp (kết hợp sóng phức và xếp đơn), dây quấn có phần tử đồng đều, dây quấn có phần tử không đồng đều.

II. DÂY QUẤN XẾP ĐƠN

1. KẾT CẤU DÂY QUẤN

Dây quấn xếp đơn là một loại dây quấn thông dụng trong MĐIC. Các bối dây kề nhau nối tiếp với nhau, xếp chồng lên nhau. hai đầu dây của mỗi phần tử hàn nối với hai phiến góp kề nhau.

Các bước dây quấn xếp đơn được xác định như sau:

Bước $y_1 = \frac{Znt}{2p} \pm \epsilon$. với $\epsilon = 0$: dây quấn bước đủ. $\epsilon < 0$: dây quấn bước ngắn. $\epsilon > 0$:

dây quấn bước dài

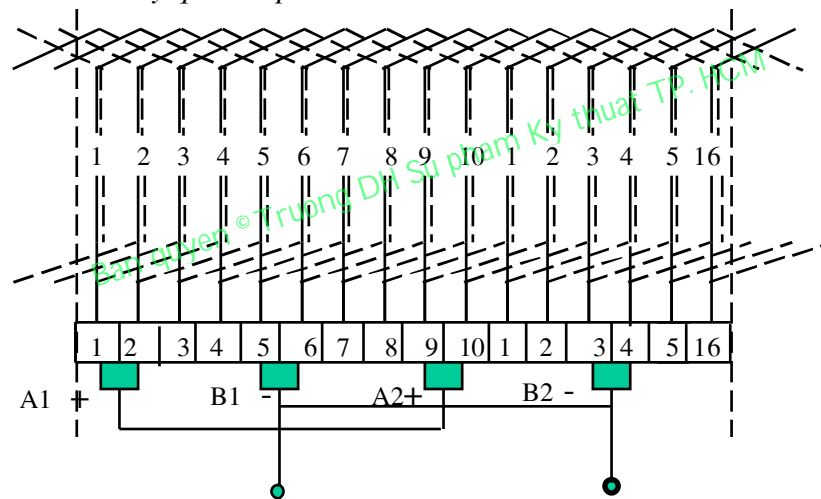
bước $Y_G = 1$: bước trên vành góp và $Y_G = Y = 1$

2. SƠ ĐỒ KHAI TRIỂN DÂY QUẤN(SĐKTDQ)

Để hiểu SĐKTDQ, ta hãy thiết lập sơ đồ trải dây quấn như sau:

Giả sử ta cần thiết lập sơ đồ trải dây quấn phần ứng MĐIC có số rãnh thực $Z = 8$, $2p = 4$, số phiến góp $G = 16$, kiểu dây quấn xếp đơn, ta tiến hành như sau:

✓ Tính toán kết cấu dây quấn xếp đơn



Hình vẽ 2.2: SĐKTDQ phần ứng MĐIC $Znt = 16$, $2p = 4$, $v = 4$ bước đủ, xếp đơn

Vì $G = S = Znt$ nên $S = Znt = 16$ (máy có 16 phần tử, 16 rãnh nguyên tố) và

bước quấn $Y_1 = \frac{Znt}{2p} \pm \epsilon$. chọn $\epsilon = 0$ (dây quấn bước

đủ), ta có $Y_1 = 24/4 = 6$ (rãnh nguyên tố).

Bước góp $Y_G = Y = 1$ (phiến góp), $Y_2 = Y_1 - Y = 3$ (rãnh nguyên tố).

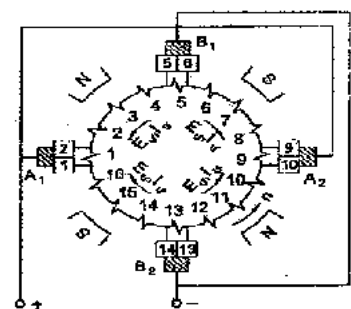
✓ Xấp xếp thứ tự nối các phần tử

Dây quấn có 16 phần tử nối tiếp nhau, hai lớp, đầu cuối các phần tử nối ra các phiến góp kề nhau, vị trí từng phần tử tương ứng như sau :

Phần tử 1 Phần tử 16

Lớp trên : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Lớp dưới: 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 1 2 3 4



hình 2.3. sơ đồ điện dây quấn phần ứng

✓ Vẽ sơ đồ trái dây quấn (xem hình vẽ 2.2)

Chú ý : Các chổi than đối xứng, cùng cực tính, cùng điện thế được nối chung lại với nhau :A1, A2 & B1,B2 như hình vẽ. Còn vị trí phiến góp, chổi than tương ứng với các đầu dây nối ra của các phần tử sẽ được xem xét & phân tích ở những phần sau

b.Sơ đồ mạch điện, số đôi mạch nhánh

✓ Sơ đồ mạch điện

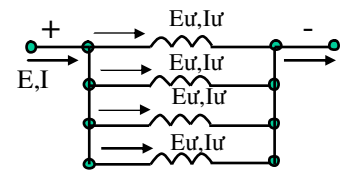
(xem xét từ sơ đồ trái dây quấn)

✓ Số mạch nhánh, số đôi mạch nhánh.

Theo sơ đồ điện, số mạch nhánh bằng số cực từ :2a = 2p.Vậy số đôi mạch nhánh : a = p (số đôi cực từ) . S.đ.đ tương đương toàn mạch bằng s.đ.đ 1 nhánh E = Eư ; dòng điện tổng (đi qua mạch ngoài) bằng tổng dòng điện dây quấn đi trong các nhánh (I =Iư).

Cần chú ý rằng dây quấn phần ứng MĐIC tạo ra ít nhất một đôi cực từ, một đôi mạch nhánh.

Như vậy :Dòng tổng trong máy 1 chiều bằng tổng các do nhánh(dòng trong dây quấn phần ứng), còn s.đ.đ tương đương toàn máy bằng s.đ.đ của một nhánh(song song).



Hình 2.4. Sơ đồ mạch điện tương đương

c. Góc độ điện, hình tia sđđ, sự đập mạch của điện áp 1 chiều

✓ Góc độ điện : là góc lệch pha sđđ của hai cạnh tác dụng kề nhau

$\alpha = p.360^0/Znt$. trong đó : p – số đôi cực, Znt – số rãnh nguyên tố.

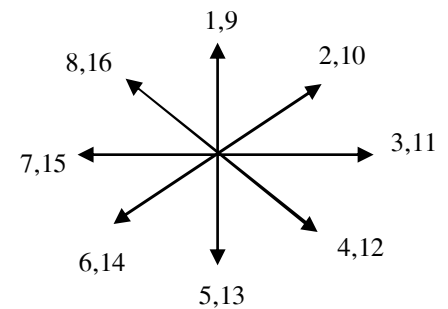
✓ Hình tia sđđ : Là đồ thị biểu diễn quan hệ các sđđ các phần tử dây quấn MĐIC.

Thông qua hình tia sđđ(đồ thị các vectơ sđđ), ta có thể dùng đồ thị véc tơ đó để biểu diễn sự tương quan các sđđ các pha. Coi sđđ(biến đổi hình sin) mỗi phần tử dây quấn được biểu diễn bằng 1 véc tơ (phép biểu diễn các đại lượng hình sin bằng vectơ) thì trong thời gian 1 chu kỳ, phần tử dây quấn quét qua một cặp cực từ(2p = 2), vectơ sđđ mỗi phần tử quay 1 góc 360⁰ (độ điện) . như vậy sđđ các phần tử kề nhau trong mỗi cặp cực từ lệch nhau 1 góc (độ điện) tương ứng:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Znt / p} = \frac{p360^\circ}{Znt} = \frac{p360^\circ}{s}$$

theo thí dụ trên, ta có p = 2, Znt = S = 16, vậy $\alpha = \frac{2.260^\circ}{16} = 45^\circ$. giả thử chiều quay của phần ứng làm từ

trường quét lần lượt từ phần tử thứ nhất trở đi, thì vectơ sđđ của các phần tử từ 1 đến 16 lần lượt chậm sau nhau góc 45⁰ . nếu lấy vectơ sđđ phần tử 1 làm chuẩn, thì các vectơ sđđ toàn máy tạo thành hình sao(hay gọi là hình tia) sđđ. Ứng với mỗi cặp cực từ, ta có 1 hình sao sđđ. Ở dây quấn xếp đơn, vị trí mỗi phần tử dưới mỗi cặp cực từ là như nhau, nên các hình sao sđđ trùng nhau (hình vẽ 2.5)



Hình 2.5. Hình tia sức điện động

III. CÁC LOẠI DÂY QUẤN KHÁC

1. Dây quấn xếp phức tạp

Kết cấu của mỗi bố dây có hai đầu nối với hai phiến góp không kề nhau, mà cách nhau với bước góp $Y_g = 2, 3, \dots$ như vậy, mạch điện của dây quấn kiểu này hình thành 2 hoặc 3 mạch vòng riêng, tùy theo bước góp. như vậy, số mạch nhánh, số đôi mạch nhánh cũng sẽ tăng theo số mạch vòng (bằng bước góp):

Ta có số nhánh $2a = 2mp$; với $m = Y_g$

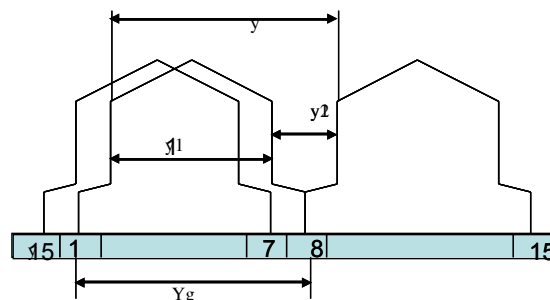
Số đôi mạch nhánh tương ứng: $a = mp$.

2. Dây quấn trái, dây quấn phải

Chủ yếu xác định việc phân biệt quấn dây theo chiều phải hay trái tương ứng trong phần ứng.

c. Dây quấn sóng đơn, sóng phức

- *Dây quấn sóng đơn*: Dây quấn sóng nói chung có kết cấu kiểu gợn sóng, số rãnh thường là số lẻ và mỗi phần tử (bố dây) có hai cạnh tác dụng nối với hai phiến góp cách xa nhau khoảng cách tương đương hai bước cực từ. Các bố dây này nối tiếp liên tiếp nhau dọc theo chu vi phần ứng (hình vẽ 2.6). Vì vậy, dây quấn sóng đơn chỉ có một đôi mạch nhánh. Kiểu dây quấn này thường dùng trong các máy phát điện một chiều



Hình 2.6. dây quấn sóng đơn

- *Dây quấn sóng phức*:

Là dây quấn sóng có các phần tử (bố dây) tạo thành m (2, 3, ...) mạch vòng độc lập. Như vậy, ở loại dây quấn này, có số đôi mạch nhánh $a = m$

d. Dây quấn hỗn hợp

Là dây quấn gồm hai loại: dây quấn xếp đơn và dây quấn sóng phức có số phần tử bằng nhau và cùng nối lên một cổ góp. Số đôi mạch nhánh bằng tổng số đôi mạch nhánh của hai dây quấn đó. loại dây quấn này thường dùng trong các máy điện có công suất lớn, tốc độ cao, việc đổi chiều khó khăn.

e. Dây cân bằng điện thế

Để bảo đảm tính cân bằng về s.đ.đ và dòng điện trong các mạch nhánh để tránh xảy ra sự xuất hiện của dòng cân bằng (dòng của mạch điện có điện áp do điện thế tại các điểm tương ứng không bằng nhau), người ta nối các điểm đẳng thế cần thiết trong dây quấn lại với nhau. Dây nối đó gọi là dây cân bằng điện thế. Ở dây quấn xếp đơn, dây cân bằng được nối ở các điểm đầu bố các bố dây đẳng thế (dây cân bằng loại 1). Ở dây quấn sóng phức, dây cân bằng được nối tại các điểm đẳng thế phía cổ góp hoặc phía đầu bố (dây cân bằng loại 2)

CÂU HỎI:

1. Nêu các loại dây quấn mđlc, vị trí, kết cấu, chức năng của nó ?
2. Phương pháp thiết lập sơ đồ trái dây quấn? ý nghĩa sdtđq?
3. Phân tích điện áp, s.đ.đ và dòng điện trong mạch điện tương ứng của dây quấn mđlc?

BÀI TẬP:

Bài tập 1:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn phần ứng máy điện một chiều kiểu xếp phức tạp (bậc dây quấn $m = 2$) có $Z_{nt} = S = G = 24$, số cực $2p = 4$.

Gợi ý:

Bậc dây quấn m thực tế do m dây quấn sóng đơn ghép lại và cùng đầu chung chổi than. Do đó, số mạch nhánh cũng tăng m lần, $2a = 2mp$. Bậc dây quấn $m > 2$ thường sử dụng ở những máy điện công suất thật lớn.

$y_G = 2$ thì cạnh cuối phần tử thứ nhất nối với cạnh đầu của phần tử thứ 3.

$2p$: tổng số cực từ được hình thành khi có điện áp đặt vào bộ dây quấn.

Cần tính các thông số của bộ dây quấn (bước cực τ , bước dây y_1, y_2), thành lập sơ đồ kết nối các bố dây theo bước dây quấn để vẽ sơ đồ trái).

BÀI GIẢI

Bước 1: Các thông số cần thiết khi vẽ sơ đồ trái dây quấn máy điện:

_ Bước cực: $\tau = \frac{Z_{nt}}{2p} = \frac{24}{4} = 6$ (rãnh).

Các bước dây quấn:

_ Bước dây thứ nhất:

$$y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} \pm \epsilon \quad (\text{chọn dây quấn bước đủ } \epsilon = 0, y_1 = \tau).$$

$$= \frac{24}{4} = 6 \quad (\text{rãnh}).$$

_ Bước dây tổng hợp:

$$y = y_G = m = 2.$$

_ Bước dây thứ hai:

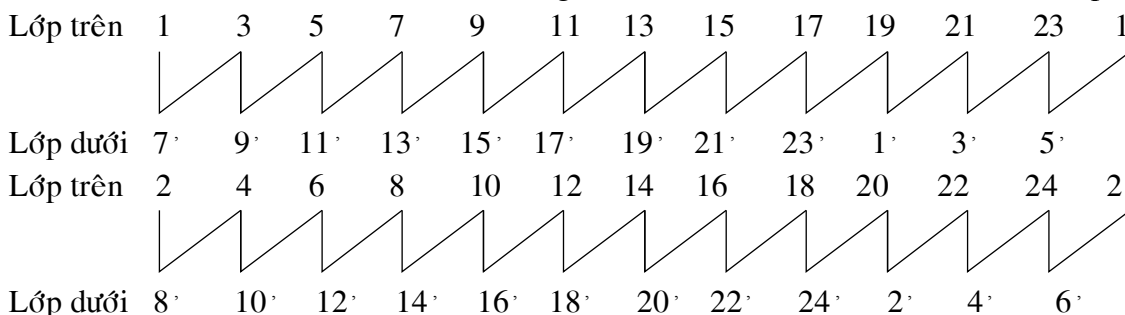
$$y_2 = y_1 - y$$

$$= 6 - 2 = 4 \quad (\text{rãnh}).$$

Bước 2: Chọn kiểu dây quấn xếp bước đủ.

Sơ đồ kết nối các phần tử:

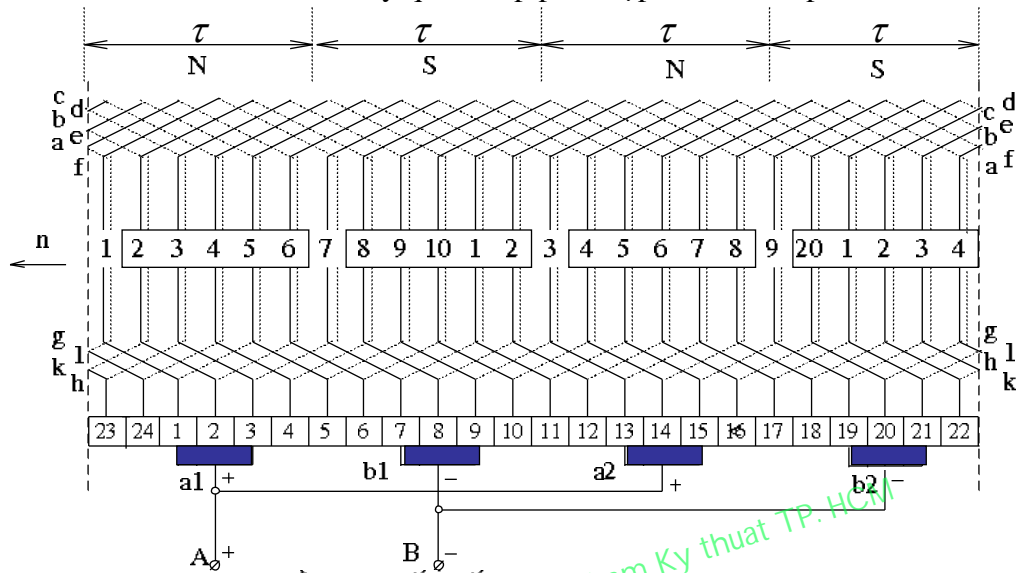
Nhận xét: Z_{nt} và m có ước số chung lớn nhất là 2 nên có 2 mạch kín độc lập.



_ Lớp trên xuống lớp dưới thì $+y_1$ và lớp dưới lên lớp trên thì $-y_2$.

Bước 3: Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp phức tạp.

- _ Phân bố cực từ phần ứng và chổi than cổ góp. Nên đánh số thứ tự các phần tử góp trùng với số thứ tự các rãnh thực. Chọn vị trí đặt chổi than sao cho phần tử bị ngắn mạch có sức điện động càng nhỏ càng tốt.
- _ Thực hiện kết nối các phần tử theo sơ đồ hai mạch kín độc lập.
- _ Sơ đồ khai triển dây quấn xếp phức tạp: $Z_{nt} = 24$; $2p = 4$ như sau:

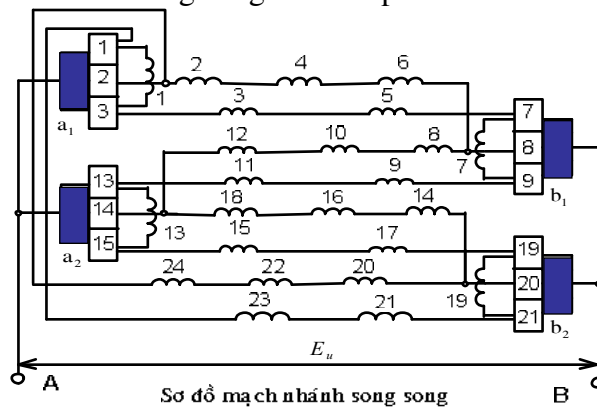


Sơ đồ dây quấn xếp phức tạp ($Z = 24, 2p = 4$).

- Phần dây quấn lớp trên
- Phần dây quấn lớp dưới
- - - - Vị trí phân cách

Bước 4: Đặc điểm bộ dây quấn:

- _ Số mạch nhánh song song $2a = 2mp = 8$.



- _ Các bố dây bị ngắn mạch: 1, 7, 13, 19.

- _ Giả sử xét trạng thái như hình vẽ: các rãnh 3, 5; 15, 17 và 2, 4, 6; 14, 16, 18 hình thành 4 mạch nhánh song song cùng chiều dòng điện tạo 2 cực từ N; các rãnh 9, 11; 21, 23 và 8, 10, 12; 20, 22, 24 hình thành 4 mạch nhánh song song cùng chiều dòng điện tạo 2 cực từ S, vận dụng qui tắc bàn tay trái để xác định cực tính N hay S.

Lưu ý: Bề rộng chổi than bằng $m = 2$ lần bề rộng phần ứng góp để có thể lấy điện ở cả hai mạch kín độc lập.

Bài tập 2

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn phần ứng máy điện một chiều kiểu sóng đơn có $Z_{nt} = S = G = 15$, số cực $2p = 4$.

Gợi ý:

Dây quấn sóng trái: chiều dây quấn phát triển theo hướng bên trái tương ứng có bước dây quấn là bước ngắn để tiết kiệm dây.

Z_{nt} : tổng số rãnh nguyên tố (là rãnh thực chứa hai cạnh tác dụng của hai phần tử khác nhau).

S: tổng số phần tử dây quấn trong bộ dây của máy điện.

G: tổng số phiến góp trên cổ góp.

$2p$: tổng số cực từ được hình thành khi có điện áp đặt vào bộ dây quấn.

Cần tính các thông số của bộ dây quấn (bước cực τ , bước dây y_1, y_2), thành lập sơ đồ kết nối các bố dây theo bước dây quấn để vẽ sơ đồ trái).

BÀI GIẢI

Bước 1: Các thông số của bộ dây quấn phần ứng.

_ Bước cực:
$$\tau = \frac{Z_{nt}}{2p} = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ (rãnh)}.$$

Các bước dây quấn:

_ Bước dây thứ nhất:

$$y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} \pm \varepsilon \quad (\text{chọn dây quấn bước ngắn } - \varepsilon \text{ và}$$

$y_1 < \tau$).

$$= \frac{15}{4} - \frac{3}{4} = 3 \text{ (rãnh) (vì chọn } \varepsilon = \frac{3}{4} \text{)}.$$

_ Bước dây tổng hợp:

$$y = y_G = \frac{G-1}{p} \text{ (chọn dạng sóng trái).}$$

$$= \frac{15-1}{2} = 7 \text{ (rãnh).}$$

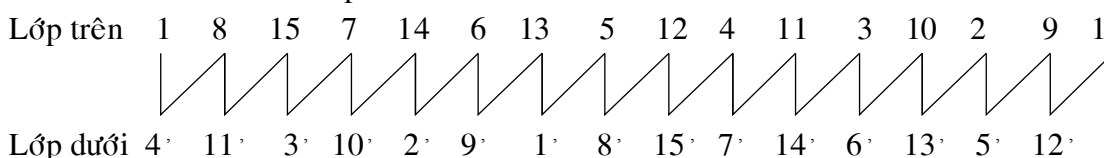
_ Bước dây thứ hai:

$$y_2 = y - y_1.$$

$$= 7 - 3 = 4 \text{ (rãnh).}$$

Bước 2: Chọn kiểu dây quấn sóng đơn bước ngắn.

Sơ đồ kết nối các phần tử:



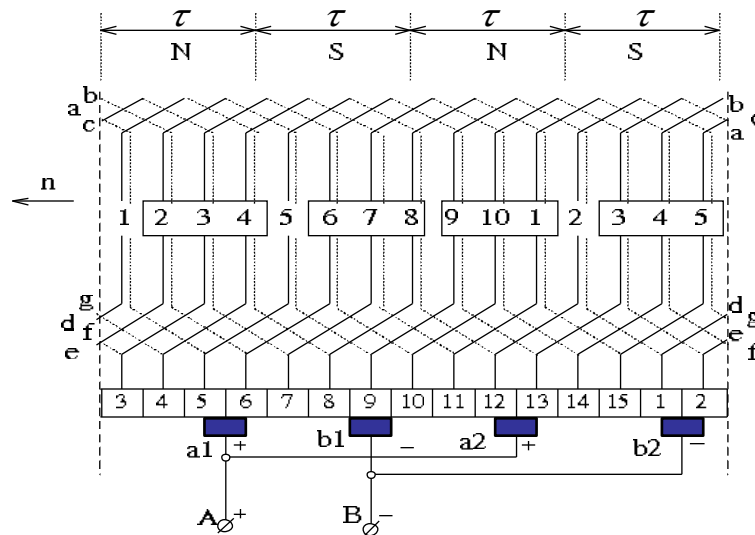
_ Lớp trên xuống lớp dưới $+y_1$ và lớp dưới lên lớp trên $+y_2$.

Bước 3: Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn sóng đơn.

_ Phân bố cực từ phần ứng và chổi than cổ góp. Nên đánh số thứ tự các phiến góp trùng với số thứ tự các rãnh thực. Chọn vị trí đặt chổi than sao cho phần tử bị ngắn mạch có sức điện động càng nhỏ càng tốt.

_ Thực hiện kết nối các phần tử theo sơ đồ.

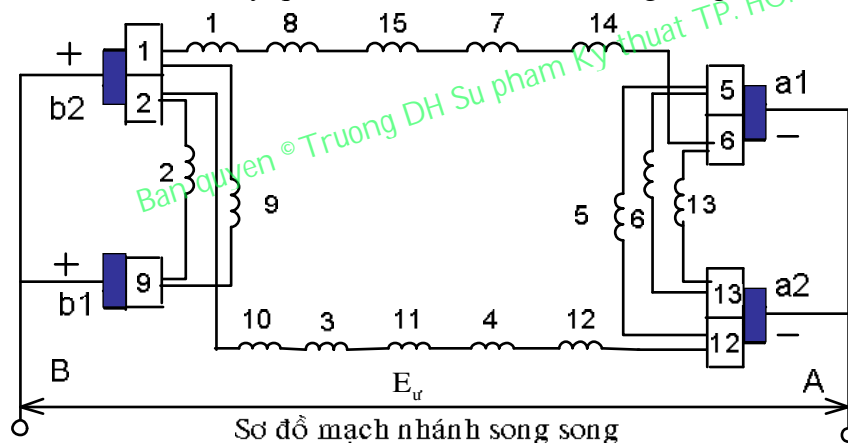
_ Sơ đồ khai triển dây quấn sóng đơn: $Z_{nt} = 15$; $2p = 4$ như sau:



Sơ đồ dây quấn sóng đơn ($Z = 15, 2p = 4$).

- Phần dây quấn lớp trên
- Phần dây quấn lớp dưới
- Vị trí phân cách

Bước 4: Đặc điểm bộ dây quấn có số mạch nhánh song song $2a = 2$.



Sơ đồ mạch nhánh song song

Giả sử xét trạng thái như hình vẽ: các rãnh 3, 4 và 10, 11, 12 hình thành 1 mạch nhánh song song cùng chiều dòng điện tạo 2 cực từ N; các rãnh 7, 8 và 14, 15, 1 hình thành 1 mạch nhánh song song cùng chiều dòng điện tạo 2 cực từ S (vận dụng qui tắc bàn tay trái để xác định cực tính N hay S).

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp của phần ứng máy điện một chiều có $Z = 12$ rãnh, số cực $2p = 4$ (dây quấn có $u = 1$: trong một rãnh thực có hai cạnh tác dụng của lớp trên và lớp dưới hay còn gọi đây là rãnh nguyên tố).

Bài 2:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp của phần ứng máy điện một chiều có $Z = 20$ rãnh, số cực $2p = 4$ và $u = 1$ (số rãnh thực bằng số rãnh nguyên tố).

Bài 3:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn sóng của phần ứng máy điện một chiều có $Z = 19$ rãnh, số đôi cực $p = 2$ và $u = 1$ (số rãnh thực bằng số rãnh nguyên tố).

Bài 4:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn sóng của phần ứng máy điện một chiều có $Z = 20$ rãnh, số đôi cực $p = 2$ và $u = 1$ (số rãnh thực bằng số rãnh nguyên tố).

Bài 5:

Một máy điện một chiều phần ứng có $Z_{nt} = G = S = 22$ rãnh, số đôi cực $p = 2$. Hãy vẽ sơ đồ khai triển dây quấn xếp đôi.

Bài 6:

Vẽ sơ đồ khai triển dây quấn sóng đôi trái của phần ứng máy điện một chiều có $Z_{nt} = G = S = 20$ rãnh, số cực $2p = 4$.

Ban quyền © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

CHƯƠNG III : TỪ TRƯỜNG VÀ QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

I. SỨC ĐIỆN ĐỘNG (S.ĐĐ) CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

S.đđ cảm ứng trong máy điện một chiều bằng tổng s.đ.đ các thanh dẫn trong một nhánh của mạch điện dây quấn phần ứng. S.đ.đ trong 1 thanh dẫn MĐ1C có phương, chiều xác định theo qui tắc bàn tay trái, có trị số được tính theo : $E_{ur} = B_{tb} \cdot L \cdot v$.

Trong đó: B_{tb} - cảm ứng từ phần ứng, tính $B_{tb} = \Phi_{\delta} / S$, với S – tiết diện cực từ

phần ứng, tính $S = (\frac{pD}{2p}) \cdot L$; L - chiều dài tác dụng của thanh dẫn

v - tốc độ dài rôto phần ứng, có thể tính v theo:

$v = \pi D \cdot n / 60$ với D – đường kính rôto phần ứng, $2p$ - số cực từ, n - tốc độ quay rôto .

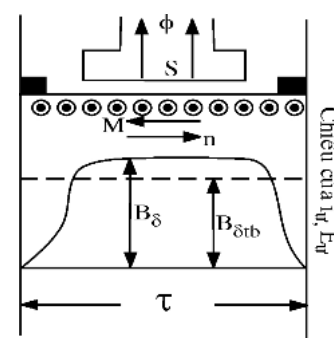
Từ đó, $E_{ur} = B_{tb} \cdot L \cdot v = (\Phi_{\delta} / S) \cdot L \cdot v = (\Phi_{\delta} / (\pi D \cdot n / 60)) \cdot L \cdot v$. Gọi tổng số thanh dẫn trong dây quấn phần ứng là N , có số mạch nhánh là $2a$, thì trong 1 nhánh mạch điện dây quấn phần ứng có số thanh dẫn là $N/2a$, S.Đ.Đ trong 1 nhánh bằng S.Đ.Đ toàn máy(E), nên:

$$E = (N/2a) \cdot E_{ur} = (N/2a) \cdot (\Phi_{\delta} / \pi D \cdot n / 60) \cdot L \cdot (\pi D \cdot n / 60) = (\frac{pN}{60a}) \cdot \Phi_{\delta} \cdot n \quad (v)$$

Đặt $C_e = \frac{pN}{60a}$ – hệ số S.Đ.Đ (hệ số này chỉ phụ thuộc vào kết cấu MĐ1C)

Ta có SĐĐ trong máy điện một chiều : $E = C_e \cdot \Phi_{\delta} \cdot n$

(v)



Hình3.1. Xác định s.đ.đ phần ứng

II. MÔMEN ĐIỆN TỬ VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN TỬ

1. MÔMEN ĐIỆN TỬ

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 lực điện từ, mômen điện từ trên trục máy.

Giả thiết ở một chế độ làm việc nào đó của máy điện một chiều, từ trường và dòng điện phần ứng ở dưới một cực như hình3.1, thì theo quy tắc bàn tay trái mômen điện từ do lực điện từ tác dụng lên các thanh dẫn có chiều từ phải sang trái.

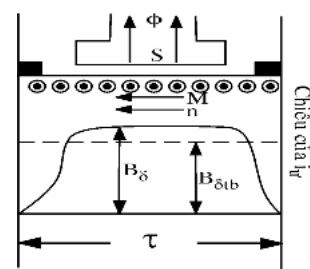
Lực điện từ tác dụng lên từng thanh dẫn bằng:

$$F_{ur} = B_{tb} \cdot L \cdot i_{ur}$$

Nếu tổng số thanh dẫn của dây quấn bằng N (tổng số vòng dây trong máy), dòng điện trong mạch nhánh

$i_{\delta} = \frac{I}{2a}$ thì mômen điện từ tác dụng lên dây quấn phần ứng bằng:

$$M = B_{tb} \cdot \frac{I_{\delta}}{2a} \cdot L \cdot N \cdot \frac{D}{2}$$



Hình3.2. Xác định mômen điện từ trong động cơ điện một chiều

trong đó:

- B_{tb} – từ cảm trung bình trong khe hở;
- I_r - dòng điện phần ứng;
- a – số đôi mạch nhánh;
- L – chiều dài tác dụng của thanh dẫn;
- D – đường kính ngoài phần ứng.

Do $D = \frac{2p\tau}{\pi}$, $B_{tb} = \frac{\Phi_{\delta}}{\tau l}$ nên ta có:

$$M = \frac{pN}{2a\pi} \Phi_{\delta} I = C_M \Phi_{\delta} I \quad Mm$$

trong đó:

- Φ_{δ} - từ thông dưới mỗi cực tính bằng Wb ;
- $C_M = \frac{pN}{2a\pi}$ - hệ số phụ thuộc vào kết cấu của máy điện.

Nếu tính bằng $KG.m$ thì công thức tính M phải chia cho 9,81.

$$M = \frac{1}{9,81} \frac{pN}{2a\pi} \Phi_{\delta} I \quad (KG.m)$$

Trong máy phát điện, khi quay máy theo một chiều nhất định trong từ trường thì trong dây dẫn sẽ sinh ra s.đ.đ. mà chiều được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Khi có tải thì dòng điện sinh ra sẽ cùng chiều với s.đ.đ. nên mômen điện từ sinh ra sẽ ngược chiều với chiều quay của máy. Vì vậy ở máy phát điện, mômen điện từ là một mômen hãm.

Trong động cơ điện, khi có dòng điện vào phần ứng thì dưới tác dụng của từ trường, trong dây quấn sẽ sinh ra mômen điện từ kéo máy quay, vì vậy chiều quay của máy trùng với chiều quay của mômen.

2. CÔNG SUẤT ĐIỆN TỪ

Công suất ứng với mômen điện từ lấy vào (đối với máy phát) hay đưa ra (đối với động cơ) gọi là công suất điện từ và bằng:

$$P_{dt} = M\omega$$

trong đó:

- M – là mômen điện từ;
- $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ - tốc độ góc phần ứng.

Thay vào công thức trên ta có:

$$P_{dt} = M\omega = \frac{pN}{2a\pi} \Phi_{\delta} I \frac{2\pi n}{60} = \frac{pN}{60a} n \Phi_{\delta} I = E.I$$

Từ công thức này ta thấy được quan hệ giữa công suất điện từ với mômen điện từ và sự trao đổi năng lượng trong máy điện: Trong máy phát điện công suất điện từ đã chuyển công suất cơ $M\omega$ thành công suất điện EI . Ngược lại trong động cơ điện công suất điện từ đã chuyển công suất điện EI thành công suất cơ $M\omega$.

III. QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG

1 CÁC TỔN HAO TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Trong máy điện một chiều, đại bộ phận công suất cơ biến thành công suất điện (máy phát) hay công suất điện biến thành công suất cơ (động cơ). Chỉ có một bộ phận rất ít biến thành tổn hao trong máy dưới hình thức nhiệt tỏa ra ngoài không khí. Tổn hao trong máy tùy theo tính chất được phân làm các loại sau:

a. Tổn hao $p_{cơ}$: Bao gồm tổn hao ổ bi, tổn hao ma sát chổi than với vành góp, tổn hao do thông gió... Tổn hao này phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ quay của máy và làm cho ổ bi, vành góp nóng lên.

b. Tổn hao sắt p_{Fe} : do từ trễ và dòng điện xoáy trong lõi thép gây nên. Tổn hao này phụ thuộc vào vật liệu, chiều dài của tấm thép, trọng lượng lõi thép, từ cảm và tần số f. Khi lõi thép đã định hình thì tổn hao thép tỷ lệ với $f^{1,2 \div 1,6}$ và B^2 .

Hai loại tổn hao trên khi không tải đã tồn tại nên gọi là tổn hao không tải:

$$P_o = P_{cơ} + P_{Fe}$$

Tổn hao cơ và sắt sinh ra mômen hãm và mômem này tồn tại khi không tải nên gọi là mômem không tải M_o . Quan hệ giữa M_o và p_o như sau:

$$M_o = \frac{P_o}{\omega}$$

trong đó ω là tốc độ góc của rôto.

c. Tổn hao đồng p_{Cu} : tổn hao đồng bao gồm hai phần: tổn hao đồng trong mạch phần ứng $p_{Cu,u}$ và tổn hao đồng trong mạch kích thích $p_{Cu,t}$.

Tổn hao đồng trong phần ứng bao gồm tổn hao đồng trong dây quấn phần ứng $I_u^2 r_u$, tổn hao đồng trong dây quấn cực từ phụ $I_u^2 r_f$, tổn hao tiếp xúc giữa chổi than và vành góp p_{tx} . Thường với chổi than graphit điện áp giáng trên chỗ tiếp xúc của hai chổi than không chế $2\Delta U_{tx} = 2V$ nên $p_{tx} = 2I_u$.

Trong tính toán, thường gộp tất cả các tổn hao đồng trên phần ứng lại và viết dưới dạng $p_u = I_u^2 R_u$ trong đó $R_u = r_u + r_f + r_{tx}$ bao gồm điện trở dây quấn phần ứng r_u , điện trở dây quấn phụ r_f và điện trở tiếp xúc chổi than p_{tx} , mặt dù r_{tx} thực tế không phải là không đổi.

Tổn hao đồng trong mạch kích thích bao gồm tổn hao đồng của dây quấn kích thích và tổn hao đồng của điện trở điều chỉnh trong mạch kích thích. Vì vậy $p_{Cu,t} = U_t I_t$, trong đó U_t là điện áp đặt trên mạch kích thích và I_t là dòng điện kích thích.

d. Tổn hao phụ p_f : Trong đồng và thép đều sinh ra hao tổn phụ.

Tổn hao phụ trong thép có thể do từ trường phân bố không đều trên bề mặt phần ứng, các bulông ốc vít trên phần ứng làm từ trường phân bố không đều trong lõi sắt, ảnh hưởng của răng, rãnh làm từ trường đập mạch... sinh ra.

Tổn hao trong đồng có thể do quá trình đổi chiều làm dòng điện trong phần tử thay đổi, dòng điện phân bố không đều trên bề mặt chổi than làm tổn hao tiếp xúc lớn, từ trường phân bố không đều trong rãnh làm cho trong dây dẫn sinh ra dòng điện xoáy, tổn hao trong dây nối cân bằng sinh ra. Trong máy điện một chiều p_f tương đối khó tính. Thường lấy bằng 1% công suất định mức.

2. QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG VÀ CÁC PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG

a. Máy phát điện

Máy phát điện biến cơ năng thành điện năng nên máy do một động cơ sơ cấp bất kỳ kéo quay với một tốc độ nhất định.

Giả thiết công suất kích từ do một máy khác cung cấp nên không tính vào công suất đưa từ động cơ sơ cấp vào máy phát điện.

Công suất cơ đưa vào P_1 , tiêu hao đi một phần để bù vào tổn hao cơ $p_{cơ}$ và tổn hao sắt p_{Fe} , còn đại bộ phận biến đổi thành công suất điện từ $P_{đt}$. Ta có:

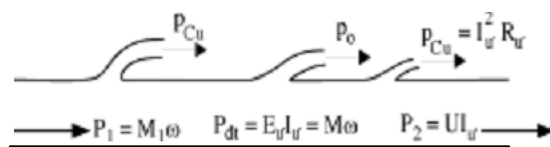
$$P_1 = P_{đt} + (p_{cơ} + p_{Fe}) = P_{đt} + p_0$$

$$P_{đt} = E_U I_U$$

Khi có dòng điện chạy trong dây dẫn thì có tổn hao đồng, nên công suất điện đưa ra P_2 bằng:

$$P_2 = P_{đt} - p_{Cu} = E_U I_U - I_U^2 R_U = U I_U$$

Giản đồ năng lượng như ở hình 2.4.



Hình 3.3. Giản đồ năng lượng của máy phát điện một chiều

Chia hai vế của phương trình trên với I_U ta được:

$$U = E_U - I_U R_U$$

Đó là phương trình cân bằng s.đ.đ (phương trình cân bằng áp) của máy phát điện một chiều.

Có thể viết công suất cơ đưa vào, công suất không tải và công suất điện từ theo dạng mômen nhân với tốc độ góc và như vậy có thể viết thành:

$$M_1 \omega = M_0 \omega + M \omega$$

Chia hai vế cho ω ta được:

$$M_1 = M_0 + M$$

trong đó:

M_1 – mômen đưa vào;

M – mômen điện từ;

M_0 – mômen không tải.

Quan hệ trên gọi là phương trình cân bằng mômen của máy phát điện một chiều.

b. Động cơ điện

Động cơ điện lấy công suất điện vào và truyền công suất cơ ra đầu trục.

Công suất điện mà động cơ điện nhận được từ lưới vào, bằng:

$$P_1 = UI = U(I_U + I_t) \quad (\text{Động cơ điện kích thích song song})$$

trong đó:

$I = I_U + I_t$ – dòng điện từ lưới điện vào (I_U là dòng điện vào phần ứng, I_t là dòng điện kích thích).

U – điện áp ở đầu cực máy.

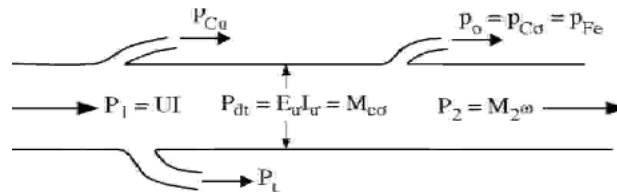
Công suất P_1 , một phần cung cấp cho mạch kích thích UI_t còn phần lớn đi vào phần ứng UI_U , tiêu hao một ít trên dây quấn đồng trong mạch phần ứng $p_{Cu,U}$, còn đại bộ phận là công suất điện từ $P_{đt}$. Ta có:

$$P_1 = p_{Cu,U} + p_{Cu,t} + P_{đt}$$

Công suất điện từ sau khi chuyển thành công suất cơ thì còn tiêu hao một ít để bù vào tổn hao cơ $p_{cơ}$ và tổn hao sắt p_{Fe} (gọi chung là tổn hao không tải hay công suất không tải p_0). Cuối cùng phần còn lại là công suất đưa ra ở đầu trục $P_2 = M_2\omega$. Ta có:

$$P_{đt} = p_{cơ} + p_{Fe} + P_2 = p_0 + P_2$$

Giản đồ năng lượng như ở hình 2.5.



Hình 3.4. Giản đồ năng lượng động cơ điện một chiều

Từ các công thức trên, ta có công suất điện trong mạch phần ứng bằng:

$$UI_u = P_{đt} + p_{Cu,u} = E_u I_u + I_u^2 R_u$$

Chia hai vế cho I_u ta được phương trình:

$$U = E_u + I_u R_u$$

Đó là phương trình cân bằng s.d.đ. của động cơ điện một chiều

Cũng từ công thức cân bằng công suất, ta có thể viết:

$$M\omega = M_0\omega + M_2\omega$$

Chia hai vế cho ω ta được:

$$M = M_0 + M_2$$

trong đó:

M_2 – mômen đưa ra đầu trục máy.

M_0 – mômen không tải.

Quan hệ này gọi là phương trình cân bằng mômen của động cơ điện một chiều. (cần chú ý ký hiệu E_u & I_u trên đây là S.Đ.Đ & dòng điện của dây quấn phần ứng)

IV. TÍNH CHẤT THUẬN NGHỊCH TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

Một MĐIC có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hoặc động cơ điện. Trong máy phát điện, chiều của mômen điện từ và tốc độ quay ngược nhau, còn dòng điện và s.d.đ. cùng chiều; trong động cơ điện thì mômen và tốc độ quay cùng chiều, còn dòng điện và s.d.đ. ngược chiều nhau.

Giả sử máy đang làm việc ở trạng thái máy phát. Ta có dòng điện đưa ra $I_u = \frac{E_u - U}{R_u}$ nghĩa là $E_u > U$. Máy sinh ra mômen điện từ hãm. Nếu ta giảm từ thông Φ

hoặc tốc độ n để giảm E_u xuống một cách thích đáng thì E_u sẽ nhỏ hơn U và dòng điện I_u sẽ đổi chiều, E_u và I_u ngược chiều nhau. Do chiều của từ thông Φ không đổi nên mômen điện từ ($M = C_M \Phi I_u$) sẽ đổi dấu nghĩa là M và n đã thành cùng chiều và mômen điện từ đó đã chuyển từ mômen hãm thành mômen quay. Máy đã chuyển từ chế độ máy phát điện sang chế độ động cơ điện. Tách động cơ sơ cấp ra ta sẽ được một động cơ điện một chiều thông thường.

V*. TỪ TRƯỜNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG TRONG MĐ1C

1. TỪ TRƯỜNG KHÔNG TẢI

Khi máy điện làm việc không tải, trong máy chỉ có dòng điện trong dây quấn kích thích từ 1 chiều sinh ra từ trường. Từ trường đó gọi là từ trường lúc không tải. Sự phân bố từ trường này trên dây quấn phần ứng như trên) (*tương tự như sự phân bố từ trường không tải của máy điện đồng bộ*).

Khi máy có tải, trong dây quấn phần ứng có dòng điện tải chạy qua. Dòng điện này còn chạy qua dây quấn cực từ phụ và trong những máy lớn còn chạy qua cả dây quấn bù. Dòng điện chạy qua các dây quấn đó sẽ sinh ra từ trường cho nên khi có tải, trong máy, ngoài từ trường cực từ chính ra còn có từ trường phần ứng, từ trường cực từ phụ và từ trường dây quấn bù.

Tất cả các từ trường đó tác dụng với nhau để thành từ trường khe hở làm thay đổi từ trường lúc không tải của máy.

Để nghiên cứu từ trường trong máy lúc có tải thuận lợi, trước hết xét riêng từ trường sinh ra trong các dây quấn rồi dùng nguyên lý xếp chồng tìm ra từ trường tổng của máy, từ đó xác định tác dụng của từ trường các dây quấn đối với từ trường lúc không tải. Giả thiết mạch từ không bão hòa (các quan hệ điện từ được coi là tuyến tính).

2. TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

a. Phương chiều của từ trường phần ứng

Muốn tạo nên một từ trường phần ứng riêng, ta cho qua chổi than vào phần ứng một dòng điện một chiều sao cho chiều dòng điện trong các thanh dẫn giống như lúc máy làm việc bình thường.

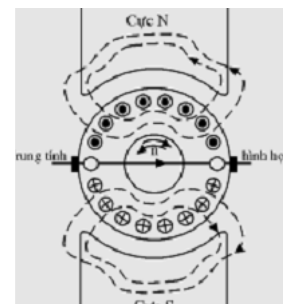
Hình vẽ chổi than ở trên đường trung tính hình học và không xét đến từ trường cực từ chính.

Khi trong phần ứng có dòng điện thì bản thân phần ứng là một nam châm điện. Ta cần chú ý là dù máy quay hay không thì sự phân bố của dòng điện trong dây dẫn vẫn không đổi, nghĩa là dòng điện ở hai bên chổi than khác dấu nhau. Vì vậy từ trường phần ứng sinh ra đứng yên mà trục s.t.đ. của nó luôn luôn trùng với trục chổi than. Ở đây nói đến trục s.t.đ. là chỉ trục s.t.đ. tổng của cả dây quấn sinh ra mà không riêng gì phần tử dây quấn nào, cho nên dù là kiểu dây quấn gì thì kết luận trên vẫn đúng.

Nếu ta quay chổi than đi một góc khỏi đường trung tính hình học tương đương với một khoảng cách b trên phần ứng như ở hình , thì sự phân bố của dòng điện ứng với vị trí chổi than không đổi nên trục s.t.đ. cũng quay đi một góc và luôn luôn trùng với trục chổi than. Ta có thể phân s.t.đ. phần ứng F_U đó ra làm hai thành phần: thành phần thẳng góc với s.t.đ. cực từ gọi là s.t.đ. ngang trục F_{Uq} và thành phần cùng trục với s.t.đ. cực từ gọi là s.t.đ. dọc trục F_{Ud} .

Theo hình ta có thể coi như s.t.đ. ngang trục do dòng điện trong cung AB và CD sinh ra, còn s.t.đ. dọc trục do dòng điện trong cung AD và CB sinh ra (cung này bằng $2b$).

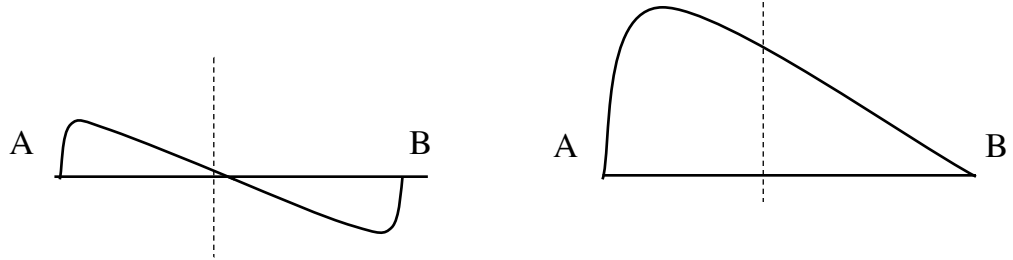
b Sự phân bố từ trường phần ứng và phản ứng phần ứng



Hình 3.6. Từ trường phần ứng khi chổi than ở đường trung tính hình học

Theo hình ta thấy dưới mỗi cực từ, đường sức từ đi qua ở dưới 1/2 cực từ và đi vào ở dưới 1/2 cực từ, do đó tác dụng của nó trong khe hở ở dưới hai nửa cực từ có chiều ngược nhau.

Theo định luật toàn dòng điện, ở điểm giữa mạch nhánh dây quấn giữa hai chổi than, nghĩa là ở tâm cực từ khi chổi than ở trên đường trung tính hình học tác dụng của s.t.đ. phản ứng bằng không. Vì vậy thường lấy điểm giữa hai chổi than làm gốc để xét sự phân bố của s.t.đ. phản ứng trên bề mặt phần ứng sẽ có sự phân bố như hình 3.7a,b.



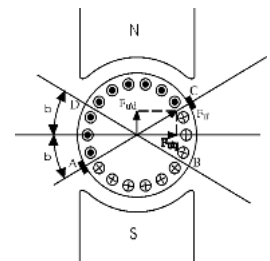
Hình 3.7a,b. Sự phân bố từ trường phản ứng(a) và tổng từ trường mId_c khi có phản ứng phần ứng(b)

Như vậy, khi chổi than ở trên đường trung tính hình học chỉ có phản ứng ngang trục mà tác dụng của nó là làm méo từ trường khe hở. Đối với máy phát thì ở mỏm ra cực từ (mỏm cực từ mà phần ứng đi ra) máy được trợ từ, ở mỏm vào của cực từ khi khử từ. Đối với động cơ thì chiều quay ngược với máy phát nên kết luận ngược lại.

Nếu mạch từ không bão hòa thì từ trường tổng không đổi vì tác dụng trợ từ và khử từ như nhau. Nếu mạch từ bão hòa thì do tác dụng trợ từ ít hơn tác dụng khử từ nên từ thông tổng 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 thực chất không bằng 0, do đó đường mà ở trên bề mặt phần ứng từ cảm bằng 0 – gọi là đường trung tính vật lý – đã lệch khỏi đường trung tính hình học một góc thuận theo chiều quay của máy phát hay ngược chiều quay của động cơ

Tóm lại: khi chổi than đặt trên đường trung tính hình học thì chỉ có phản ứng ngang trục F_{uq} làm méo từ trường khe hở và do đó xuất hiện đường trung tính vật lý. Nếu mạch từ không bão hòa thì từ thông tổng không đổi. Nếu mạch từ bão hòa thì từ thông tổng giảm đi một ít.

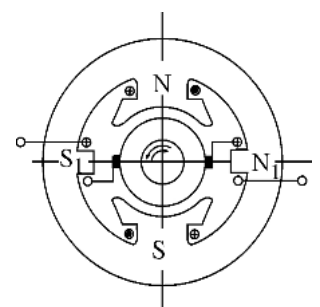


Hình 3.8. Từ trường phản ứng khi chổi than không ở trên đường trung tính hình học

c. Xê dịch chổi than khỏi đường trung tính hình học.

Trong máy điện một chiều, thường chổi than đặt ở trên đường trung tính hình học nhưng do lắp ghép không tốt, hoặc khi máy không có cực từ phụ, muốn cải thiện đổi chiều, có thể xê dịch chổi than đi một góc khỏi đường trung tính hình học. Khi xê dịch chổi than như vậy thì s.t.đ. phản ứng có thể chia làm hai thành phần: ngang trục F_{uq} , và dọc trục F_{ud} . (hình 3.8)

Tác dụng của phản ứng phần ứng ngang trục như ta đã nói ở trên là làm méo từ thông của cực từ chính và khử từ một ít nếu mạch từ bão hòa. Phản ứng phần ứng dọc trục trực tiếp ảnh hưởng đến từ trường 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



Hình 3.9. Cách bố trí và đấu dây của cực từ phụ trong máy điện một chiều

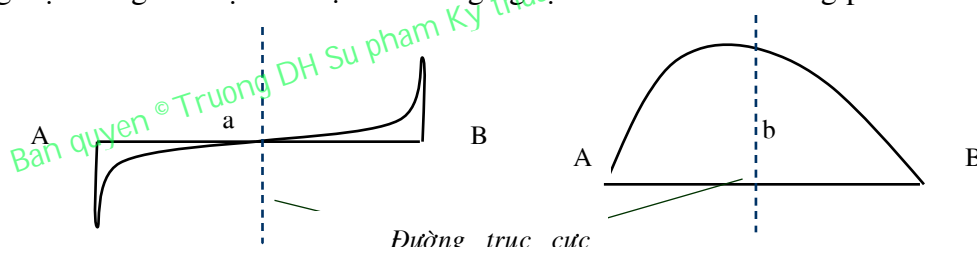
chiều quay của máy phát (hay ngược chiều quay của động cơ) thì phản ứng phần ứng dọc trục có tính chất khử từ và ngược lại nếu quay chổi than ngược chiều quay của máy phát (hay thuận chiều quay của động cơ) thì có phản ứng phần ứng dọc trục trợ từ. Trong máy điện một chiều, do yêu cầu về đổi chiều, chỉ cho phép quay chổi than theo chiều quay của phần ứng nếu là máy phát, hay ngược chiều quay của phần ứng nếu là động cơ.

Phản ứng phần ứng dọc trục chỉ ảnh hưởng đến trị số của từ thông tổng mà không làm nó biến dạng.

3. TỪ TRƯỜNG CỰC TỪ PHỤ

Hiện nay, trong hầu hết các máy điện một chiều (trừ những máy công suất nhỏ hơn 0,5 kW) đều có đặt cực từ phụ. Cực từ phụ đặt giữa hai cực từ chính trên đường trung tính hình học.

Như trên đã biết, khi có tải do phản ứng phần ứng nên trên đường trung tính hình học từ trường khác không và từ trường đó lại cùng chiều với từ trường dưới cực từ đứng trước đường trung tính hình học theo chiều quay của máy phát. Để cải thiện đổi chiều, thường yêu cầu ở khu vực đổi chiều (tức khu vực có chổi than mà chổi than thường đặt ở đường trung tính hình học) có từ trường ngược chiều với từ trường phần ứng ở khu vực đổi chiều, vì vậy phải đặt cực từ phụ. Tác dụng của cực từ phụ là sinh ra một s.t.đ. triệt tiêu từ trường phần ứng ngang trục đồng thời tạo ra một từ trường ngược chiều với từ trường phần ứng ở khu vực đổi chiều, vì vậy cực tính của cực từ phụ phải cùng cực tính của cực từ chính mà phần ứng sẽ chạy vào nếu máy ở chế độ máy phát (còn đối với động cơ điện thì ngược lại).

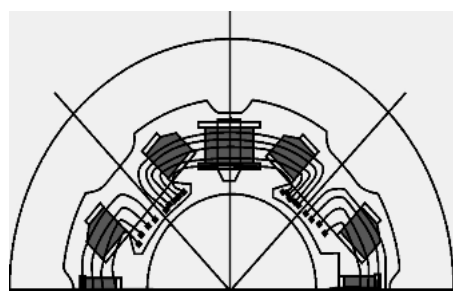


h.3.10. từ trường cực phụ và từ trường tổng

Để triệt tiêu từ trường phần ứng ngang trục, từ trường cực từ phụ phải tỷ lệ thuận với dòng điện tải nên dây quấn cực từ phụ được nối nối tiếp với dây quấn phần ứng và mạch từ không bão hòa

Sự phân bố của từ trường tổng khi có cả từ trường cực từ phụ như ở hình 2.11.

Khi chổi điện đặt trên đường trung tính hình học, các cực từ phụ không ảnh hưởng đến từ trường cực từ chính vì trong phạm vi một bước cực, tác dụng khử từ và trợ từ của các cực từ phụ bằng nhau nên bù cho nhau. Nếu xô dịch chổi điện khỏi đường trung tính hình học, ví dụ theo chiều quay của phần ứng ở chế độ máy phát (hay ngược chiều quay đối với động cơ) thì trong phạm vi một bước cực, tác dụng khử từ của cực từ phụ lớn hơn tác dụng trợ từ của nó, do đó trong trường hợp này, các cực từ phụ làm cho máy bị khử từ. Nếu quay ngược chiều quay phần ứng ở chế độ máy phát thì tác dụng ngược lại. Như vậy ảnh hưởng của các cực từ phụ đối với từ trường cực từ chính như phản ứng dọc trục của phần ứng.



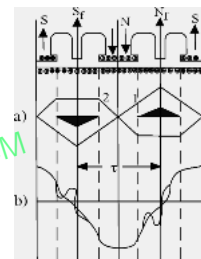
Hình 3.11. Dây quấn bù

4. TỪ TRƯỜNG CỦA DÂY QUẤN BÙ

Như đã biết, ảnh hưởng của phản ứng phần ứng làm méo từ trường khe hở, do đó điện áp phân bố trên các phiến đổi chiều không đều, vì vậy đổi chiều của máy có khó khăn. Do đó trong những máy một chiều công suất lớn hay điều kiện làm việc nặng nề (như tải thay đổi đột ngột) đều có đặt dây quấn bù. Tác dụng của dây quấn bù là sinh ra từ trường triệt tiêu phản ứng phần ứng làm cho từ trường khe hở căn bản không bị méo nữa.

Dây quấn bù được đặt lên trên mặt cực của cực từ chính như hình 3.11.

Để có thể bù được ở bất cứ tải nào, dây quấn bù được nối tiếp với dây quấn phần ứng sao cho s.t.đ. của hai dây quấn đó ngược chiều nhau. Trên hình khai triển 3.12. Các đường 1, 2 biểu thị sự phân bố các s.t.đ. phần ứng ngang trục F_{uq} và của dây quấn bù F_b . Ta thấy về cơ bản là bù được trên phạm vi mặt cực, chỉ có giữa hai cực do không đặt được dây quấn bù nên s.t.đ. F_b có dạng hình thang, do đó ở giữa hai cực không bù được mà còn lại một phần (trong hình gạch chéo). Nhưng ở máy có dây quấn bù bao giờ cũng có đặt cực từ phụ nên dưới tác dụng của cực từ phụ và dây quấn bù, từ trường tổng của máy như hình 3.12b. Ta thấy sự phân bố của từ trường đó gần giống như từ trường lúc không tải mà không phụ thuộc vào tải của máy. Điều đó đảm bảo cho máy đổi chiều tốt.



Hình 3.12. Các đường s.t.đ và từ trường tổng của máy một chiều có cực từ phụ và dây quấn bù

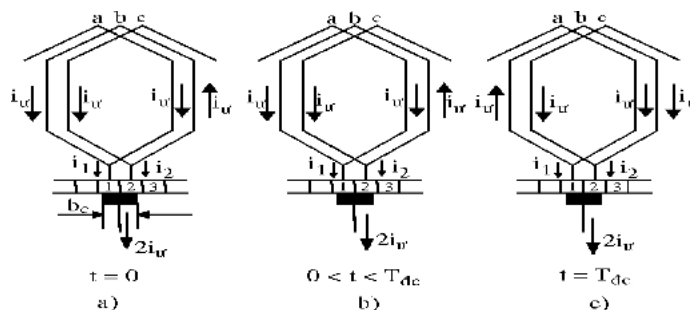
Tóm lại, từ trường trong máy điện một chiều khi có tải biến dạng so với từ trường kích từ ban đầu, điều này gây bất lợi cho máy trong việc đổi chiều (xuất hiện tia lửa mạnh) và ổn định điện áp đầu cực khi làm việc. Vì vậy, việc bố trí thêm cực từ phụ, dây quấn bù hoặc đặt lệch chổi than khỏi trung tính hình học nhằm cải thiện cho từ trường tổng trong máy ít biến dạng so với từ trường kích từ ban đầu, làm đặc tính làm việc và việc đổi chiều trong máy diễn ra tốt hơn.

VI*. ĐỔI CHIỀU, TIA LỬA ĐIỆN TRÊN VÀNH GÓP VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

1. QUÁ TRÌNH ĐỔI CHIỀU VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA QUÁ TRÌNH ĐỔI CHIỀU

a. Quá trình đổi chiều

Như đã biết trong phần dây quấn một chiều, khi chuyển động trong từ trường của một cực, mỗi phần tử dây quấn thuộc vào một nhánh song song và dòng điện i_{ur} trong nó có chiều nhất định. Lúc các cạnh của phần tử đi vào vùng trung tính thì phần tử bị chổi than nối ngắn mạch, dòng điện trong phần tử thay đổi để sau đó khi phần tử bước sang ranh giới của cực kế tiếp và chuyển sang nhánh song song khác, dòng điện trong nó có chiều ngược lại ($-i_{ur}$). Quá trình đổi chiều của dòng điện khi phần tử di động trong vùng



Hình 3.13. Quá trình đổi chiều

trung tính và bị chổi than nối ngắn mạch được gọi là sự đổi chiều.

Để có khái niệm cụ thể, hình 3.13 trình bày quá trình đổi chiều dòng điện trong phần tử b của dây quấn xếp đơn. Ta thấy khi chổi than phủ hoàn toàn lên phiến 1 (hình 3.13a) dòng điện trong phần tử b có chiều giả sử là $+i_u$. Khi chổi than hoàn toàn tách khỏi phiến 1 (hình 3.13c) thì dòng điện trong phần tử b có chiều ngược lại ($-i_u$). Ở vị trí trung gian, chổi than tiếp xúc với các phiến đổi chiều 1 và 2 khiến cho phần tử bị nối tắt và dòng điện trong nó biến đổi theo những quy luật nhất định, phụ thuộc vào quá trình quá độ điện từ xảy ra trong và xung quanh phần tử mà ta sẽ xét tỉ mỉ ở chương này.

Quá trình đổi chiều của dòng điện trong mỗi phần tử tồn tại trong một thời gian rất ngắn. Khoảng thời gian để dòng điện hoàn thành việc đổi chiều gọi là chu kỳ đổi chiều, ký hiệu là T_{dc} . Đó là thời gian cần thiết để vành góp quay đi một góc tương ứng với chiều rộng của chổi, nghĩa là:

$$T_{dc} = \frac{b_c}{V_G}$$

trong đó: b_c : Chiều rộng của chổi góp.

V_G : Tốc độ dài của vành góp.

Nếu chúng ta ký hiệu:

D_G - Đường kính của vành góp;

$b_G = \frac{D_G}{G}$ - bước góp;

G - số phiến góp;

$\beta_G = \frac{b_c}{b_G}$

và biết rằng tốc độ dài của vành góp là:

$$v_G = \pi D_G n = b_G G n$$

trong đó n là tốc độ quay của vành góp thì chu kỳ đổi chiều ở dây quấn xếp đơn (hình 2.13) sẽ có dạng:

$$T_{dc} = \beta_G \frac{1}{G.n}$$

Khi máy điện làm việc các phần tử liên tiếp tiến hành đổi chiều và trong thực tế $T_{dc} \approx 0.001 s$ nên quá trình đổi chiều diễn ra tuần hoàn với tần số vào khoảng $1000 \div 3000 Hz$.

Việc đổi chiều có thuận lợi hay không, nói cách khác là chất lượng của sự đổi chiều phụ thuộc vào nhiều yếu tố cơ và điện từ. Sự đổi chiều kém chất lượng được biểu hiện bên ngoài bởi sự hình thành tia lửa dưới các chổi than và trên mặt vành góp. Tiêu chuẩn Nhà nước quy định các cấp tia lửa như trình bày ở bảng 3.14.

Bảng 3.14. Cấp tia lửa của máy điện

Cấp tia lửa	Đặc điểm	Tình trạng chổi và vành góp
1	Không có tia lửa	Không có vết trên vành góp và muội than trên các chổi
$\frac{1}{4}$	Đốm lửa yếu ở một phần chổi than	
$\frac{1}{2}$	Tia lửa yếu ở phần lớn chổi than	Có vết trên vành góp nhưng có thể chùi sạch bằng dầu xăng. Có muội than trên chổi.

2	Tia lửa ở toàn bộ chổi than chỉ cho phép đối với tải xung hoặc quá tải ngắn hạn	Có vết trên vành góp, không thể chùi sạch bằng dầu xăng và có muội than trên các chổi.
3	Tia lửa mạnh vung ra ở toàn bộ chổi than. Chỉ cho phép lúc mở máy trực tiếp không biến trở với điều kiện sau đó vành góp và chổi than vẫn ở trạng thái bình thường, có thể tiếp tục làm việc được	Vết đậm trên vành góp không thể chùi sạch bằng dầu xăng, cháy hoặc hỏng chổi điện.

Dưới đây chúng ta sẽ phân tích sự biến đổi của dòng điện trong phần tử đổi chiều.

Để thấy rõ quy luật biến đổi của dòng điện trong phần tử đổi chiều và nguyên nhân chủ yếu phát sinh tia lửa, từ đó nêu ra biện pháp cải thiện đổi chiều, ta hãy nghiên cứu quy luật đổi chiều xảy ra ở phần tử của dây quấn xếp đơn trên hình 3.13. Biểu thức của dòng điện trong phần tử đổi chiều có thể suy ra được từ các định luật Kirkhoff viết cho phần tử đó.

Theo định luật thứ hai viết cho mạch vòng của phần tử, ta có:

$$i r_{pt} + i_1(r_d + r_{lx,1}) - i_2(r_d + r_{lx,2}) = \Sigma e$$

trong đó:

i - dòng điện ngắn mạch chạy trong phần tử đổi chiều.

i_1, i_2 - Các dòng điện chạy qua dây nối với các phiến đổi chiều 1 và 2;

r_{pt} - điện trở của phần tử ;

r_d - điện trở của dây nối;

$r_{lx,1,2}$ - điện trở tiếp xúc giữa chổi than và phiến đổi chiều tương ứng;

Σe - tổng các suất điện động cảm ứng sinh ra trong phần tử đổi chiều bao gồm:

a) Suất điện động tự cảm e_L gây ra do sự biến đổi của dòng điện i trong phần tử đổi chiều;

b) Suất điện động hổ cảm e_M do ảnh hưởng của sự đổi chiều đồng thời của các phần tử khác nằm trong cùng một rãnh.

c) Suất điện động đổi chiều e_{dc} , sinh ra khi phần tử đổi chiều chuyển động trong từ trường tổng hợp tại vùng trung tính. Từ trường này như đã trình bày ở phần từ trường $m\dot{1}c$ do cực từ phụ và phản ứng phần ứng tạo thành.

Các s.đ.đ e_L và e_M có tác dụng đối với quá trình biến đổi như nhau và tổng của chúng được gọi là s.đ.đ phản kháng $e_L + e_M = e_{pk}$. Để quá trình đổi chiều tiến hành được thuận lợi, s.đ.đ đổi chiều e_{dc} phải luôn ngược chiều với s.đ.đ e_{pk} nói trên. Tùy theo tương quan giữa hai loại s.đ.đ đó tính chất của quá trình đổi chiều cũng sẽ khác nhau. Trị số của các s.đ.đ đó sẽ được tính ở phần sau.

Theo định luật Kirkhoff thứ nhất, có thể viết các phương trình dòng điện lần lượt tại các điểm nút a và b như sau:

$$i_r + i - i_1 = 0$$

$$i_r - i - i_2 = 0$$

Như vậy các dòng điện i, i_1, i_2 có thể suy ra từ các phương trình trên nếu các đại lượng khác trong phương trình đó đã được biết. Trên thực tế $r_{lx,1}, r_{lx,2}$ không những phụ thuộc vào i_1, i_2 và thời gian mà còn phụ thuộc và sự đốt nóng chổi than và phiến đổi chiều và cả hiện tượng điện phân dưới mặt chổi nữa. Hơn nữa tổng các s.đ.đ Σe cũng khó xác

định được chính xác nên dưới đây ta chỉ xét vấn đề được ở mức độ gần đúng. Với giả thiết $r_{pt} \approx 0$ và $r_d \approx 0$ sau khi thay trị số của i_1 và i_2 theo trên ta được:

$$i = \frac{r_{tx,2} - r_{tx,1}}{r_{tx,1} + r_{tx,2}} i_{ur} + \frac{\sum e}{r_{tx,1} + r_{tx,2}}$$

Số hạng thứ nhất của biểu thức biểu thị thành phần cơ bản của dòng điện đổi chiều i_{cb} , còn số hạng thứ hai - thành phần phụ i_1 . Với giả thiết $r_{pt} = 0$, $r_d = 0$. Mẫu số trong biểu thức rõ ràng là tổng số điện trở của phần tử đổi chiều lúc bị chổi than nối ngắn mạch vì vậy dòng điện phụ i_f chính là dòng điện ngắn mạch trong phần tử gây nên bởi Σe

Trong lý thuyết cổ điển về đổi chiều người ta giả thiết rằng $r_{tx,1}$ và $r_{tx,2}$ tỉ lệ nghịch với bề mặt tiếp xúc $S_{tx,1}$ và $S_{tx,2}$ giữa chổi than và phiến đổi chiều. Nếu cho rằng quá trình đổi chiều bắt đầu khi $t = 0$ và kết thúc khi $t = T_{dc}$ và điều kiện $b_c = b_G$ thì:

$$S_{tx1} = \frac{T_{dc} - t}{T_{dc}} S$$

$$S_{tx2} = \frac{t}{T_{dc}} S$$

trong đó : S - mặt tiếp xúc toàn phần giữa chổi và phiến đổi chiều

Ký hiệu điện trở tiếp xúc toàn phần ứng với mặt tiếp xúc toàn phần bằng r_{tx} ta có:

$$r_{tx,1} = \frac{S}{S_{tx,1}} r_{tx} = \frac{T_{dc}}{T_{dc} - t} r_{tx}$$

$$r_{tx,2} = \frac{S}{S_{tx,2}} r_{tx} = \frac{T_{dc}}{t} r_{tx}$$

Thay vào, ta có quan hệ giữa dòng điện trong phần tử đổi chiều i và thời gian t như sau:

$$i = \left(1 - \frac{2t}{T_{dc}}\right) i_{ur} + \frac{\sum e}{r_n}$$

trong đó

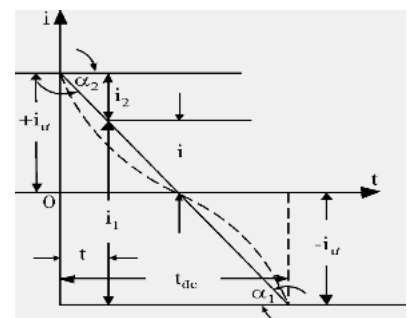
$$r_n = r_{tx} \frac{T_{dc}^2}{t(T_{dc} - t)}$$

b*. Đổi chiều đường thẳng và đổi chiều đường cong
Đổi chiều đường thẳng

Giả sử s.d.đ đổi chiều e_{dc} cảm ứng trong phần tử đổi chiều do tác dụng của từ trường tổng hợp lại vùng trung tính hoàn toàn triệt tiêu s.d.đ phản kháng e_{pk} , nghĩa là $\Sigma e = 0$ thì dòng điện phụ trong phần tử đổi chiều bằng không và ta có:

$$i = \left(1 - \frac{2t}{T_{dc}}\right) i_{ur}$$

Đường biểu diễn của dòng điện i theo thời gian t trong trường hợp này là một đường thẳng (hình 2.15) và đổi chiều mang tên là đổi chiều đường thẳng.



Hình 3.15. Đổi chiều đường thẳng

Nếu xét đến điện trở của phần tử và của dây nối ($r_{pt} \neq 0, r_d \neq 0$) thì đường thẳng ABC sẽ thay đổi một ít và có dạng theo đường nét đứt trên hình vẽ đó.

Khi đổi chiều đường thẳng, mật độ dòng điện ở bề mặt tiếp xúc phía đi ra và phía đi vào chổi bằng:

$$j_1 = \frac{i_1}{S_{tx1}} = \frac{T_{dc}}{S} \cdot \frac{i_1}{T_{dc} - t}$$

$$j_2 = \frac{i_2}{S_{tx2}} = \frac{T_{dc}}{S} \cdot \frac{i_2}{t}$$

Trên hình 3.16, ta thấy:

$$\frac{i_1}{T_{dc} - t} = tg \alpha_1; \quad \frac{i_2}{t} = tg \alpha_2$$

Vì ở trường hợp đổi chiều đường thẳng $\alpha_1 = \alpha_2$ cho nên trong suốt quá trình đổi chiều $j_1 = j_2 = C^e$ và quá trình đổi chiều tiến hành được thuận lợi.

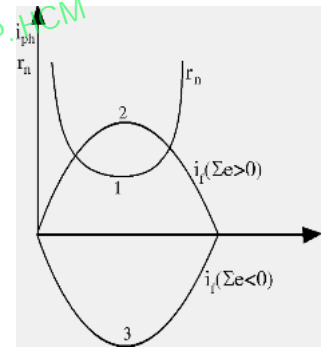
Đổi chiều đường cong

Trên thực tế s.d.d đổi chiều e_{dc} và s.d.d phản kháng e_{pk} trong phần tử đổi chiều không hoàn toàn triệt tiêu nhau, nghĩa là $\Sigma e \neq 0$ cho nên trong phần tử đổi chiều sẽ xuất hiện dòng điện phụ i_t xác định theo số hạng thứ hai của biểu thức dòng đổi chiều). Dòng điện phụ i_t sẽ cộng với dòng điện cơ bản i_{cb} khiến cho quan hệ $i = f(t)$ không còn là đường thẳng nữa và ta có đổi chiều đường cong.

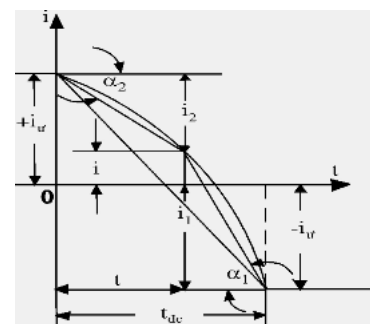
Giả sử $e_{pk} > e_{dc}$ hay $\Sigma e > 0$. Với giả thiết r_{tx} không đổi từ biểu thức dòng đổi chiều ta thấy rằng trong quá trình đổi chiều sự biến đổi của r_n có dạng như đường cong 1 trên hình 3.16. Cho rằng trong quá trình đó $\Sigma e = C^e$ thì dòng điện i_t biến đổi theo đường cong 2 trên hình 2.16 và dòng điện đổi chiều i , tổng của i_t và i_{cb} biến đổi theo đường cong ở hình 3.17. Ở trường hợp này đổi chiều mang tính chất trì hoãn nghĩa là dòng điện đổi chiều i thay đổi chậm hẳn so với ở trường hợp đổi chiều đường thẳng. Sở dĩ có sự trì hoãn đó là do tác dụng của s.d.d phản kháng e_{pk} chống lại sự thay đổi của dòng điện i . Từ hình 3.18 ta thấy $\alpha_1 > \alpha_2$ và $j_1 > j_2$.

Trong trường hợp đổi chiều trì hoãn, tia lửa thường xuất hiện ở đầu ra của chổi tham khi phần tử ra khỏi tình trạng bị chổi than nối ngắn mạch. Sự xuất hiện tia lửa này có thể giải thích được như sau: do các hiện tượng điện hóa và nhiệt ở bề mặt tiếp xúc giữa chổi than và phiến đổi chiều, nên lúc quá trình đổi chiều kết thúc, điện trở tiếp xúc r_{tx1} trong biểu thức không phải tiến tới vô cùng lớn mà có một trị số nhất định, kết quả là lúc $t = T_{d.c}$ dòng điện phụ $i_f \neq 0$ và trong từ trường của phần tử đổi chiều tích lũy một năng lượng $\frac{1}{2} Li_f^2$ đáng kể. Khi phần tử đổi chiều ra

khỏi tình trạng bị chổi than nối ngắn mạch, sự xuất hiện của tia lửa chính là hậu quả của việc giải phóng năng lượng điện từ đó một cách đột ngột, tương tự như khí dùng cầu dao cắt mạch điện có r và L .

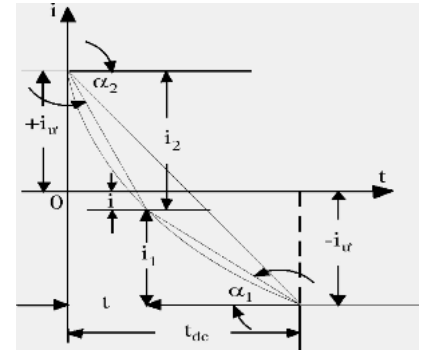


Hình 3.16. Động điện phụ I_t khi đổi chiều vượt trước ($\Sigma e > 0$ và đổi chiều trì hoãn ($\Sigma e < 0$))



Hình 3.17. Đổi chiều có tính chất trì hoãn

Nếu $e_{pk} < e_{d.c}$ hay $\sum e < 0$ thì dòng điện phụ i_f đổi dấu và có dạng như đường cong 3 trên hình 3.16. Đường biểu diễn của dòng điện đổi chiều i tương ứng được trình bày trên hình 2.18 và sự đổi chiều mang tính chất vượt trước. Khi đổi chiều vượt trước $\alpha_1 < \alpha_2$ do đó $j_1 < j_2$, đồng thời có thể có hiện tượng phóng tia lửa ở đầu vào của chổi than tương tự như khi đóng cầu dao khép kín mạch điện. Trên thực tế, hiện tượng phóng tia lửa này rất yếu. Ở giai đoạn cuối của quá trình đổi chiều vượt trước i_1 và j_1 rất nhỏ và xấp xỉ bằng không nên phần tử đổi chiều ra khỏi tình trạng bị chổi than nối ngắn mạch một cách nhẹ nhàng và thuận lợi.



Hình 3.18 đổi chiều có tính chất vượt trước

c*.Xác định các s.d.đ trong phần tử đổi chiều:

Để bảo đảm điều kiện đổi chiều bình thường của máy, khi thiết kế cần phải xác định các s.d.đ sinh ra trong phần tử đổi chiều để giới hạn chúng trong một phạm vi nhất định. Dưới đây ta sẽ lần lượt tính các .đ.đ đó:

S.đ.đ tự cảm e_L

S.đ.đ tự cảm e_L có dạng:

$$e_L = -L \frac{di}{dt}$$

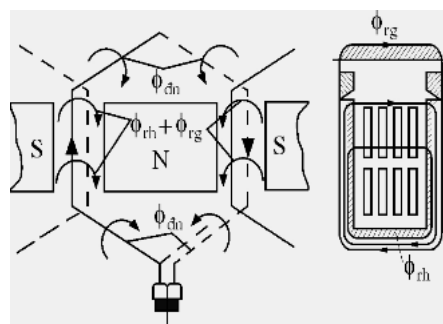
trong đó L - hệ số tự cảm của phần tử.

Vì qua quá trình đổi chiều, dòng điện i biến đổi từ $+i_u$ đến $-i_u$ nên giá trị trung bình của đạo hàm trong chu kỳ đổi chiều T_{dc} sẽ là:

$$l \frac{di}{dt} I_{tb} = - \frac{2i_u}{T_{dc}}$$

do đó:
$$e_{L-tb} = \frac{2Li_u}{T_{dc}}$$

Từ thông tản Φ_L sinh ra s.d.đ tự cảm e_L trong phần tử đổi chiều bao gồm từ thông tản qua rãnh Φ_{rh} , từ thông tản đỉnh răng Φ_{rg} và từ thông tản ở phần đầu nối $\Phi_{đn}$ và chủ



Hình 3.19. Từ thông tản của phần tử đổi chiều

yếu đi qua không khí (hình 3.19) nên rất ít phụ thuộc vào sự bão hòa của răng, do đó có thể cho rằng $\Phi_L \equiv wsi_u$. Mặt khác, vì từ thông móc vòng $\psi_L = w_2\Phi_L$ nên biểu thức của từ thông móc vòng sẽ là:

$$\psi_L = \lambda_{LI} w_s^2 i_u$$

trong đó: λ_{LI} là hệ số tỉ lệ biểu thị suất dẫn từ tản của phần tử có trị số bằng từ thông mốt vòng của một vòng dây khi dòng điện $i_u = 1A$. Vì thành phần chủ yếu của ψ_L là từ thông tản của hai cạnh tác dụng nằm trên rãnh nên suất dẫn từ theo một đơn vị chiều dài bằng:

$$\lambda_L = \frac{\lambda_{LI}}{2l}$$

do đó: $\psi_L = \lambda_L \cdot 2l_\delta w_s^2 i$

Vì $L = \frac{\psi_L}{i}$ ta có:

$$L = 2w_s^2 l_\delta \lambda_L$$

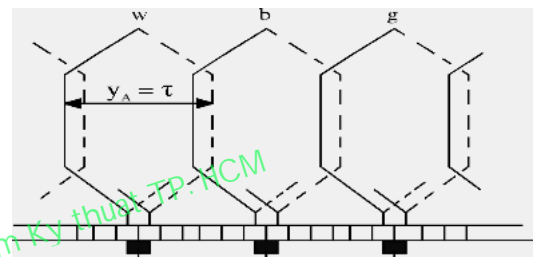
Thay vào trên và chú ý đến biểu thức của T_{dc} , ta có biểu thức s.d.đ tự cảm trung bình trong phần tử đổi chiều:

$$e_{L.tb} = 2w_s^2 l_\delta \lambda_L \frac{2i_u G_n}{\beta_G - (\frac{a}{p} - 1)}$$

Nếu biểu thị $i_u = \frac{\pi D_u A}{2G w_s}$ và $n = \frac{v_u}{\pi D_u}$ trong

đó v_u là tốc độ dài trên mặt phần ứng thì biểu thức cuối cùng của s.d.đ tự cảm trung bình sẽ là:

$$e_{L.tb} = \frac{2w_s l_\delta A v_u}{\beta_G - (\frac{a}{p} - 1)} \lambda_L$$



Hình 3.20. Đổi chiều đồng thời trong các cạnh tác dụng nằm trong một rãnh

S.d.đ hỗ cảm

Cùng một lúc với sự đổi chiều dòng điện trong phần tử đang xét, sự đổi chiều cũng xảy ra ở một số phần tử khác. Ở dây quấn xếp đơn 2 lớp bước đủ, sự đổi chiều xảy ra đồng thời trong các cạnh tác dụng cùng nằm trong một rãnh. Hơn nữa, thường thì $b_c > b_G$ và các chổi than nối ngắn mạch vài phần tử liên tiếp nhau có cạnh nằm trong rãnh, nên giữa các phần tử cùng tham gia đổi chiều đó có sự liên hệ hỗ cảm rất mạnh. Vì vậy trong phần tử tham gia đổi chiều đang xét, ngoài s.d.đ tự cảm còn có s.d.đ hỗ cảm:

$$e_M = \sum_1^n e_{M^n} = - \sum_1^n M_s \frac{di_n}{dt}$$

trong đó:

M_n - hệ số hỗ cảm giữa phần tử đang xét và phần tử thứ n .

i_n - dòng điện trong phần tử thứ n .

S.d.đ hỗ cảm e_M cũng có tác dụng giống như s.d.đ tự cảm e_L . Trị số trung bình của nó bằng:

$$e_{M.tb} = \frac{2i_u}{T_{dc}} \sum M_n$$

Tương tự đối với s.d.đ tự cảm biểu thức cuối cùng của s.d.đ hỗ cảm có dạng:

$$e_{M.tb} = \frac{2w_s l_\delta A v_u}{\beta_a - (\frac{a}{p} - 1)} \sum \lambda_M$$

trong đó:

λ_M – suất dẫn từ do hồ cảm trên đơn vị dài của cạnh tác dụng của phân tử.

S.đ.đ phản kháng

Như trình bày ở trên, theo định nghĩa s.đ.đ phản kháng trung bình có dạng:

$$e_{pk.tb} = e_{L.tb} + e_{M.tb} = \frac{2w_s I_s A v_u}{\beta_G - (\frac{a}{p} - 1)} (\lambda_L + \sum \lambda_M)$$

Để tính $e_{pk.tb}$ phải xác định λ_L và $\sum \lambda_M$. Cách xác định các suất dẫn từ đó sẽ được trình bày chung trong phần tham số dây quấn của máy điện xoay chiều.

S.đ.đ đổi chiều e_{dc}

Gọi B_{dc} là từ cảm tổng hợp của từ trường cực từ phụ và từ trường của phần ứng tại vùng trung tính (còn gọi là từ cảm đổi chiều) thì biểu thức s.đ.đ đổi chiều có dạng.

$$e_{dc} = 2B_{dc} \cdot w_s l_{dc} \cdot v_u$$

trong đó:

l_{dc} – chiều dài của thanh dẫn cắt đường sức của từ trường đổi chiều.

2. NGUYÊN NHÂN SINH RA TIA LỬA VÀ BIỆN PHÁP CẢI THIỆN ĐỔI CHIỀU

a. Nguyên nhân sinh ra tia lửa

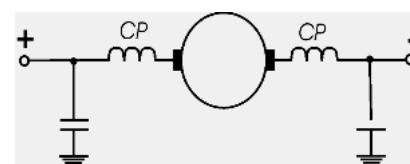
Tia lửa sinh ra dưới chổi than có thể nguyên nhân cơ hoặc nguyên nhân điện từ.

Những nguyên nhân thuộc loại thứ nhất có thể là: vành góp không đồng tâm với trục, sự cân bằng bộ phận quay không tốt, bề mặt vành góp không phẳng do những phiến đổi chiều hoặc mica cách điện giữa các phiến đổi chiều nhô lên, lực ép trên chổi than không thích hợp, kẹt chổi trong hộp chổi, hộp chổi không được giữ chặt hay không đặt đúng vị trí ...

Nguyên nhân thuộc loại thứ hai là do s.đ.đ đổi chiều không triệt tiêu được s.đ.đ phản kháng trong phần tử đổi chiều. Ngoài ra còn phải kể đến sự phân bố không đều của mật độ dòng điện trên mặt tiếp xúc và quan hệ phi tuyến của điện trở tiếp xúc $R_{tx} = f(t, \theta)$ trong đó θ là thông số đặc trưng cho tác dụng nhiệt và hiện tượng điện phân dưới chổi than.

Khi sự đổi chiều bị rối loạn phía sau chổi than phóng ra tia lửa mãnh liệt. Chùm tia lửa này khi tắt để lại một vùng ion hóa và đó chính là điều kiện tốt để nếu nguyên nhân gây rối loạn chưa bị loại trừ, chùm tia lửa sau đó sinh ra càng mãnh liệt hơn. Ở mức độ ác liệt, các chùm tia lửa căng dài ra và sẽ nối từ chổi này sang chổi khác tạo nên một vòng lửa trên mặt vành góp. Vòng lửa xuất hiện khi dòng điện trong phần ứng tăng lên quá định mức (quá tải, ngắn mạch trong hoặc ngoài máy). Để chống lại vòng lửa phải dùng dây quấn bù và trang bị máy cắt cực nhanh kịp thời cắt mạch ngay sau khi xảy ra sự cố (trong khoảng 0,05 ÷ 0,10 s).

Cần chú ý rằng quá trình đổi chiều diễn ra tuần hoàn và sinh ra dao động điện từ với tần số khoảng 1000 ÷ 3000 Hz. Nếu máy được sử dụng trong lĩnh vực vô tuyến điện, sự đánh tia lửa dưới chổi than với tần số ấy sẽ gây nhiễu trong hệ thống vô tuyến. Để chống lại sự nhiễu loạn ấy, người ta chia những cuộn dây nối tiếp với phần ứng trong đó có các cuộn dây của cực từ phụ thành hai phần và nối đối xứng với phần ứng như ở hình 3.21. Ngoài ra giữa các chổi và thân máy còn nối những tụ điện để tạo đường thoát cho các dao động tần số cao tại các đầu ra của máy.



Hình 3.21. Chống nhiễu vô tuyến điện

b. Các phương pháp cải thiện đổi chiều

Để tạo điều kiện tốt cho sự đổi chiều, trước hết cần phải giữ đúng những điều quy định về trạng thái của vành góp và cơ cấu giữ chổi than sao cho đảm bảo loại trừ được những nguyên nhân cơ sinh ra tia lửa. Dưới đây ta xét những biện pháp tạo ra điều kiện điện từ cần thiết cho sự đổi chiều dựa vào huỳnh hướng làm giảm dòng điện phụ I_r chạy trong phần tử đổi chiều.

➤ **Dùng cực từ phụ**

Biện pháp cơ bản để cải thiện đổi chiều trong những máy điện một chiều hiện đại là tạo ra từ trường ngoài, còn gọi là từ trường đổi chiều tại vùng trung tính bằng cách đặt những cực từ phụ giữa những cực từ chính

S.t.đ của cực từ phụ F_t phải có chiều ngược với thành phần ngang của phản ứng phần ứng F_{urq} và có độ lớn sao cho ngoài việc trung hòa được ảnh hưởng của F_{urq} còn tạo ra được từ trường phụ để sinh ra s.đ.đ đổi chiều e_{dc} làm triệt tiêu ảnh hưởng của s.đ.đ phản kháng e_{pk} . Cực từ phụ ở máy phát điện phải có cùng cực tính với cực từ chính mà các cạnh trong phần ứng tại cực từ phụ sắp quay tới. Ở động cơ điện cực tính sẽ ngược lại.

Để cực từ phụ có thể phát huy tác dụng thì điều kiện cơ bản là $B_{dc} \equiv I_r$. Muốn vậy dây quấn của cực từ phụ phải được nối nối tiếp với dây quấn phần ứng và dòng điện tải I_r phải thay đổi trong phạm vi khiến mạch từ của cực từ phụ không bão hòa.

➤ **Xê dịch chổi than khỏi vùng trung tính hình học**

Ở những máy điện nhỏ, để thay thế cho tác dụng của cực từ phụ, ta có thể lợi dụng từ trường tổng của máy để có từ trường đổi chiều bằng cách xê dịch chổi than khỏi vùng trung tính hình học. Ở trường hợp máy phát điện, muốn từ trường ở khu vực đổi chiều có cực tính của cực từ chính mà sau khi đổi chiều các cạnh phần tử sẽ đi tới như ở trường hợp cực từ phụ thì phải xê dịch chổi than thuận chiều quay của máy một góc:

$$\beta = \alpha + \gamma$$

trong đó:

α - góc giữa các đường trung tính hình học.

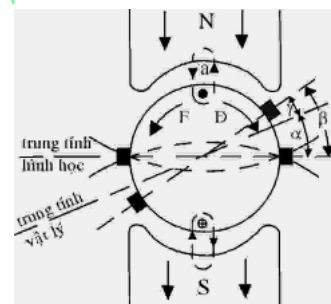
γ - góc có trị số ứng với điều kiện từ trường tổng bằng từ trường đổi chiều.

Trong trường hợp động cơ điện thì chổi than phải xê dịch ngược chiều quay của máy.

Phương pháp xê dịch chổi than có nhược điểm là do e_{pk} phụ thuộc vào I_r nên mỗi khi tải của máy thay đổi muốn cho e_{dc} thay đổi theo bắt buộc phải xê dịch lại vị trí của chổi than để thay đổi góc γ . Trên thực tế điều đó không thể thực hiện được và phương pháp này chỉ có thể cải thiện được đổi chiều ở một tải nhất định.

➤ **Dây quấn bù**

Đối với các máy điện có công suất lớn hơn 150 kW và làm việc trong điều kiện tải thay đổi đột ngột, để ngăn ngừa hiện tượng vòng lửa và hỗ trợ thêm cho cực từ phụ, người ta dùng dây quấn bù. Tác dụng của dây quấn bù là triệt tiêu từ trường của phần ứng trong phạm vi dưới mặt cực chính. Kết quả là từ trường của cực chính hầu như không bị biến dạng. Vì từ trường phần ứng phụ thuộc theo dòng điện tải I_r nên để có thể bù được từ trường đó ở tải bất kỳ, dây quấn bù phải được nối nối tiếp với dây quấn phần ứng. Khi có dây quấn bù, s.t.đ của cực phụ sẽ được giảm nhỏ, mạch từ của cực phụ ít bão hòa hơn và hiệu quả cải thiện đổi chiều của cực từ phụ sẽ tăng lên.



Hình 3.22. Xê dịch chổi than khỏi vùng trung tính để cải thiện đổi chiều

➤ **Những biện pháp khác**

Để giảm nhỏ dòng điện phụ i_t và do đó cải thiện đổi chiều, từ biểu thức quan hệ dòng đổi chiều, ta thấy còn có khả năng tăng điện trở tiếp xúc hoặc khi thiết kế khối chế sao cho s.d.đ phản kháng $e_{pk} \leq 7 \div 10 V$. Nhưng những biện pháp đó khiến cho cấu tạo máy phức tạp và công nghệ chế tạo khó khăn cho nên không được thông dụng và ta cũng không đề cập đến.

CÂU HỎI:

1. Sức điện động trong máy điện một chiều phụ thuộc vào những yếu tố nào ?
2. Các giản đồ năng lượng của máy điện một chiều là gì ?
3. Nêu các mối quan hệ giữa các đại lượng điện: công suất, mômen, dòng điện và sđđ của máy điện một chiều ?
4. Thông qua dòng điện kích từ và chiều vòng quay, làm thế nào để xác định vị trí chổi than để có điện áp cực đại trên hai cực là lớn nhất ?
5. Nguyên tắc hoạt động thuận nghịch của máy điện một chiều là gì ?
6. Để các tổn hao trong động cơ là nhỏ nhất thì cần phải làm gì ?
7. Công thức tính sđđ và mômen điện từ của máy điện một chiều là gì ?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG:

Bài tập 1:

Máy phát điện kích từ song song, công suất định mức $P_{dm} = 25 \text{ kW}$, điện áp định mức U_{dm} bằng 115 V, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{KT} = 12.5 \Omega$, điện trở phần ứng $R_u = 0,0238 \Omega$, số đôi mạch nhánh song song $a = 2$, số cực $2p = 4$, tổng số thanh dẫn $N = 300$, tốc độ quay $n = 1300 \text{ vg/ph}$.

a/ Tính sđđ E_u và từ thông ϕ

b/ Khi $I_{KT} = \text{const}$, tính điện áp đầu cực máy phát khi dòng điện giảm xuống đến giá trị $I = 80,8 \text{ A}$ (bỏ qua phản ứng phần ứng).

Gợi ý:

P_{dm}, U_{dm} : là những đại lượng điện ngõ ra của máy phát khi tốc độ quay n và giá trị dòng điện kích từ I_{KT} là định mức.

Công suất của máy phát điện một chiều:

$$P_{dm} = I_{dm} \cdot U_{dm} \quad (\text{W}).$$

Máy phát điện một chiều có mối quan hệ về dòng điện:

$$I_u = I_{KT} + I$$

Phương trình cân bằng điện áp của máy phát:

$$E_u = U_{dm} + I_u \cdot R_u$$

R_{KT}, R_u : nội trở các cuộn dây xác định ở trạng thái không điện.

Mỗi vòng dây có $N = 2$ thanh dẫn, nếu có W vòng dây thì tổng số thanh dẫn $N =$

2.W.

BÀI GIẢI

a/ Dòng điện định mức chạy qua dây quấn stator:

Do $P_{dm} = I_{dm} \cdot U_{dm} \quad (\text{W}).$

Suy ra: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25000}{115} = 217,4 \quad (\text{A}).$

Do kích từ song song nên điện áp kích từ chính bằng điện áp trên hai đầu cực của máy phát nên dòng điện kích từ:

$$I_{KT} = \frac{U_{dm}}{R_{KT}} = \frac{115}{12,5} = 9,2 \quad (A).$$

Sức điện động của máy phát:

$$Do \quad I_U = I_{KT} + I = 217,4 + 9,2 = 226,6 \quad (A).$$

Từ phương trình cân bằng điện áp, sức điện động phần ứng:

$$E_U = U_{dm} + I_U \cdot R_U \\ = 115 + 226,6 \cdot 0,0238 = 120,4 \quad (V).$$

Vậy từ thông ϕ trong máy điện:

$$\phi = \frac{60 \cdot a \cdot E_U}{p \cdot N \cdot n} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 120,4}{2 \cdot 300 \cdot 1300} = 0,018 \quad (Wb).$$

b/ Khi dòng điện giảm xuống còn 80,8 A:

Dòng điện phần ứng:

$$I_U = I_{KT} + I = 80,8 + 9,2 = 90 \quad (A).$$

Từ phương trình cân bằng điện áp suy ra điện áp đầu cực máy phát:

$$U_{dm} = E_U - I_U \cdot R_U = 120,4 - 90 \cdot 0,0238 = 118,3 \quad (V).$$

Bài tập 2

Máy phát điện một chiều có số đôi cực $p=3$, số phần tử dây quấn phần ứng $S=100$, mỗi phần tử có $W=2$ vòng, từ thông dưới mỗi cực từ $\phi=0,012$ Wb, tốc độ quay $n=1000$ vg/ph.

a/ Xác định sđđ phần ứng nếu dây quấn phần ứng có dạng dây quấn xếp đơn giản.

b/ Xác định sđđ phần ứng nếu dây quấn phần ứng có dạng dây quấn sóng đơn giản.

Gợi ý:

Mỗi phần tử S là một bối dây, mỗi bối dây có số vòng dây ký hiệu W và tổng số thanh dẫn trong một bối dây $N=2 \cdot W$.

Sức điện động phần ứng tính theo công thức:

$$E_U = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} \cdot n \cdot \phi$$

(Với N là tổng số thanh dẫn, a là số đôi mạch nhánh song song trong dây quấn phần ứng).

Số mạch nhánh song song

Dây quấn xếp đơn giản: $2a=2p$.

Dây quấn sóng đơn giản: $2a=2$.

BÀI GIẢI

a/ Sức điện động phần ứng máy phát một chiều:

$$E_U = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a} \cdot n \cdot \phi \quad (V).$$

Với tổng số thanh dẫn trong dây quấn phần ứng:

$$N = 2 \cdot W \cdot S \\ = 2 \cdot 2 \cdot 100 = 400 \quad (\text{thanh}).$$

Khi dây quấn phần ứng có dạng dây quấn xếp đơn giản:

Số mạch nhánh song song:

$$2a = 2p = 6.$$

Vậy sức điện động phần ứng:

$$E_u = \frac{3.400}{60.3} \cdot 1000 \cdot 0,012 = 80 \quad (\text{V}).$$

b/ Khi dây quấn phần ứng có dạng dây quấn sóng đơn giản:

Số mạch nhánh song song:

$$2a = 2.$$

Sức điện động phần ứng:

$$E_u = \frac{3.400}{60.1} \cdot 1000 \cdot 0,012 = 240 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Động cơ điện một chiều kích từ độc lập, dây quấn phần ứng dạng sóng có số thanh dẫn N bằng 809, điện trở $R_u = 0,46 \Omega$, số đôi cực $p = 2$, từ thông dưới mỗi cực từ $\phi = 0,055 \text{ Wb}$, điện áp đặt vào động cơ $U = 500 \text{ V}$, dòng điện phụ tải $I = 100 \text{ A}$. Xác định :

a/ Tốc độ quay.

b/ Mômen quay.

Bài 2

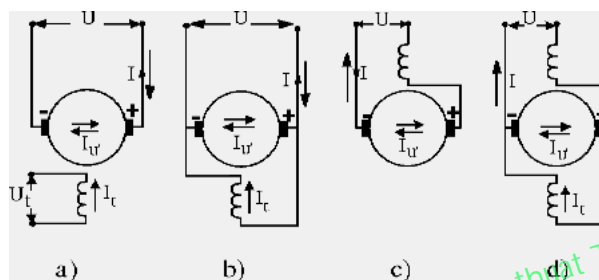
Máy phát điện một chiều có tốc độ quay không tải $n_o = 1000 \text{ vg/ph}$ thì sđđ phát ra E_o bằng 222 V. Hỏi muốn phát ra sđđ định mức lúc không tải $E_{o\text{đm}} = 220 \text{ V}$ thì tốc độ quay $n_{o\text{đm}}$ bằng bao nhiêu để dòng điện kích từ không đổi

CHƯƠNG 4: MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

I. CÁC LOẠI MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

Trong nền kinh tế quốc dân, nhiều ngành sản xuất như luyện kim, hóa chất, giao thông vận tải... đòi hỏi phải dùng nguồn điện một chiều và ngày nay vẫn không thể thay thế được dòng điện một chiều mặc dù việc sử dụng dòng điện xoay chiều trong công nghiệp đã rất phổ biến. Thông thường để có nguồn điện một chiều có thể dùng các máy phát điện một chiều quay bằng các động cơ sơ cấp như động cơ điện xoay chiều, động cơ đốt trong, tuabin...

Tùy theo cách kích thích cực từ chính, máy phát điện một chiều được phân loại như sau:



Hình 4-1. Sơ đồ nguyên lý của máy phát điện một chiều kích thích độc lập (a), kích thích song song (b), kích thích nối tiếp (c), kích thích hỗn hợp (d)
(các mũi tên đứt nét biểu thị chiều dòng điện ở chế độ động cơ điện)

1. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH ĐỘC LẬP (hình 4.1a)

Bao gồm máy phát kích thích bằng nam châm vĩnh cửu và máy phát kích thích điện từ. Loại đầu chỉ được chế tạo với công suất nhỏ. Loại thứ hai có dây quấn kích thích lấy dòng điện từ ắc quy, lưới điện một chiều hoặc máy phát điện một chiều phụ và được dùng nhiều trong các trường hợp cần điều chỉnh điện áp trong phạm vi rộng, công suất lớn, điện áp thấp ($4 \div 24$) V hoặc điện áp cao hơn 600 V.

Dòng điện trong dây quấn phần ứng máy phát I_r , dòng điện tải I , dòng điện kích từ I_t có quan hệ với nhau theo:

$$I = I_r$$

$$I_t = U_t/R_t ;$$

Với U_t và R_t là điện áp và điện trở của dây quấn kích từ

2. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH SONG SONG

Máy phát có dòng điện kích thích lấy từ bản thân máy phát điện (hình 4.1b). Dòng điện trong dây quấn phần ứng máy phát I_r , dòng điện tải I , dòng điện kích từ I_t có quan hệ với nhau theo:

$$I = I_r - I_t$$

3. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH NỐI TIẾP (hình 4.1c).

Dòng điện trong dây quấn phần ứng máy phát I_r , dòng điện tải I , dòng điện kích từ I_t có quan hệ với nhau theo:

$$I = I_{\text{tr}} = I_t.$$

4. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH HỖN HỢP

(hình 4.1d).

Dòng điện trong dây quấn phần ứng máy phát I_{tr} , dòng điện tải I , dòng điện kích từ I_t có quan hệ với nhau theo:

$$I = I_{\text{tr}} - I_t$$

trong đó :dòng tải I cũng đồng thời là dòng kích từ nối tiếp I_{tn} ($I = I_{\text{tn}}$), I_t là dòng kích từ song song ($I_{\text{ts}} = I_t$)

Trong mọi trường hợp, công suất kích thích chiếm $0,3 \div 5\%$ công suất định mức của máy.

II. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

Máy phát điện một chiều có bốn đại lượng đặc trưng là U , I_{tr} , I_t và n . Trừ tốc độ n được động cơ sơ cấp giữ không đổi, ba đại lượng còn lại U , I_{tr} , I_t là những đại lượng biến thiên có liên hệ chặt chẽ với nhau. Với ba đại lượng đó có thể thành lập ba mối quan hệ cơ bản: $U = f(I_{\text{tr}})$ khi $I_t = C^{\text{te}}$; $U = f(I_t)$ khi $I_{\text{tr}} = C^{\text{te}}$ và $I_{\text{tr}} = f(I_t)$ khi $U = C^{\text{te}}$. Dựa vào đó, khi nghiên cứu máy phát điện một chiều ta có các đặc tính sau:

- 1) Đặc tính không tải $U_0 = E = f(I_t)$ khi $I = 0$, $n = C^{\text{te}}$;
- 2) Đặc tính ngắn mạch $I_n = f(I_t)$ khi $U = 0$, $n = C^{\text{te}}$;
- 3) Đặc tính ngoài $U = f(I)$ khi $I_t = C^{\text{te}}$, $n = C^{\text{te}}$;
- 4) Đặc tính điều chỉnh $I_t = f(I_{\text{tr}})$ khi $U = C^{\text{te}}$, $n = C^{\text{te}}$;
- 5) Đặc tính tải $U = f(I_t)$ khi $I_{\text{tr}} = C^{\text{te}}$, $n = C^{\text{te}}$;

Trong năm đặc tính trên đây, đặc tính không tải là trường hợp đặc biệt của đặc tính tải khi $I_{\text{tr}} = 0$ và đặc tính ngắn mạch là trường hợp đặc biệt của đặc tính điều chỉnh khi $U = 0$. Tất cả năm đặc tính đó đều có thể thành lập được bằng thí nghiệm trực tiếp trên máy phát điện.

1. ĐẶC TÍNH KHÔNG TẢI

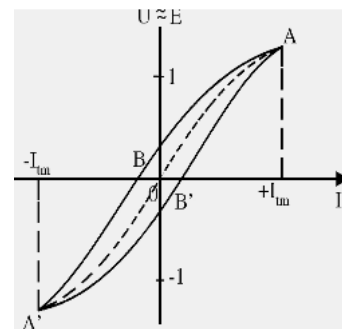
$$U_0 = E = f(I_t) \text{ khi } I = 0, n = C^{\text{te}}.$$

Làm thí nghiệm cho máy phát điện làm việc ở tốc độ n không đổi, cầu dao để hở mạch không nối với tải bên ngoài ($I = 0$), đo các trị số U và I_t tương ứng ta sẽ có đặc tính không tải.

Cần chú ý rằng, đối với máy phát điện kích thích độc lập, do có thể đổi chiều dòng điện kích thích nên ta có thể vẽ được toàn bộ chu trình trễ đối xứng $ABA'B'A$ giữa hai trị số giới hạn của dòng điện kích thích $\pm I_{\text{tm}}$ ứng với điện áp $\pm (1,15 \div 1,25)U_{\text{đm}}$ (hình 4-2).

Đối với máy phát điện tự kích thích (kích thích song song, nối tiếp, hỗn hợp), do cực tính ở đầu máy (chổi than) là cố định và không thể thực hiện được I_t nên ta chỉ có thể vẽ được chu trình phụ ABA giữa $+I_{\text{tm}}$ và O .

Đoạn OB trên hình 4.2 là s.đ.đ. ứng với từ dư trong mạch từ của máy. S.đ.đ. này rất nhỏ, thường bằng $2 \div 3\%$ $U_{\text{đm}}$ nên có thể bỏ qua, vì vậy đặc tính không tải của máy phát điện một chiều là đường trung bình đi qua gốc tọa độ AOA' biểu thị bằng đường đứt nét.



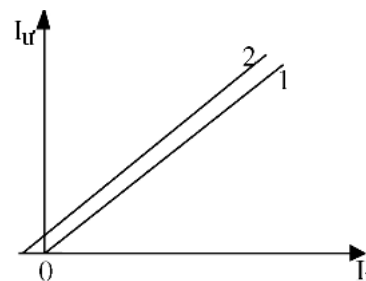
Hình 4.2. Đặc tính không tải của máy phát điện một chiều

Đó cũng chính là đường cong từ hóa của máy phát điện suy ra được khi tính toán mạch từ của máy lúc không tải.

2. ĐẶC TÍNH NGẮN MẠCH $I = f(I_t)$ khi $U = 0$, $n = C^{te}$.

Trước hết cần chú ý rằng để có đặc tính ngắn mạch khi thí nghiệm, tất cả các loại máy phát điện một chiều đều phải được kích thích độc lập. Nếu đem nối ngắn mạch các chổi than và cho máy phát điện làm việc ở tốc độ không đổi và đo các trị số I_t và tương ứng ta được đặc tính ngắn mạch.

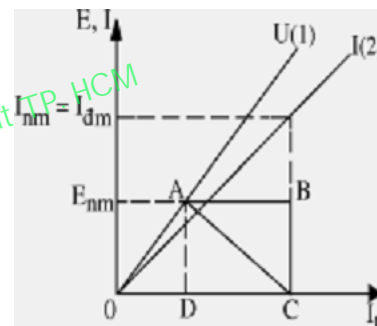
Theo biểu thức quan hệ $U = E_{ur} - I_{ur}R_{ur}$, khi ngắn mạch $E_{ur} = I_{ur}R_{ur}$. Do R_{ur} rất nhỏ, mặt khác phải giữ cho dòng điện I khỏi lớn khi thí nghiệm quá trị số $(1,25 \div 1,5) I_{dm}$ nên E_{ur} rất nhỏ và dòng điện kích thích I_t tương ứng cũng sẽ rất nhỏ. Vì I_t nhỏ nên mạch từ của máy không bão hòa ($\mu = C^{te}$), $E_{ur} \equiv I_t$ do đó $I \equiv I_t$ và đặc tính ngắn mạch là một đường thẳng. Nếu máy đã được khử từ dư thì đường thẳng này đi qua gốc tọa độ (đường 1 trên hình 4.3). Nếu máy chưa được khử từ ta sẽ có đường 2, và để có đặc tính ngắn mạch tiêu chuẩn ta chỉ việc vẽ đường thẳng song song với đường 2 qua gốc tọa độ.



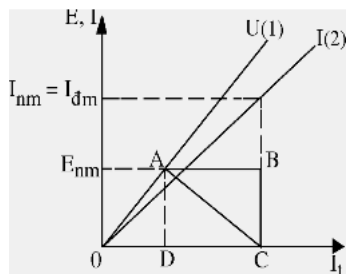
Hình 3.3. Đặc tính ngắn mạch của máy phát điện một chiều

*Tam giác đặc tính

Tam giác đặc tính được sử dụng nhằm thiết lập các đặc tính máy điện. Để thành lập tam giác đặc tính trên hệ tọa độ chung có trục hoành I_t ta vẽ các đặc tính không tải (đường 1) và các đặc tính ngắn mạch (đường 2) như trên hình 4.4. Giả sử rằng khi ngắn mạch trong phần ứng có



Hình 4.4. Dựng tam giác đặc tính trong trường hợp phản ứng phần khử từ



Hình 4-5. Dựng tam giác đặc tính trong trường hợp phản ứng phần ứng trợ từ

dòng điện I_{dm} tương ứng với dòng điện kích thích $I_t = OC$. Dòng điện kích thích dành một phần OD

để sinh ra s.d.đ. khắc phục điện áp rơi trên điện trở phần ứng $I_{dm}R_{ur} = AD = BC$; phần còn lại $DC = AB$ dùng để khắc phục phản ứng phần ứng lúc ngắn mạch. Tam giác ABC gọi là tam giác đặc tính có cạnh BC tỷ lệ với dòng điện phần ứng I , và cạnh AB trong điều kiện mạch từ không bão hòa tỷ lệ với phản ứng phần ứng, nghĩa là cùng tỷ lệ với dòng điện I .

Độ lớn của cạnh AB phụ thuộc vào loại máy và lớn nhất là máy điện một chiều không có dây quấn bù và cực từ phụ. Ở máy có dây quấn bù và cực từ phụ, phản ứng phần ứng hầu như bị triệt tiêu, cạnh $AB \approx 0$. Ở máy điện một chiều kích thích hỗn hợp, dây quấn nối tiếp có tác dụng trợ từ và nếu s.t.đ. của nó lớn hơn AB , nghĩa là ngoài phần s.t.đ. triệt tiêu ảnh hưởng của phản ứng còn s.t.đ. để trợ từ, thì cạnh AB sẽ nằm về phía bên cạnh của BC (hình 4-5)

3. ĐẶC TÍNH NGOÀI CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

$$U = f(I) \text{ khi } I_t = C^{te}, n = C^{te}.$$

Khi I tăng, điện áp rơi trên dây quấn phần ứng tăng, mặt khác do phản ứng phần ứng tăng theo I nên s.d.đ. E giảm. Kết quả là điện áp U đầu máy phát điện giảm xuống.

Đối với máy phát điện kích thích độc lập

Dạng của đặc tính ngoài của máy phát điện kích thích độc lập được trình bày trên hình 4-6. Hiệu số điện áp lúc không tải ($I = 0$) và lúc tải định mức ($I = I_{dm}$) với điều kiện dòng điện kích từ bằng dòng điện kích từ định mức được quy định là độ biến đổi điện áp định mức:

$$\Delta U_{dm} \% = - \frac{U_0 - U_{dm}}{U_{dm}} 100$$

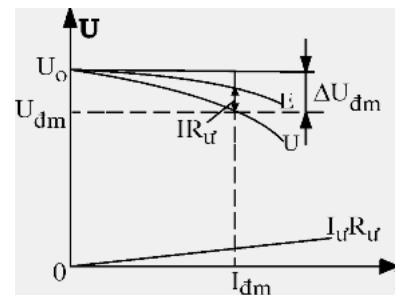
Ở máy phát điện một chiều kích thích độc lập $\Delta U_{dm} = 5 \div 15\%$.

Đối với máy phát điện kích thích song song

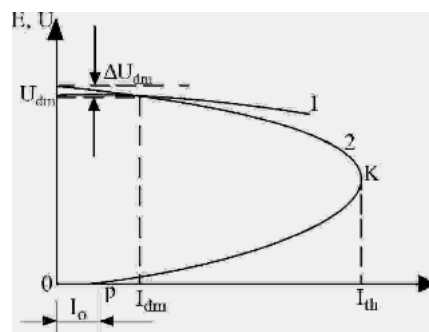
Đặc tính ngoài của máy phát điện kích thích song song được trình bày trên hình 4.7 (bằng đường 2). Để tiện so sánh, trên hình đó cũng trình bày đặc tính ngoài của máy điện kích thích độc lập (đường 1). Ta thấy khi tăng tải, điện áp của máy phát điện kích thích song song giảm nhiều hơn so với điện áp của máy điện kích thích độc lập, vì ngoài ảnh hưởng của phản ứng phần ứng và điện áp rơi trên R_r như trong máy phát kích thích độc lập, trong máy phát kích thích song song với s.d.đ. E còn giảm theo dòng điện kích từ I_t . Vì vậy mà độ thay đổi điện áp kích thích song song cũng lớn hơn, thường $\Delta U_{dm} = 10 \div 12\%$.

Điểm đặc biệt ở máy kích thích song song là dòng điện tải chỉ tăng đến một trị số nhất định $I = I_{th}$, sau đó nếu tiếp tục giảm điện trở R_t của tải ở mạch ngoài thì dòng điện I không tăng mà giảm nhanh đến trị số I_0 xác định bởi từ dư của máy và ứng với điểm P.

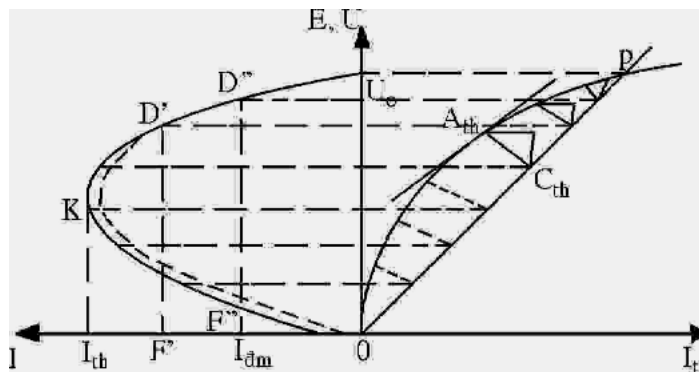
Sở dĩ như vậy là do máy làm việc trong tình trạng không bão hòa ứng với đoạn thẳng của đường cong từ hóa, dòng điện I_t giảm sẽ làm cho E, U giảm rất nhanh. Điện áp U giảm nhanh hơn R_t đưa lại kết quả là dòng điện tải I giảm đến trị số I_0 như đã nói ở trên. Như vậy ta thấy rằng sự cố ngắn mạch ở đầu máy phát kích thích song song không gây nguy hiểm như ở trường hợp máy



Hình 4-6. Đặc tính ngoài của máy phát điện một chiều kích thích độc lập



Hình 4.7. Đặc tính ngoài của máy phát điện một chiều kích thích song song (2) và kích thích độc lập (1)



Hình 4.8. Dựng đặc tính ngoài của máy phát điện một chiều kích thích song song bằng bằng đặc tính không tải và tam giác đặc tính

phát kích thích độc lập.

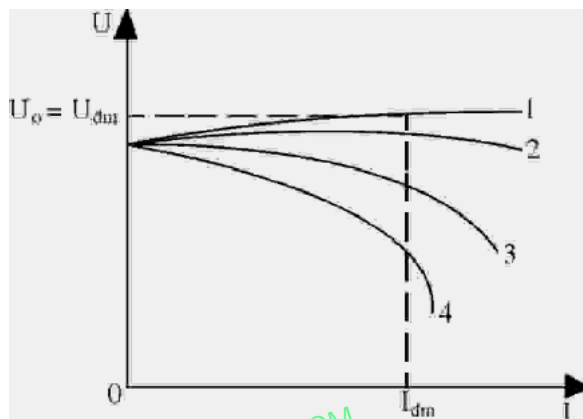
* Cách thành lập đặc tính ngoài từ đặc tính không tải và tam giác đặc tính tiến hành như ở trường hợp máy phát kích thích độc lập. Điều khác nhau cơ bản là ở máy phát kích thích độc lập $I_t = const$, còn ở đây I_t phụ thuộc vào U và đường $U = r_t I_t$ là đường thẳng OP qua gốc tọa độ (hình 4.8)

đối với máy phát điện một chiều kích thích hỗn hợp

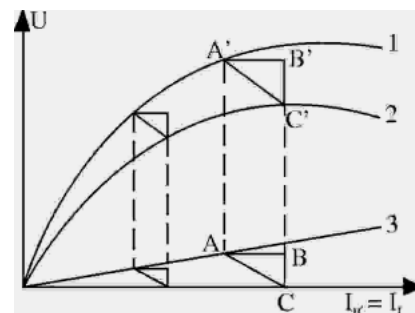
Máy phát điện kích thích hỗn hợp có đồng thời hai dây quấn kích thích song song và nối tiếp cho nên trong nó tập hợp các tính chất của cả hai loại máy này. Tùy theo cách nối, s.t.đ. của hai dây quấn kích thích có thể cùng chiều hoặc ngược chiều nhau.

Trường hợp sau rất ít gặp và chỉ áp dụng với những mục đích đặc biệt, ví dụ như ở máy phát để hàn. Khi nối thuận hai dây quấn kích thích, 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 trên R_{ω} , nhờ đó mà máy có khả năng điều chỉnh tự động được điện áp trong một phạm vi tải nhất định.

Đặc tính ngoài của máy phát kích thích hỗn hợp trình bày trên hình 4.9. Khi nối thuận, điện áp đầu cực được giữ hầu như không đổi (đường 2). Trường hợp bù thừa điện áp sẽ tăng khi tải tăng (đường 1). Điều này có ý nghĩa đặc biệt khi cần bù hao hụt điện áp trên đường dây tải điện để giữ cho điện áp ở hộ tiêu thụ điện không đo. Nếu nối ngược hai dây quấn kích thích, khi tải tăng, điện áp sẽ giảm nhanh hơn ở máy phát kích thích song song (đường 3 và 4).



Hình 4.9. Đặc tính ngoài MPĐIC kích từ hỗn hợp



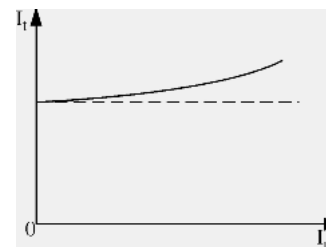
Hình 4.10. Đặc tính ngoài của máy phát điện một chiều kích thích nối tiếp

Đối với máy phát điện một chiều kích thích nối tiếp

Trong máy phát điện kích thích nối tiếp dây quấn kích thích được nối nối tiếp với dây quấn phần ứng. Cũng vì vậy mà số vòng dây của dây quấn kích thích ít hơn nhiều so với số vòng dây của dây quấn kích thích của máy phát kích thích song song nhưng ngược lại tiết diện của dây lớn hơn một cách tương ứng.

Máy phát kích thích nối tiếp thuộc loại tự kích thích, cần có từ dư và phải được quay theo chiều quy định để từ thông ban đầu trùng với từ dư, hơn nữa mạch ngoài phải khép kín qua một điện trở, nói khác đi là máy chỉ được kích thích khi có tải. Vì $I_t = I_r = I$ cho nên khi $n = C^{te}$ chỉ còn hai đại lượng biến đổi là U và I , do đó máy phát điện này chỉ có một đặc tính ngoài $U = f(I)$, còn các đặc tính khác chỉ có thể thành lập được theo sơ đồ kích thích độc lập.

Đặc tính ngoài (đường cong 2) và phương pháp suy từ tam giác đặc tính được trình bày trên hình 4.10. Trên hình, đường cong 1 là đặc tính không tải, đường thẳng 3 là quan hệ $IR_{\omega} = f(I)$. Tịnh tiến tam giác đặc tính ABC ứng với I_{dm}



Hình 4.11. Đặc tính điều chỉnh của máy phát điện một chiều kích thích độc lập

đến vị trí $A'B'C'$ sao cho A' nằm trên đặc tính không tải thì C' sẽ nằm trên đặc tính ngoài. Thay đổi các cạnh của tam giác đặc tính ứng với các trị số dòng điện I và tiến hành tương tự như trên ta được toàn bộ đường đặc tính ngoài.

Từ đặc tính ngoài ta thấy điện áp của máy phát kích thích nối tiếp thay đổi rất nhiều theo tải, nên trên thực tế loại máy này rất ít được dùng.

4. ĐẶC TÍNH ĐIỀU CHỈNH $I_T = f(I_U)$ khi $U = C^{te}$, $n = C^{te}$.

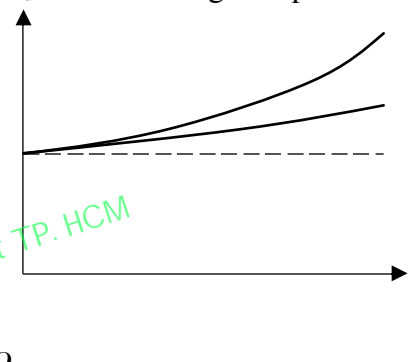
Đặc tính điều chỉnh cho ta biết cần điều chỉnh dòng điện kích thích thế nào để giữ cho điện áp đầu ra của máy phát không đổi khi thay đổi tải.

➤ **Đối với máy phát điện một chiều kích thích độc lập**

Đường biểu diễn đặc tính điều chỉnh trình bày trên hình 4.11, cho thấy khi tải tăng, cần phải tăng dòng điện kích thích sao cho bù được điện áp rơi trên R_U và ảnh hưởng đến phản ứng phần ứng. Từ không tải (với $U = U_{dm}$) tăng đến tải định mức ($I = I_{dm}$) thường phải tăng dòng điện kích thích lên 15 ÷ 25%.

- **Đối với MPĐIC kích từ song song**

Dạng đặc tính tương tự trong mpđlc kích từ độc lập (đường 2, hình 4.12). Tuy nhiên, độ dốc lớn hơn, do khi tải I tăng, U giảm mạnh hơn. muốn bù lại, cần tăng dòng kích từ nhiều hơn.



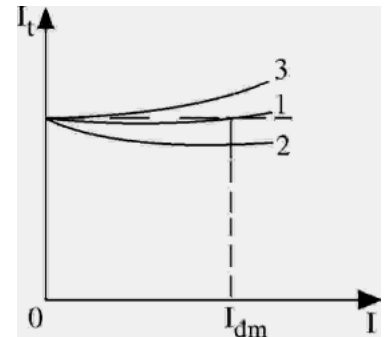
I_U

Ban quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

Hình 4.12. đặc tính điều chỉnh của MPĐIC kích từ song song (đường 2)

➤ **Đối với MPĐIC kích từ hỗn hợp**

Đặc tính điều chỉnh của máy phát kích thích hỗn hợp được trình bày trên hình 3.13, trong đó đường cong 1 là đặc tính điều chỉnh khi nối thuận hai dây quấn kích thích và bù bình thường, đường cong 2 – bù thừa và đường cong 3 – khi nối ngược.



Hình 4.13. Đặc tính điều chỉnh của MPĐIC kích từ hỗn hợp

III. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU LÀM VIỆC SONG SONG

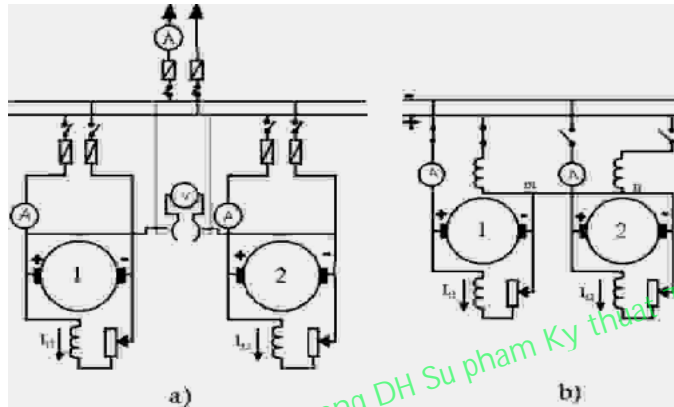
Những máy phát điện được ghép làm việc ở cùng một đường dây phân phối điện năng là một đòi hỏi thực tế nhằm bảo đảm an toàn cung cấp điện và sử dụng kinh tế nhất các máy phát. Với một hệ thống máy phát như vậy, thí dụ khi tải giảm, một hoặc một số máy phát sẽ ngừng hoạt động để cho các máy phát còn lại làm việc với công suất định mức, do đó hiệu suất sẽ cao. Đó là sự làm việc song song của các máy phát.

Dưới đây ta sẽ xét các điều kiện cần thiết để ghép các máy phát làm việc song song và sự phân phối cũng như chuyển công suất giữa các máy phát.

1. ĐIỀU KIỆN LÀM VIỆC SONG SONG CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

Giả thử ta có hai máy phát điện một chiều I và II , trong đó máy phát điện I đã làm việc với một tải I nào đó (hình 4.14). Muốn ghép máy phát II vào làm việc song song với máy phát I cần phải giữ đúng những điều kiện sau:

1. Điều kiện cùng cực tính, nghĩa là phải nối cực dương của máy II vào cực dương của thanh góp và cực âm – vào cực âm của thanh góp.
2. S.đ.đ. của máy phát II phải bằng điện áp U của thanh góp.
3. Nếu những máy làm việc song song thuộc loại máy phát kích thích hỗn hợp thì cần có điều kiện thứ ba: nối dây cân bằng giữa các điểm m và n như ở hình 3.14b.

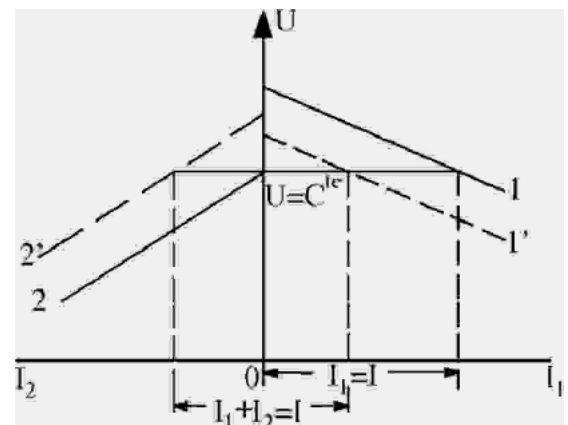


Hình 4.14. Máy phát điện một chiều làm việc song song: a) máy phát kích thích song song; b) máy phát kích thích hỗn hợp

cần có điều kiện thứ ba: nối dây cân bằng giữa các điểm m và n như ở hình 3.14b.

Điều kiện thứ nhất cần phải đảm bảo

chặt chẽ, vì nếu không, sau khi đóng cầu dao ghép song song, hai máy phát I và II sẽ bị nối nối tiếp nhau thành mạch kín không qua điện trở của tải, gây nên tình trạng ngắn mạch của cả hai máy. Nếu điều kiện thứ hai không thỏa mãn thì sau khi ghép vào, máy II hoặc phải nhận tải đột ngột (nếu $E > U$) và làm cho điện áp của lưới điện thay đổi hoặc làm việc theo chế độ động cơ (nếu $E < U$). Sự cần thiết của điều kiện thứ ba có thể giải thích như sau: nếu không có dây cân bằng thì sau khi ghép song song nếu đột nhiên vì một lý do nào đó tốc độ của một trong hai máy, thí dụ của máy I tăng thì s.đ.đ. E_1 tăng, do đó I_1 tăng. Vì các dây quấn kích thích song song và nối tiếp của máy phát kích thích hỗn hợp thường được nối thuận nên khi I_1 tăng, E_1 càng tăng và cứ tiếp tục như vậy khiến cho máy I sẽ dành lấy hết tải và bị quá tải, đồng thời buộc máy II giảm dần tải và chuyển từ chế độ máy phát sang chế độ động cơ. Nếu có dây cân bằng thì sẽ tránh được hiện tượng trên, vì dòng điện phần ứng của máy I tăng sẽ được phân phối cho dây quấn kích thích nối tiếp của cả hai máy khiến cho s.đ.đ. của cả hai máy đều tăng.



Hình 3.15. Phân phối tải giữa các máy phát điện

2. PHÂN PHỐI VÀ CHUYỂN TẢI GIỮA CÁC MÁY PHÁT ĐIỆN

Như đã nói ở trên sau khi đã ghép máy phát điện II làm việc song song với máy phát điện I, do $E_2 = U$ nên máy II chưa tham gia phát điện và toàn bộ tải vẫn do máy I đảm nhiệm ($I_1 = I$, $I_2 = 0$). Lúc đó đặc tính ngoài của hai máy phát điện được trình bày như các đường 1 và 2 trên hình 4.15. Để được rõ ràng, trên hình đó ta vẽ đặc tính ngoài của máy II ở góc phần tư thứ hai. Muốn cho máy II nhận tải, nghĩa là tham gia phát điện, phải tăng E_2 lớn hơn U và như vậy đặc tính ngoài của nó sẽ tịnh tiến lên trên (đường đứt nét 2' trên góc phần tư thứ hai). Vì dòng điện tải tổng I bên ngoài không đổi nên muốn giữ cho điện áp U của mạng điện không đổi thì cùng với việc tăng E_2 phải đồng thời giảm thích đáng E_1 sao cho đặc tính ngoài của máy I tịnh tiến xuống dưới đến vị trí thích đáng (đường đứt nét 1' trên góc phần tư thứ nhất), sao cho điện áp $U = C^{tc}$, ta có $I_1 + I_2 = I$. Việc thay đổi E_1 và E_2 được thực hiện bằng cách thay đổi các dòng điện kích thích từ I_{k1} và I_{k2} của mỗi máy hoặc bằng cách thay đổi tốc độ quay của các động cơ sơ cấp kéo các máy phát đó. Trong thực tế vận hành, thường người ta dùng phương pháp thay đổi dòng điện kích thích để phân phối lại tải giữa các máy phát, tuy nhiên phải nói rằng cả hai phương pháp trên đều khiến cho công suất của động cơ sơ cấp thay đổi, vì lúc đó bộ điều chỉnh của chúng sẽ có tác động làm thay đổi lượng nhiên liệu đưa vào các động cơ sơ cấp.

Như vậy nếu muốn chuyển tải hoàn toàn từ máy phát I cho máy phát II chỉ việc tiếp tục tăng E_2 và giảm E_1 đồng thời cho đến khi $E_1 = U$. Lúc đó máy II hoàn toàn đảm nhiệm tải ($I_2 = I$) và có thể tách máy I ra khỏi lưới điện. Chú ý rằng nếu giảm I_{k1} quá nhiều thì $E_1 < U$ và máy I sẽ làm việc ở chế độ động cơ điện tiêu thụ công suất điện lấy từ máy phát II. Nếu động cơ sơ cấp là động cơ nhiệt hay động cơ thủy lực thì không cho phép làm việc ở chế độ đó, vì sẽ gây ra hư hỏng động cơ sơ cấp. Cũng cần chú ý thêm rằng, việc điều chỉnh các dòng điện kích thích I_{k1} và I_{k2} phải tiến hành rất chậm và liên tục, vì một sự thay đổi rất nhỏ của các dòng điện đó sẽ làm cho các dòng điện I_1 và I_2 thay đổi rất nhiều.

Từ hình 4.15 ta cũng thấy rằng khi làm việc song song trong điều kiện lúc không tải s.d.d. E bằng nhau và kích thích từ không đổi, thì lúc có tải máy phát điện nào có đặc tính ngoài cứng (độ dốc nhỏ) sẽ nhận nhiều tải. Đó là trường hợp của máy I trên hình vẽ. Ngược lại máy phát điện có đặc tính ngoài mềm, nghĩa là độ dốc lớn sẽ nhận ít tải (trường hợp máy II). Tình trạng làm việc như vậy không lợi, vì vậy để lợi dụng tốt công suất máy cần phải đảm bảo cho đặc tính ngoài của các máy phát điện một chiều làm việc song song biểu thị trong hệ đơn vị tương đối hoàn toàn trùng nhau. Trong trường hợp đó tải sẽ luôn tự động phân phối giữa các máy phát theo tỉ lệ công suất.

CÂU HỎI

1. Trình bày sơ đồ mạch điện, nguyên lý làm việc của các loại máy phát điện 1 chiều?
2. Đặc tính máy phát điện 1 chiều là gì? làm thế nào để xác định các đặc tính? giải thích qui luật và ý nghĩa các đặc tính trong thực tế?
3. Điều kiện làm việc song song của máy phát điện 1 chiều? Làm thế nào để phân tải và chuyển đổi công suất giữa các máy phát điện 1 chiều? Giải thích phương pháp chuyển đổi?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

Bài tập 1.

Cho một máy phát điện kích thích song song 25 kW , 230 V , 1800 vg/ph , $R_r = 0,09\Omega$, điện áp giáng trên chổi than $\Delta U_{tx} = 2 \text{ V}$ phản ứng phần ứng lúc tải đầy ($I_r = I_{dm}$, bỏ qua I_t) tương đương với dòng điện $I_t = 0,05 \text{ a}$. Đường cong từ hóa ứng với tốc độ định mức nhau sau:

$I_t, \text{ A}$	1	1,5	2	3	4	5	6
$U_o, \text{ V}$	134	180	209	237	256	268	279

Tính:

- Điện trở của mạch kích từ R_t ;
- Điện áp không tải (điện trở mạch kích từ giữ không đổi)

Giải

- Khi tải đầy

$$I_{dm} \approx I_o = \frac{25000}{230} = 108,7(\text{A})$$

$$E_r = U + I_r R_r = 230 + 108,7 \times 0,09 + 2 = 241,8 \text{ (V)}$$

Từ đường cong từ hóa suy ra: $I_t = 3,25 \text{ A}$. Tuy nhiên để khắc phục phản ứng phần ứng, trên thực tế phải có:

$$I'_t = 3,25 + 0,05 = 3,3 \text{ (A)}$$

10

$$\text{Vậy } R_t = \frac{U}{I'_t} = \frac{230}{3,3} = 69,6(\Omega)$$

b) Điện áp lúc không tải U_o là giao điểm của đường thẳng $U_o = R_t I_t = 69,6 I_t$ và đặc tính không tải. Có thể dùng phương pháp vẽ ta suy ra giao điểm đó ứng với $I_t = 3,56 \text{ a}$ và $U_o = 247,6 \text{ V}$.

Bài tập 2

Cho một máy phát điện kích thích độc lập có các số liệu lúc tải đầy $U = 220 \text{ V}$, $I_t = 2,5 \text{ a} = C^{lc}$, $I_u = 10 \text{ a}$, $nN = 1000 \text{ vg/ph}$. Số vòng dây của dây quấn kích thích $w_t = 850$.

Đường từ hóa ở 750 vg/ph có các trị số:

$I_t, \text{ A}$	1,0	1,6	2	2,5	2,6	3	3,6	4,4
$U_o, \text{ V}$	78	120	150	176	180	193,5	206	225

Tính:

- Điện áp không tải ở $n = 1000 \text{ vg/ph}$.
- Số ampe – vòng khử từ của phản ứng phần ứng khi tải đầy.
- Điện áp đầu cực khi quá tải 25%.

Giải

- Vì s.đ.đ. tỉ lệ với tốc độ nên:

$$\frac{E_{(1000)}}{E_{(750)}} = \frac{1000}{750}$$

$$E(1000) = 176 \frac{1000}{750} = 235(\text{V})$$

- S.đ.đ. của máy phát khi tải đầy ở tốc độ 1000 vg/ph .

$$E_r = U + I_r R_r = 220 + 10 \times 0,4 = 224 \text{ (V)}$$

và ở tốc độ 750 vg/ph .

$$E_{(750)} = \frac{224}{1000} 750 = 168V$$

Từ đường cong từ hóa ta 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 hóa suy ra $E_{(750)} = 165$ V, do đó:

$$E_{(1000)} = \frac{165}{750} 1000 = 220(V)$$

Điện áp đầu cực sẽ bằng:

$$U = E - I_r R_r = 220 - (10 \times 1,25).0,4 = 215 (V).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1:

Máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp, động cơ sơ cấp có tốc độ quay $n = 1200$ vg/ph, mômen hiệu dụng trên trục động cơ là 586 Nm. Dòng điện phần ứng $I_r = 167,9$ A, tổn hao do ma sát $\Delta P_{ms} = 2460$ W, điện trở phần ứng $R_r = 0,089 \Omega$, điện trở kích từ nối tiếp $R_{KTnt} = 0,039 \Omega$, điện trở kích từ song song $R_{KT//} = 32 \Omega$. Tính công suất máy phát đưa ra mạch ngoài, điện áp và hiệu suất của máy phát điện.

$$\text{ĐS: } P = 65,6 \text{ kW}; U = 396 \text{ V}; \eta = 89,4.$$

Bài 2:

Máy phát điện một chiều kích từ song song, điện trở dây quấn phần ứng $R_r = 0,25 \Omega$, điện trở mạch kích từ $R_{KT//} = 14 \Omega$, điện trở phụ tải $R_{phụ tải} = 4 \Omega$, lúc này điện áp trên hai đầu cực của máy phát $U = 220$ V. Tìm dòng điện phần ứng và sđđ của máy phát.

$$\text{ĐS: } I_r = 60 \text{ A}; E_r = 235 \text{ V}.$$

Bài 3:

Một động cơ điện một chiều kích từ song song có $P_{đm} = 96$ kW, $U_{đm} = 440$ V, $R_r = 0,078 \Omega$, $I_{đm} = 255$ A, dòng điện mạch kích từ $I_{KT} = 5$ A, $n_{đm} = 500$ vg/ph. Tính:

a/ Mômen định mức ở đầu trục động cơ.

b/ Mômen điện từ khi tải là định mức.

c/ Tốc độ quay lúc không tải lý tưởng (xem dòng điện $I_r = 0$ A).

$$\text{ĐS: } a/ M_{đm} = 1833,5 \text{ Nm}.$$

$$b/ M_{đt} = 2007,7 \text{ Nm}.$$

$$c/ n_0 = 523 \text{ vg/ph}.$$

Bài 4:

Máy phát điện một chiều kích từ độc lập có $U_{đm} = 220$ V, $n_{đm} = 1000$ vg/ph. Biết rằng khi tốc độ giảm $n = 750$ vg/ph thì sđđ không tải $E_0 = 176$ V, điện trở phần ứng $R_r = 0,4 \Omega$. Hỏi

sđđ và dòng điện phần ứng khi tải định mức là bao nhiêu ?

$$\text{ĐS: } E_{uđm} = 234,6 \text{ V}; I_{uđm} = 36,5 \text{ A}.$$

CHƯƠNG V: ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

I. CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

Máy điện một chiều có thể làm việc theo chế độ máy phát khi $E > U$ hoặc theo chế độ động cơ khi $E < U$. Việc chuyển từ chế độ máy phát sang chế độ động cơ xảy ra hoàn toàn tự động không cần thay đổi gì ở mạch nối, cụ thể là khi giảm dòng điện kích thích khiến cho E của máy phát hạ đến mức $E < U$, dòng điện trong phần ứng sẽ tự động đổi chiều, năng lượng sẽ chuyển theo chiều ngược lại và máy phát nhiễm nhiên trở thành động cơ.

Động cơ điện một chiều được dùng rất phổ biến trong công nghiệp, giao thông vận tải và nói chung ở những thiết bị cần điều chỉnh tốc độ quay liên tục trong một phạm vi rộng (máy cán thép, máy công cụ lớn, đầu máy điện ...)

Cũng như máy phát, động cơ điện một chiều được phân loại theo cách kích thích từ, thành các động cơ điện kích thích độc lập, kích thích song song, kích thích nối tiếp và kích thích hỗn hợp. Sơ đồ nối dây của chúng cũng tương tự như trường hợp ở máy phát. Cần chú ý rằng ở động cơ kích thích độc lập $I_u = I$; ở động cơ kích thích song song và hỗn hợp $I = I_u + I_t$; ở động cơ điện kích thích nối tiếp $I = I_t = I_u$.

Trên thực tế, đặc tính của động cơ điện kích thích độc lập và kích thích song song hầu như giống nhau nhưng khi cần công suất lớn người ta thường dùng động cơ điện kích thích độc lập để điều chỉnh dòng điện kích thích được thuận lợi và kinh tế hơn mặc dù loại động cơ này đòi hỏi phải có thêm nguồn điện phụ bên ngoài. Ngoài ra, khác với ở trường hợp máy phát kích thích nối tiếp, động cơ điện kích thích nối tiếp được dùng rất nhiều, chủ yếu trong ngành kéo tải bằng điện.

II. MỞ MÁY ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

Để mở máy động cơ điện một chiều được tốt, phải thực hiện được những yêu cầu sau đây:

Mômen mở máy M_k phải có trị số đủ lớn để hoàn thành quá trình mở máy, nghĩa là đạt được tốc độ quy định trong thời gian ngắn nhất.

Dòng điện mở máy I_k phải được hạn chế đến mức nhỏ nhất để tránh cho dây quấn sự cố bị cháy hoặc ảnh hưởng xấu đến đổi chiều trên vành góp.

Trong khuôn khổ những yêu cầu trên, người ta áp dụng ba phương pháp mở máy sau đây:

- ✓ *Mở máy trực tiếp ($U = U_{dm}$).*
- ✓ *Mở máy nhờ biến trở.*
- ✓ *Mở máy nhờ điện áp thấp ($U < U_{dm}$).*

Trong tất cả mọi trường hợp, khi mở máy bao giờ cũng phải đảm bảo có Φ_{max} , nghĩa là trước khi đóng động cơ vào nguồn điện, biến trở điều chỉnh dòng điện kích thích phải ở vị trí ứng với trị số nhỏ nhất để sau khi đóng cầu dao động cơ được kích thích tới mức tối đa và theo biểu thức mômen ứng với mỗi trị số của dòng điện I_u luôn luôn lớn nhất. Hơn nữa phải bảo đảm không để xảy ra đứt mạch kích thích vì trong trường hợp đó $\Phi = 0$, $M = 0$, động cơ không quay được, do đó $E_u = 0$ và theo biểu thức quan hệ điện áp, sdd, dòng điện I_u sẽ rất lớn làm cháy vành góp và dây quấn.

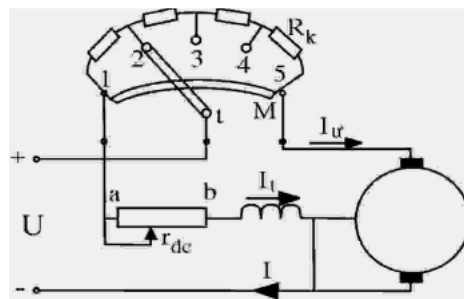
Sau đây ta xét các phương pháp mở máy động cơ điện một chiều.

1. MỞ MÁY TRỰC TIẾP

Phương pháp này được thực hiện bằng cách đóng thẳng động cơ điện vào nguồn. Như vậy lúc rôto chưa quay s.đ.đ. $E_r = 0$ và dòng

điện qua phần ứng bằng $I_r = \frac{U - E_r}{R_r} = \frac{U}{R_r}$. Vì

trong thực tế $R_{r*} = 0,02 \div 0,1$, nên với điện áp định mức $U_* = 1$ dòng điện I_r sẽ rất lớn và bằng $(5 \div 10)I_{dm}$ cho nên phương pháp mở máy trực tiếp chỉ áp dụng được cho các động cơ điện có công suất vài trăm oát. Ở cỡ máy này R_r tương đối lớn do đó khi mở máy $I_r \leq (4 \div 6)I_{dm}$. Trong những trường hợp đặc biệt mới cho phép mở máy trực tiếp đối với những động cơ có công suất vài kilôoat.



Hình 5.1. Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều kích thích song song bằng biến trở

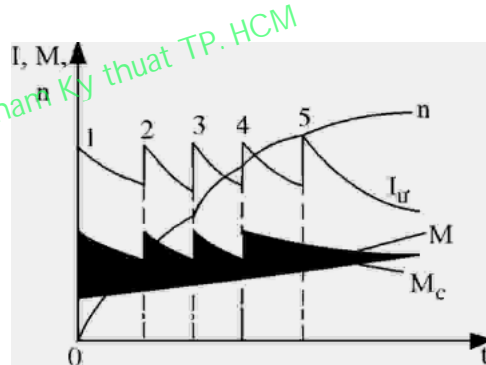
2. MỞ MÁY NHỜ BIẾN TRỞ

Để tránh nguy hiểm cho động cơ vì dòng điện mở máy quá lớn, người ta dùng biến trở mở máy R_k , gồm một số điện trở nối tiếp khác nhau và đặt trên mạch phần ứng (hình 4.1). Như vậy trong quá trình mở máy ta có:

$$I_r = \frac{U - E_i}{R_r + R_{ki}}$$

trong đó “i” là chỉ số ứng với thứ tự các bậc của điện trở

Biến trở mở máy được tính sao cho dòng điện mở máy $I_k = (1,4 \div 1,7)I_{dm}$ đối với các động cơ lớn và $I_k = (2 \div 2,5)I_{dm}$ đối với các động cơ nhỏ. Trước lúc mở máy tiếp điểm T nằm tại vị trí 0 và con chạy của biến trở ở mạch kích thích ở vị trí b ($r_{dc} = 0$). Khi bắt đầu mở máy, gạt T về vị trí 1. Nhờ cung đồng M, dây quấn kích thích được đặt dưới toàn bộ điện áp và từ thông có trị số cực đại $\Phi = \Phi_{max}$. Nếu mômen do động cơ điện sinh ra lớn hơn mômen cản ($M > M_c$) rôto bắt đầu quay, và s.đ.đ. sẽ tăng tỉ lệ bởi tốc độ quay n. Do sự xuất hiện và tăng lên của E, dòng điện phần ứng I_r sẽ giảm theo M giảm khiến n tăng chậm hơn (hình 5.2). Khi I_r giảm đến trị số $(1,1 \div 1,3)I_{dm}$ ta gạt T đến vị trí 2. Vì một bậc điện trở bị loại trừ, I_r lập tức tăng đến giới hạn trên của nó kéo theo M, n và E tăng. Sau đó I, M lại giảm theo quy luật trên. Lần lượt chuyển T đến các vị trí 3, 4, 5. Quá trình trên cứ lặp lại cho đến khi máy đạt đến tốc độ $n \approx n_{dm}$ thì R_k cũng được loại trừ hoàn toàn và động cơ làm việc với toàn bộ điện áp. Sự biến thiên của I, M và n trong quá trình mở máy trình bày trên hình 5.2, cho thấy mỗi khi loại một bậc điện trở, I và M tăng với hằng số thời gian $T_{tr} \approx 0$, vì hệ số tự cảm của phần ứng rất bé. Trái lại sự giảm dần của I và M xảy ra chậm chạp, vì phụ thuộc vào sự tăng s.đ.đ. E hay là tốc độ n, nghĩa là phụ thuộc vào hằng số thời gian $T_{cơ}$ rất lớn của cả khối quay.



Hình 5-2. Các quan hệ I, M và n đối với thời gian khi mở máy động cơ

Số bậc của điện trở mở máy và điện trở của mỗi bậc được thiết kế sao cho dòng điện mở máy cực đại và cực tiểu ở mỗi bậc đều như nhau để đảm bảo cho quá trình mở máy được tốt nhất.

3. MỞ MÁY BẰNG ĐIỆN ÁP THẤP ($U_K < U_{DM}$)

Phương pháp này đòi hỏi phải dùng một nguồn điện độc lập có thể điều chỉnh điện áp được để cung cấp cho phần ứng của động cơ, trong khi đó mạch kích thích phải được đặt dưới điện áp $U = U_{dm}$ của một nguồn khác.

Đây là phương pháp thường dùng hơn cả trong việc mở máy các động cơ điện công suất lớn để ngoài ra còn kết hợp với việc điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp.

III. ĐẶC TÍNH CƠ VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH TỪ SONG SONG VÀ ĐỘC LẬP

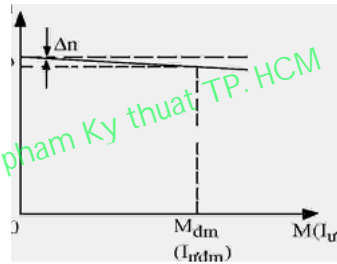
a. Đặc tính cơ $n = f(M)$

Đặc tính cơ $n = f(M)$ của động cơ điện một chiều có thể suy ra từ các biểu thức về s.d.đ. và mômen điện từ:

$$n = \frac{E}{C_e \Phi} = \frac{U - I_r R_r}{C_e \Phi}$$

và vì $M = C_M I_r$, biểu thức trên có thể viết dưới dạng:

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_r M}{C_M C_e \Phi^2}$$



Hình 5.3. đặc tính cơ của ĐCĐC

Thông thường, khi máy làm việc, điện áp U và từ thông Φ không đổi, nên có thể viết:

$$n = n_0 - \frac{R_r M}{K}$$

với $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$ gọi là tốc độ không tải; $k = C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2$.

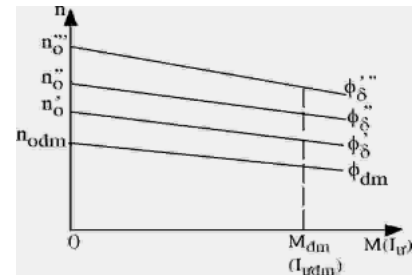
Đường đặc tính cơ (hình 5.3) : $n = f(M)$ trên đây còn được gọi là đặc tính cơ tự nhiên của MĐC

Do R_r rất nhỏ, nên khi tải thay đổi từ không đến định mức, tốc độ giảm rất ít (khoảng $2 \div 8\%$ tốc độ định mức) cho nên đặc tính cơ của động cơ điện kích thích song song rất cứng. Với đặc tính cơ như vậy, động cơ điện kích thích song song được dùng trong trường hợp tốc độ hầu như không đổi khi tải thay đổi (máy cắt kim loại, quạt ...).

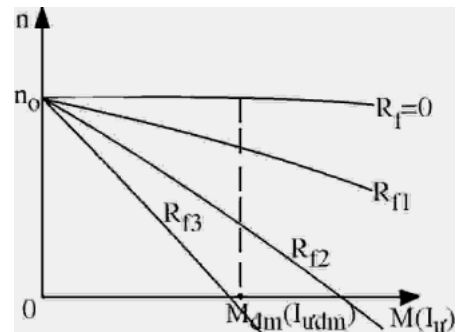
b. Điều chỉnh tốc độ

➤ Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông Φ

Nếu thay đổi điện trở trên mạch kích thích từ thì ứng với các trị số khác nhau của điện trở kích thích ta có các đặc tính cơ tương ứng như trình bày trên hình 5.4. Các



Hình 5.4. Đặc tính cơ đặc tính tốc độ của động cơ điện một chiều khi thay đổi từ thông



Hình 5.5. Đặc tính cơ (và đặc tính tốc độ) của động cơ điện một chiều kích thích song song ở những điện trở phụ khác nhau

đường đó có n_0 lớn hơn $n_{ođm}$ và có độ nghiêng khác nhau và sẽ giao nhau trên trục hoành tại điểm ứng với dòng điện rất lớn $I_{\text{ư}} = \frac{U}{R_{\text{ư}}}$ theo điều kiện $n = 0$. Đường thấp nhất trên

hình ứng với từ thông $\Phi_{đm}$.

Do điều kiện đổi chiều, các động cơ thông dụng hiện nay có thể điều chỉnh tốc độ quay bằng phương pháp này trong giới hạn 1 : 2. Cũng có thể sản xuất những động cơ giới hạn điều chỉnh 1 : 5 thậm chí đến 1 : 8 nhưng phải dùng những phương pháp khống chế đặc biệt, do đó cấu tạo và công nghệ chế tạo phức tạp khiến cho giá thành của máy tăng lên.

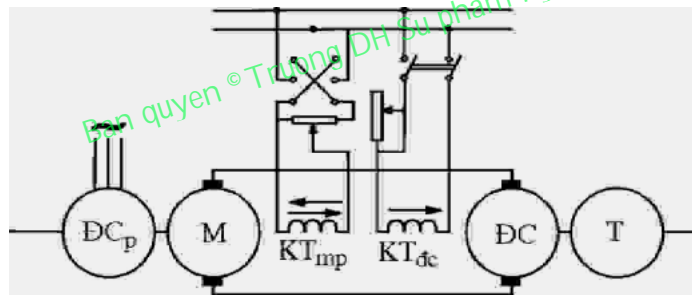
➤ **Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phần ứng.**

Nếu nối thêm điện trở phụ R_f vào mạch phần ứng, thì biểu thức đặc tính cơ thành:

$$n = n_o - \frac{(R_o + R_f)M}{k}$$

Hình 5.5 trình bày các đặc tính cơ ứng với các trị số khác nhau của R_f trong đó ứng với $R_f = 0$ là đặc tính cơ tự nhiên. Ta thấy rằng nếu R_f càng lớn đặc tính cơ sẽ có độ dốc càng cao và do đó càng mềm hơn, nghĩa là tốc độ sẽ thay đổi nhiều khi tải thay đổi. Cũng như trên, giao điểm của những đường đó với đường $M_o = f(n)$ cho biết trị số tốc độ xác lập khi điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở phụ R_f .

➤ **Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp**

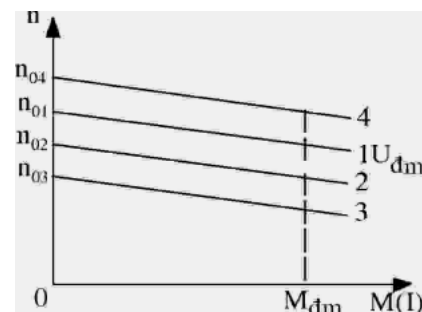


Hình 5.6 : Sơ đồ tổ “máy phát – động cơ” dùng điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp ở động cơ điện một chiều kích thích độc lập

Phương pháp này chỉ áp dụng được đối với động cơ điện một chiều kích thích độc lập hoặc động cơ điện kích thích song song làm việc ở chế độ kích thích độc lập. Việc cung cấp điện áp có thể điều chỉnh được cho động cơ từ một nguồn độc lập được thực hiện trong kỹ thuật bằng cách ghép thành tổ máy phát - động cơ có sơ đồ nguyên lý trình bày trên hình 5.6. Khi thay đổi U ta có một họ đặc tính cơ có cùng một độ dốc (hình 5.7) đường 1 ứng với $U_{đm}$, đường 2,3 ứng với $U_{đm} > U_2 > U_3$ và đường 4 ứng với $U_4 > U_{đm}$.

Nói chung vì không cho phép vượt quá điện áp định mức nên việc điều chỉnh tốc độ trên tốc độ định mức không được áp dụng hoặc chỉ được thực hiện trong một phạm vi rất hẹp. Đặc điểm của phương pháp này là lúc điều chỉnh tốc độ, mômen không đổi vì Φ và $I_{\text{ư}}$ đều không đổi. Sở dĩ $I_{\text{ư}}$ không đổi là vì khi giảm U , tốc độ n giảm làm E cũng

giảm, nên: $I_{\text{ư}} = \frac{U - E}{R_{\text{ư}}} \approx C^{\text{tc}}$



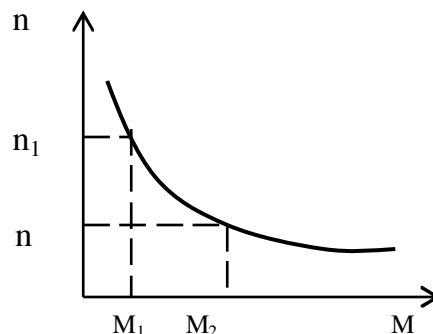
Hình 5.7. Đặc tính cơ (và đặc tính tốc độ) động cơ điện một chiều kích thích độc lập ở những điện áp trên phần ứng khác nhau

Ngày nay, tổ máy phát - động cơ thường dùng trong các máy cắt kim loại và máy cán thép lớn để đưa tốc độ động cơ với hiệu suất cao trong giới hạn rộng rãi 1 : 10 hoặc hơn nữa.

2. ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH NỐI TIẾP

a. Đặc tính cơ

Ở động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp, dòng điện kích thích chính là dòng điện phần ứng $I_t = I_{tr} = I$. Vì vậy trong một phạm vi khá rộng có thể biểu thị: $\Phi = k_\phi I$



Hình 5.8. Đặc tính cơ của ĐCD1CKTNT

trong đó hệ số tỷ lệ k_ϕ chỉ là hằng số trovùng

$$I < 0,8I_{dm} \text{ còn khi } I > (0,8 \div 0,9)I_{dm}$$

thì hơi giảm do ảnh hưởng bão hòa của mạch từ.

Như vậy biểu thức mômen sẽ có dạng:

$$M = C_M \Phi I_{tr} = C_M \frac{\Phi^2}{k_\phi}$$

và kết hợp với biểu thức đặc tính cơ tự nhiên, ta có:

$$n = \frac{\sqrt{C_M} U}{C_e \sqrt{k_\phi} \sqrt{M}} - \frac{R_{tr}}{C_e k_\phi}; \text{ Nếu bỏ qua } R_{tr} \text{ thì: } n \equiv \frac{U}{\sqrt{M}} \text{ hay là } M = \frac{C^2}{n^2}$$

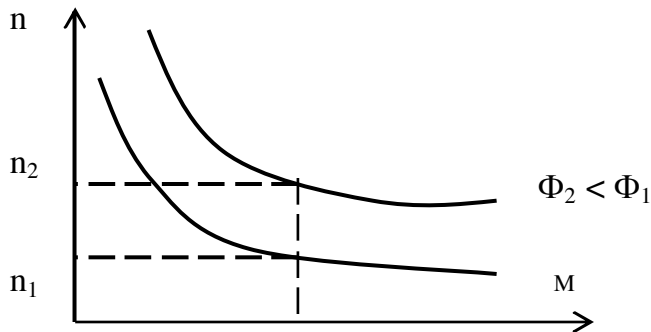
Và như vậy khi mạch từ chưa bão hòa đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp có dạng của đường hypechôn bậc hai như trình bày trên hình 5.8. Ta thấy rằng ở động cơ điện một chiều kích thích nối tiếp, tốc độ quay n giảm rất nhanh khi M tăng và khi mất tải ($I = 0, M = 0$) có trị số rất lớn. Cũng vì vậy không được cho loại động cơ điện này làm việc ở những điều kiện có thể xảy ra mất tải như dùng đai truyền, vì khi xảy ra đứt hoặc trượt đai truyền tốc độ quay rất cao. Thông thường chỉ cho phép động cơ làm việc với tải tối thiểu $P_2 = (0,2 \div 0,25)P_{dm}$.

Với đặc tính cơ rất mềm như vậy, động cơ điện kích thích nối tiếp rất ưu việt trong những nơi cần điều kiện mở máy nặng nề và cần tốc độ thay đổi trong một vùng rộng, thí dụ ở các đầu máy kéo tải (xe điện, métro, đầu máy điện, cần trục ...)

b. Điều chỉnh tốc độ

➤ Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông Φ

Từ thông Φ của động cơ kích thích nối tiếp có thể thay đổi bằng những biện pháp sau đây: mắc sun dây quấn kích thích bằng một điện trở; thay đổi số vòng dây của dây quấn kích thích; mắc sun dây quấn phần ứng. Hai biện pháp đầu dẫn đến cùng một kết quả.



Hình 5.9. đặc tính điều chỉnh tốc độ khi thay đổi từ thông

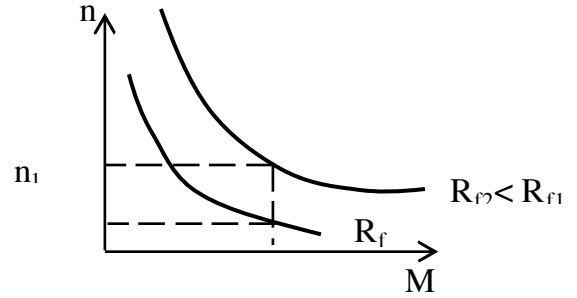
Nếu dòng điện kích thích lúc đầu là $I_t = I$

thì dòng điện kích thích sau khi áp dụng các biện pháp trên sẽ giảm xuống $I_t = kI$.

Như vậy trong công thức của đặc tính cơ ,hệ số k_ϕ được thay bằng $k.k_\phi$. Rõ ràng là với các phương pháp trên chỉ điều chỉnh được $\Phi < \Phi_{dm}$ và tốc độ sẽ thay đổi được trong vùng trên định mức và đường đặc tính sẽ nằm về phía trên của đặc tính tự nhiên(hình 5.9)

➤ **Điều chỉnh tốc độ bằng thêm điện trở vào mạch phần ứng.**

Đặc tính cơ ứng với trường hợp này được trình bày trên hình 5.10



Hình 5.10

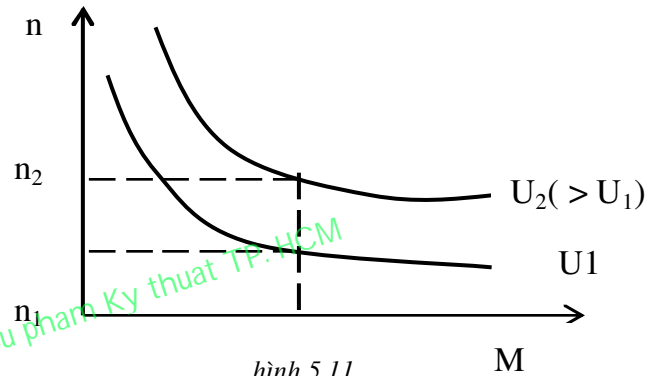
đặc tính cơ tương ứng , tốc độ

$$n = \frac{\sqrt{C_M U}}{C_e \sqrt{k_\phi} \sqrt{M}} - \frac{R_u + R_f}{C_e k_\phi}$$

Khi thay đổi ứng mỗi R_f , ta được các tốc độ n_1, n_2, \dots khác nhau.

➤ **Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện áp**

Phương pháp này chỉ điều chỉnh được tốc độ dưới tốc độ định mức vì không cho phép tăng điện áp quá định mức nhưng lại giữ được hiệu suất cao do không gây thêm tổn hao khi điều chỉnh.

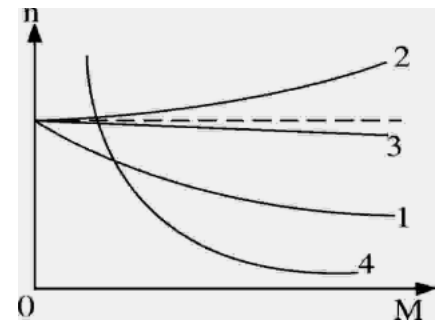


hình 5.11

Phương pháp này được áp dụng rộng rãi trong giao thông vận tải và được thực hiện bằng cách đổi nối song song thành nối tiếp hai động cơ. Như vậy khi làm việc song song, các động cơ sẽ làm việc ở điện áp $U = U_{dm}$ và sau khi đổi nối thành nối nối tiếp – với điện áp $U = 1/2 U_{dm}$. Đặc tính cơ của động cơ điện trong trường hợp này có dạng trên hình 5.11

3. ĐỐI VỚI ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU KÍCH THÍCH HỖN HỢP

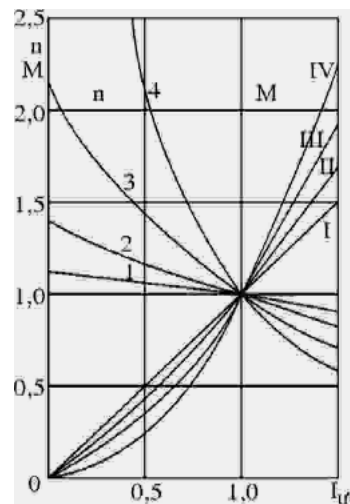
Động cơ điện một chiều kích thích hỗn hợp có thể được chế tạo sao cho tác dụng của các dây quấn kích thích song song và nối tiếp hoặc bù nhau hoặc ngược lại; song trên thực tế người ta chỉ sử dụng loại động cơ điện kích thích hỗn hợp bù vì động cơ điện kích thích hỗn hợp ngược không đảm bảo được điều kiện làm việc ổn định. Động cơ điện kích thích hỗn hợp bù có đặc tính cơ mang tính chất trung gian giữa hai loại động cơ kích thích song song và động cơ kích thích nối tiếp. Khi tải tăng từ thông Φ tăng, do đó đặc tính cơ của động cơ điện kích thích hỗn hợp bù mềm hơn so với đặc tính cơ của động cơ điện kích thích song song. Tuy nhiên mức độ tăng của Φ không mạnh như ở trường hợp động cơ điện kích thích nối tiếp cho nên đặc tính cơ của động cơ điện kích thích hỗn hợp bù cứng hơn so với đặc tính cơ của động cơ điện kích thích nối tiếp. Để tiện so sánh, đặc tính cơ của các loại động cơ điện nói trên được trình bày trên hình 5.12, trong đó đường 1 – ứng với kích thích hỗn hợp bù, đường 2 – hỗn hợp ngược, đường 3 - kích thích song song và đường 4 - kích thích nối tiếp.



Hình 5.12. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích thích hỗn hợp – so sánh với các loại động cơ điện một chiều khác

Tốc độ của động cơ điện một chiều kích thích hỗn hợp được điều chỉnh như ở trường hợp động cơ kích thích song song, dù rằng về nguyên tắc có thể áp dụng phương pháp điều chỉnh tốc độ dùng cho động cơ điện kích thích nối tiếp.

Động cơ điện một chiều kích thích hỗn hợp được dùng trong những nơi cần các điều kiện mô men mở máy lớn, gia tốc quay khi mở máy lớn, tốc độ biến đổi theo tải trong một vùng rộng như trong máy ép (nén), máy bào, máy in, máy cán thép, máy nâng tải ... Trong thời gian gần đây, động cơ kích thích hỗn hợp còn được dùng trong giao thông vận tải vì có ưu điểm hơn so với động cơ kích thích nối tiếp ở chỗ dễ hãm bằng chế độ phát điện .



Hình 5-13. Đặc tính tốc độ và đặc tính mômen của các loại động cơ điện một chiều

IV. ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

1. ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

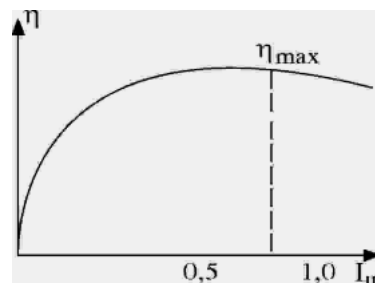
Bao gồm các quan hệ $n, M, f(I_u)$ khi $U = U_{dm} = C^{te}$

Từ các biểu thức về tốc độ và đặc tính cơ, ta thấy rằng về căn bản đặc tính tốc độ $n = f(I_u)$ có dạng giống các đặc tính cơ. Các đặc tính tốc độ của các loại động cơ biểu thị theo đơn vị tương đối được trình bày trên hình 5.13, trong đó đường 1 ứng với động cơ kích thích song song, đường 4 - động cơ kích thích nối tiếp, đường 2 và 3 có tính chất trung gian giữa 1 và 4 ứng với động cơ kích thích hỗn hợp.

Đặc tính mômen $M = f(I_u)$ khi $U = U_{dm} = C^{te}$ biểu thị quan hệ $M = C_M \Phi \cdot I_u$. Ở động cơ kích thích song song $\Phi \approx C^{te}$ nên M phụ thuộc vào I_u theo quan hệ đường thẳng (đường 1 trên hình 5.13). Ở động cơ kích thích nối tiếp $\Phi \equiv I_u$ do đó $M \equiv I_u^2$ nên dạng của đặc tính mômen là đường parabol (đường IV). Còn ở động cơ kích thích hỗn hợp khi I_u tăng Φ tăng, nhưng với mức độ chậm hơn so với sự tăng Φ ở động cơ kích thích nối tiếp vì vậy đường đặc tính mômen có tính chất trung gian giữa 1 và IV (đường II và III).

2. ĐẶC TÍNH HIỆU SUẤT $\eta = f(I_u)$ khi $U = U_{dm} = C^{te}$

Đặc tính hiệu suất $\eta = f(I_u)$ của các loại động cơ điện một chiều nói chung có dạng như trình bày trên hình 5.14. Hiệu suất cực đại của động cơ điện một chiều thường được tính toán với dòng điện tải $I_u = 0,75I_{dm}$ và lúc đó tổn hao không đổi trong động cơ điện bao gồm tổn hao cơ và tổn hao sắt từ bằng tổn hao biến đổi phụ thuộc vào điện trở các dây quấn và tỉ lệ với bình phương của dòng điện I_u . Hiệu suất của động cơ điện một chiều công suất nhỏ vào khoảng $\eta = 75 \div 85\%$, ở động cơ điện công suất trung bình và lớn $\eta = 85 \div 94\%$.



Hình 5.14. Đặc tính hiệu suất của động cơ điện

CÂU HỎI

2. Phân tích các tác động của từ trường trong động cơ điện 1 chiều?
3. Phân tích các quan hệ điện từ trong động cơ điện 1 chiều?
6. Đặc tính động cơ điện 1 chiều? giải thích?
7. Mở máy và phương pháp mở máy $d\omega/dt$
8. Đặc tính cơ và điều chỉnh tốc độ trong động cơ điện 1 chiều?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

Bài tập 1:

Cho một động cơ điện một chiều 10 sức ngựa, 230 V kích thích song song $R_r = 0,35 \Omega$, $R_t = 288 \Omega$. Khi $I_r = 1,6 A$ thì $n = 1040 \text{ vg/ph}$. Muốn cho dòng điện mạch ngoài $I = 40,8 A$ và $n = 600 \text{ vg/ph}$. Hỏi:

- a) Trị số điện trở cần thiết cho vào mạch phần ứng?
- b) Với điện trở đó nếu $I = 22,8 A$ thì tốc độ bằng bao nhiêu?
- c) Nếu $I_{dm} = 38,5 A$, hãy tính M/M_{dm} trong hai câu hỏi trên.
- d) Công suất đưa vào động cơ điện, công suất mạch phần ứng, công suất cơ khi $I = 40,8 A$.

Giải

- a) Cho rằng khi tải thay đổi, từ thông là hằng số, ta có:

$$\frac{n}{n'} = \frac{U - I_r R_r}{U - I'_r (R_r + R_{dc})}$$

với $n = 1040 \text{ vg/ph}$, $n' = 600 \text{ vg/ph}$.

$$I_r = 1,6 A$$

$$I'_r = I - I_t = 40,8 - \frac{230}{288} = 40 A$$

$$U = 230 V, R_r = 0,35 \Omega$$

Từ biểu thức trên ta được $R_{dc} = 2,1 \Omega$.

- b) Với điện trở $R_{dc} = 2,1 \Omega$, $I = 22,8 A$

$$I_r = 22,8 - \frac{230}{288} = 22 A$$

tương tự như trên ta có:

$$\frac{n''}{n'} = \frac{n''}{600} = \frac{230 - 22(0,35 + 2,1)}{230 - 40(0,35 + 2,1)}$$

Ta suy ra $n'' = 800 \text{ vg/ph}$.

- c) Ta có: $M = C_M \Phi I_r$, vậy:

$$\frac{M'}{M_{dm}} = \frac{I'_r}{I_{dm}} = \frac{40}{38,5 - 0,8} = 1,06$$

$$\frac{M''}{M_{dm}} = \frac{I''_r}{I_{dm}} = \frac{22}{38,5 - 0,8} = 0,58$$

- d) Công suất đưa vào bằng:

$$P_1 = U_{dm} \cdot I = 230 \cdot 40,8 = 9400 W$$

Công suất mạch phần ứng bằng:

$$P_1 = r_1 I_1^2 = 9400 - 2880,8^2 = 9216 \quad W$$

Công suất cơ bằng:

$$P_1 = r_1 I_1^2 - I_r^2 R_r = 9216 - 40^2 \cdot 2,45 = 5296 \quad W$$

Bài tập 2

Cho một máy phát điện kích thích song song có $P_{\text{đm}} = 27 \text{ kW}$, $U_{\text{đm}} = 115 \text{ V}$, $n_{\text{đm}} = 1150 \text{ vg/ph}$, $I_t = 5 \text{ A}$, hiệu suất $\eta_{\text{đm}} = 86\%$. Điện trở trong mạch phần ứng $R_r = 0,02 \Omega$, $2\Delta U_{\text{tx}} = 2 \text{ V}$.

a) Nếu đem dùng như động cơ điện (bỏ qua tác dụng phản ứng phần ứng) với $U_{\text{đm}} = 110 \text{ V}$, $P_{\text{đm}} = 25 \text{ kW}$, $\eta = 0,86$ hãy tính tốc độ n?

b) Sự biến đổi của tốc độ từ tải đầy đến không tải.

Giải

a) Khi làm việc như máy phát điện thì:

$$E_F = U + I_{\text{u(F)}} R_r + 2\Delta U_{\text{tx}}$$

Thay vào đó các trị số:

$$U = 115 \text{ V}, 2\Delta U_{\text{tx}} = 2 \text{ V}, R_r = 0,02 \Omega$$

$$I_{\text{u(F)}} = \frac{P_{\text{đm}}}{U_{\text{đm}}} + I_t = \frac{27000}{115} + 5 = 240 \text{ A}$$

$$\text{ta được: } E_F = 121,8 \text{ V.}$$

Khi làm việc như động cơ điện.

$$E_D = U - I_{\text{u(D)}} R_r - 2\Delta U_{\text{tx}}$$

Thay vào đó:

$$U = 110 \text{ V}, R_r = 0,02 \Omega, 2\Delta U_{\text{tx}} = 2 \text{ V.}$$

$$I_{\text{u(D)}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\eta U_{\text{đm}}} - I_t = \frac{25000 \cdot 110}{0,86 \cdot 110 \cdot 115} - 5 = 259,3 \text{ A}$$

$$\text{ta được: } E_D = 102,3 \text{ V.}$$

$$\text{Vì } \frac{E_D}{E_F} = \frac{C_e \Phi_D n_D}{C_e \Phi_F n_F} = \frac{102,3}{121,8}$$

$$\text{Và giả thiết rằng: } \frac{\Phi_D}{\Phi_F} = \frac{I_{\text{tD}}}{I_{\text{tF}}} = \frac{4,7}{5}$$

$$\text{Ta có: } n_D = 1150 \frac{102,3}{121,8} \cdot \frac{5}{4,7} = 1030 \quad \text{vg/ph}$$

b) Khi động cơ làm việc không tải $I_{\text{u(D)}} \approx 0$ nên $E_{\text{oD}} = U = 110 \text{ V} = C_e \Phi_D n_{\text{oD}}$ và ta có thể viết:

$$\frac{E_{\text{oD}}}{E_D} = \frac{n_{\text{oD}}}{n_D} = \frac{110}{102,3}$$

$$\text{và suy ra: } n_{\text{oD}} = n_D \frac{110}{102,3} = 1030 \frac{110}{102,3} = 1105 \text{ vg/ph}$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài tập 1

Động cơ điện một chiều kích từ song song có $U_{\text{đm}} = 220 \text{ V}$, $P_{\text{đm}} = 21 \text{ KW}$, dòng điện kích từ song song $I_{\text{KT}/\text{đm}} = 3,5 \text{ A}$, điện trở phần ứng $R_r = 0,122 \Omega$ và hiệu suất định mức

η_{dm} là 0,86. Tổn hao do ma sát khi động cơ quay với tốc độ định mức $\Delta P_{ms} = 380$ W. Tính tổn hao sắt từ ΔP_{Fe} ở chế độ định mức.

$$\text{ĐS: } \Delta P_{Fe} = 860 \text{ W.}$$

Bài tập 2

Động cơ kích từ nối tiếp có điện áp $U_{dm} = 230$ V, dòng điện $I_{dm} = 40$ A, tốc độ định mức 1000 vg/ph. Tổng điện trở $R_r + R_{cựcphụ} + R_{cựcchính} = 0,5 \Omega$, tổn thất điện áp tại chổi than $2\Delta U_{TX} = 2$ V. Khi mômen cản phụ tải không đổi, điện áp đặt vào động cơ giảm 50% so với điện áp định mức. Tính dòng điện phần ứng I_r và tốc độ quay n của động cơ.

$$\text{ĐS: } n = 445 \text{ vg/ph.}$$

Bài tập 3

Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp, điện áp định mức $U_{dm} = 220$ V, dòng điện định mức $I_{dm} = 94$ A, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{KT//} = 338 \Omega$, điện trở dây quấn phần ứng và kích từ nối tiếp $R_r + R_{KTnt} = 0,17 \Omega$, số đôi nhánh $a = 1$, số đôi cực từ $p = 2$, số thanh dẫn $N = 372$, tốc độ $n = 1100$ vg/ph. Tính sức điện động E_r (đối với động cơ còn được gọi là sức phản điện), từ thông Φ , công suất điện từ và mômen điện từ.

$$\text{ĐS: } E_r = 204 \text{ V.}$$

$$\Phi = 1,49 \cdot 10^{-2} \text{ Wb.}$$

$$P_{dt} = 19,043 \text{ kW.}$$

$$M_{dt} = 165 \text{ Nm.}$$

Ban quyen © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

PHẦN II - MÁY BIẾN ÁP

CHƯƠNG 1- KHÁI NIỆM VỀ MÁY BIẾN ÁP

Mục tiêu :Sau khi học xong chương này sinh viên phải:

- Mô tả được kết cấu các bộ phận của MBA.
- Phân biệt được các kiểu lõi thép và các kiểu dây quấn.
- Giải thích được lý do chọn vật liệu chế tạo lõi thép và dây quấn.
- Trình bày được chức năng những bộ phận cơ bản của MBA.
- Giải thích được nguyên lý làm việc của máy .
- Hiểu được ý nghĩa các đại lượng ghi trên nhãn máy.

Nội dung:

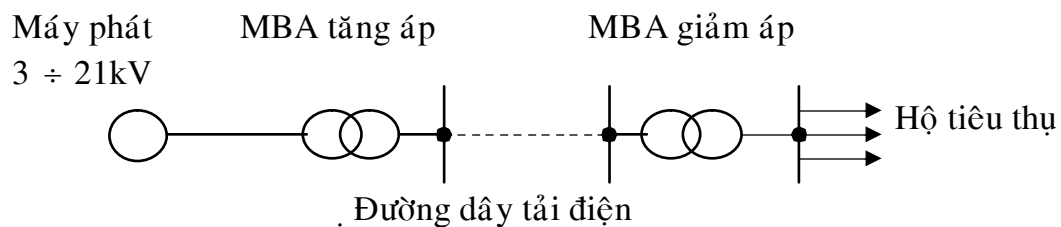
I. ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY BIẾN ÁP(MBA)

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

Các MBA được sử dụng trong dân dụng như: survolter, máy đổi điện áp, biến áp trong các thiết bị điện tử.

Máy biến áp dùng trong công nghiệp như: MBA dùng trong các lò luyện kim, MBA hàn điện, MBA dùng trong thiết bị chỉnh lưu, trong đo lường thí nghiệm.

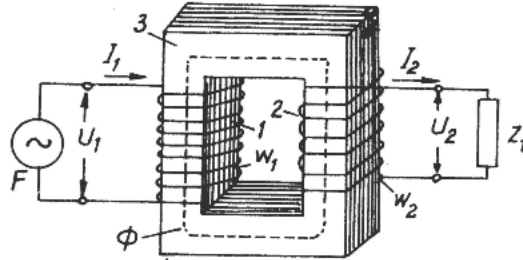
Đặc biệt, MBA có ý nghĩa rất lớn trong lĩnh vực truyền tải điện vì: Khi truyền tải, với cùng một công suất trên đường dây, nếu điện áp cao thì dòng điện chạy trên đường dây nhỏ nên tiết diện dây sẽ giảm dẫn đến trọng lượng và chi phí dây dẫn giảm. Đồng thời tổn hao năng lượng trên đường dây cũng giảm. Do đó hệ thống truyền tải điện phải có các MBA để tăng điện áp ở đầu đường dây lên 35, 110, 220 và 500 kV. Ở cuối đường dây, khi đến nơi tiêu thụ phải giảm điện áp cho phù hợp với thiết bị, thường có điện áp 0,4 ÷ 6kV nên cần phải có các MBA để giảm áp



Hình 1.1

1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CƠ BẢN

Xét MBA 1 pha 2 dây quấn (hình 1.2): dây quấn 1 có w_1 vòng dây và dây quấn 2 có w_2 vòng dây được quấn trên lõi thép 3. Khi đặt điện áp xoay chiều u_1 vào dây quấn 1, trong dây quấn 1 có dòng điện i_1 . Trong lõi thép sẽ sinh ra từ thông móc vòng $\phi = \phi_m \cdot \sin \omega t$. Từ thông móc vòng cả 2 dây quấn 1 và 2, cảm ứng ra s.đ.đ e_1 và e_2



Hình 1.2. Nguyên lý MBA

$$e_1 = -w_1 \frac{d\phi}{dt} = -w_1 \frac{d\phi_m \sin \omega t}{dt} = -w_1 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t = \sqrt{2} E_1 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Với giá trị hiệu dụng của s.đ.đ: $E_1 = \frac{\omega \cdot w_1 \cdot \phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \cdot f \cdot w_1 \cdot \phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \phi_m$

$$e_2 = -w_2 \frac{d\phi}{dt} = -w_2 \frac{d\phi_m \sin \omega t}{dt} = -w_2 \cdot \omega \cdot \phi_m \cdot \cos \omega t = \sqrt{2} E_2 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Với giá trị hiệu dụng của s.đ.đ: $E_2 = \frac{\omega \cdot w_2 \cdot \phi_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi \cdot f \cdot w_2 \cdot \phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \phi_m$

Từ các biểu thức ta thấy: s.đ.đ cảm ứng trong các dây quấn chậm pha với từ thông sinh ra nó một góc $\pi/2$, còn độ lớn phụ thuộc vào độ lớn từ thông, tần số lưới điện và số vòng dây MBA. So sánh E_1 & E_2 ta có tỉ số MBA.

$$\text{Vậy tỷ số MBA } k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Nếu bỏ qua điện áp rơi trên các dây quấn thì có thể coi $U_1 \approx E_1; U_2 \approx E_2$ nên:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \approx \frac{U_1}{U_2}$$

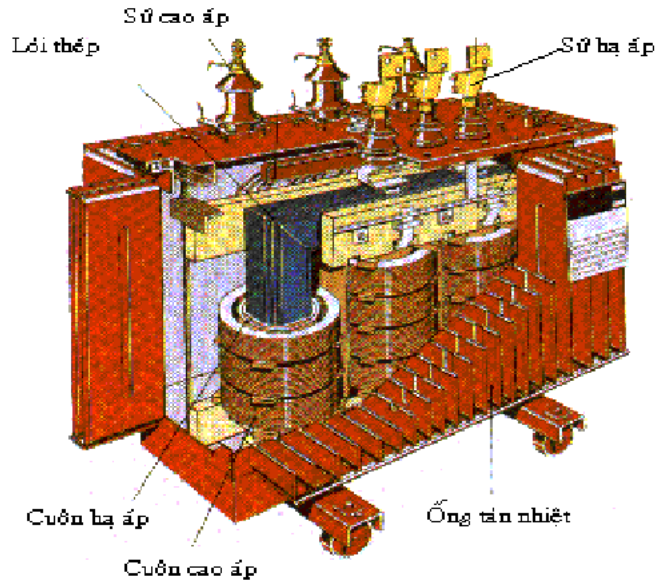
2. CẤU TẠO

Máy biến áp có bộ phận chính sau: lõi thép MBA, dây quấn MBA và các chi tiết kết cấu của MBA.

a. Lõi thép

Dùng làm mạch dẫn từ, đồng thời làm khung để quấn dây. Lõi thép có 2 phần:

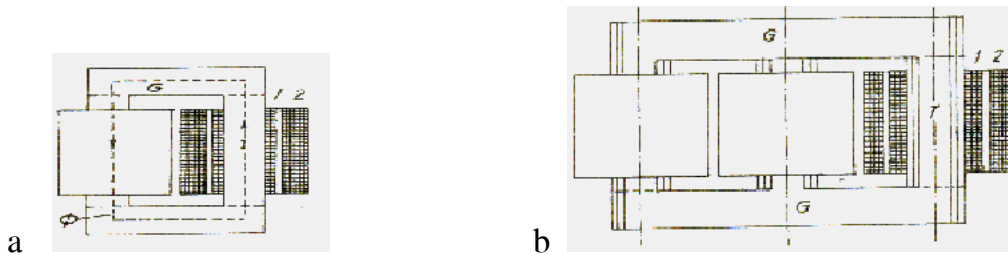
- Phần trụ (T): là phần lõi thép có dây quấn.
- Phần gông (G): là phần lõi thép nối các trụ lại với nhau.



Hình 1.3. Cấu tạo MBA ba pha

Để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên, lõi thép được ghép từ các lá thép kỹ thuật điện dày 0,35; 0,5 mm, hai mặt phủ sơn cách điện. Các lá thép kiểu chữ I, U, E khi ghép lại có các kiểu như sau:

-Máy biến áp kiểu lõi hay kiểu trụ: Dây quấn bao quanh trụ thép. Thường dùng trong MBA 1 pha và 3 pha cỡ nhỏ và trung bình.



Hình 1.4a,b. MBA kiểu trụ

-Máy biến áp kiểu bọc: Mạch từ phân ra 2 bên và bọc lấy dây quấn. Thường dùng trong MBA 1 pha công suất nhỏ (dùng trong kỹ thuật vô tuyến, âm thanh ...)

Với các máy có dung lượng lớn (80 ÷ 100 MVA trên 1 pha), điện áp cao (200 ÷ 400kV), để giảm chiều cao của trụ thép, tiện cho việc vận chuyển, mạch từ của MBA được phân nhánh sang 2 bên nên gọi MBA kiểu trụ – bọc hay MBA 3 pha 5 trụ.



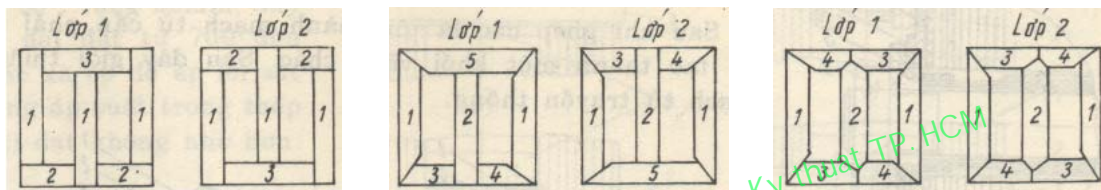
Hình 1.4c,d. MBA kiểu bọc

Do dây quấn thường quấn thành hình trụ tròn, nên tiết diện ngang của trụ thép thường làm thành hình bậc thang gần tròn, tiết diện của gông có thể là hình vuông, chữ thập hoặc hình T.

Trụ và gông của máy có thể được ghép theo các phương pháp sau:

-Ghép xen kẽ: Các lá thép được ghép lần lượt theo các lớp 1 và 2

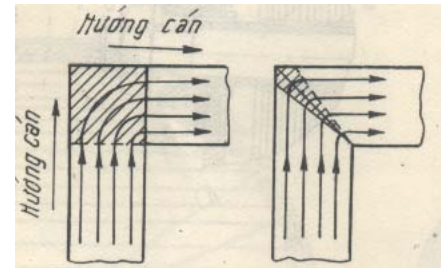
dùng ghép các lá thép cán nóng có cấu trúc dẫn từ đẳng hướng. Cách ghép này đơn giản trong công nghệ chế tạo lá thép cũng như ghép các lá thép thành mạch từ.



Hình 1.5. Các kiểu ghép lõi thép MBA

- Cách ghép chéo góc: Sử dụng khi ghép các lá thép cán nguội. Có ưu điểm là từ thông hầu như đi theo chiều cán hoàn toàn. Nhược điểm là công nghệ chế tạo lá thép phức tạp hơn, dễ gây sai số góc làm tăng từ trở mạch từ và về kết cấu do phần gối lên giữa các lớp tôn không nhiều nên không đảm bảo chắc chắn bằng kiểu trên.

-Ghép nối: Trụ và gông ghép riêng, sau đó dùng xà ép và bulong ghép chặt lại. Kiểu ghép



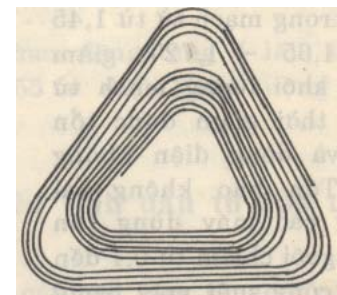
Hình 1.6. Kiểu ghép chéo góc lõi sắt.

này đơn giản nhưng mạch từ không chắc chắn và nếu khối trụ và gông lệch nhau sẽ gây rung và ồn.

-Với tôn cán lạnh có chiều dày nhỏ hơn 0,2 mm, người ta quấn các lá tôn có bề rộng khác nhau và với những độ dày thích hợp để tạo ra các bậc nội tiếp trong vòng tròn.

b. Dây quấn

Là bộ phận dẫn điện của MBA, làm nhiệm vụ thu



Hình 1.7. Một kiểu ghép tôn cán lạnh

năng lượng vào và truyền năng lượng ra. Thường dùng dây đồng hoặc dây nhôm.

Có thể sắp xếp dây quấn theo 2 cách: tập trung và xen kẽ

➤ Dây quấn tập trung

Các lớp dây quấn đồng tâm. Dây quấn hạ áp (HA) quấn phía trong, dây quấn cao áp (CA) quấn

phía ngoài. Với cuộn HA quấn sắt lõi thép, điều kiện cách điện sẽ đơn giản hơn. Mặt khác cuộn HA có dòng điện

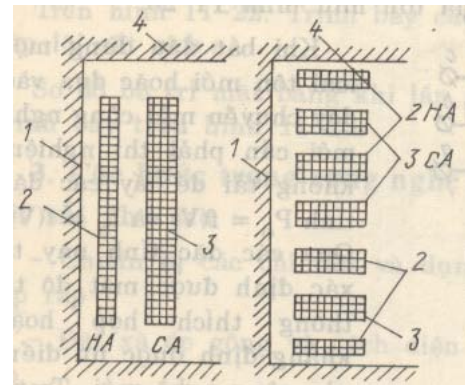
lớn, tiết diện dây lớn khi quấn bên trong, chu vi một vòng dây nhỏ nên tiết kiệm dây quấn.

Dây quấn tập trung gồm có các kiểu chính: dây quấn hình trụ, dây quấn hình xoắn, dây quấn hình xoắn ốc liên tục.

-Dây quấn hình trụ: Các vòng dây quấn sát nhau, giữa các lớp dây đặt cách điện. Nếu tiết diện dây nhỏ thì dùng dây tròn, tiết diện dây lớn dùng dây bẹt. Kiểu này thường dùng cho MBA dung lượng 630kVA trở xuống.

-Dây quấn hình xoắn: Gồm nhiều dây bẹt, chap lại quấn theo đường xoắn ốc, giữa các vòng dây có rãnh hở. Thường dùng cho cuộn HA của MBA dung lượng trung bình và lớn.

-Dây quấn xoắn ốc liên tục: Quấn bằng dây bẹt thành từng bánh phẳng, các bánh dây quấn liên tục và cách nhau. Thường dùng làm cuộn CA, điện áp 35 kV trở lên và dung lượng lớn.



Hình 1.8. Dây quấn tập trung trong MBA

➤ Dây quấn xen kẽ

Các bánh dây CA và HA đặt xen kẽ nhau dọc theo trụ thép. Kiểu quấn này chế tạo và cách điện khó khăn, kém vững chắc về cơ học nên chỉ dùng cho các máy kiểu bọc.

c. Các chi tiết khác

➤ Thùng máy biến áp

Làm bằng thép, thường là hình bầu dục. Trong thùng đựng đầy dầu để tăng cường cách điện và làm mát máy. Tùy theo dung lượng MBA mà hình dáng và kết cấu thùng dầu khác nhau.

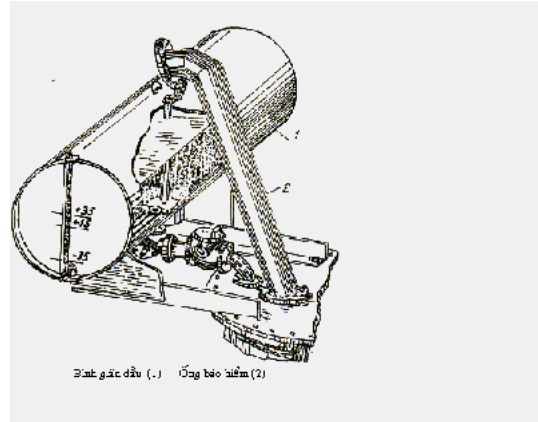
Với MBA khô, vỏ máy chủ yếu làm nhiệm vụ che đậy. Để tản nhiệt, người ta bố trí nhiều cửa chớp ở vỏ máy.

Các MBA dầu có dung lượng từ 30kVA trở xuống thường dùng thùng dầu phẳng. MBA cỡ trung bình và lớn, dùng loại thùng dầu có bộ tản nhiệt v.v...

➤ Bình giãn dầu

Là một thùng hình trụ bằng thép đặt trên nắp thùng và được nối lưu thông với thùng. Thông qua bình giãn dầu, dầu trong thùng máy được giãn nở tự do, do đó dầu trong thùng luôn luôn giữ ở mức đầy.

đổ đầy dầu và bịt kín để tránh cho MBA không bị phá hủy do lực sinh ra trong thùng khi thể tích dầu tăng lên khi nhiệt độ tăng. Do vậy, có sự tiếp xúc giữa dầu và không khí xung quanh nên dầu trong thùng máy dễ bị oxy hóa và ngấm ẩm làm tính cách điện giảm.



Hình 1.9. Bình giãn dầu MBA

➤ Ống bảo hiểm

Làm bằng thép, một đầu nối với thùng, một đầu bịt bằng đĩa thủy tinh. Nếu áp suất trong thùng tăng lên đột ngột, đĩa thủy tinh sẽ vỡ, dầu thoát ra ngoài để đảm bảo thùng không bị hư hỏng.

Ngoài ra trên nắp thùng máy còn có bộ truyền động để đổi nối các đầu dây nhằm điều chỉnh điện áp. Sứ cao áp và hạ áp làm nhiệm vụ cách điện giữa dây quấn CA và HA với vỏ máy

3. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐỊNH MỨC

Các đại lượng này do nhà máy chế tạo qui định và được ghi trên nhãn máy.

1. Dung lượng hay công suất định mức S_{dm} : là công suất biểu kiến của MBA đưa ra ở dây quấn thứ cấp của MBA, tính bằng kVA, VA.

2. Điện áp dây sơ cấp định mức U_{1dm} : là điện áp đặt lên dây quấn sơ cấp, tính bằng kV, V.

3. Điện áp dây thứ cấp định mức U_{2dm} : là điện áp dây của dây quấn thứ cấp khi MBA không tải và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp là định mức, tính bằng kV, V.

4. Dòng điện dây định mức sơ cấp I_{1dm} và thứ cấp I_{2dm} : là dòng điện chảy trong các dây quấn khi có tải ứng với công suất và điện áp định mức, tính bằng VA, KVA.

$$\text{Đối với MBA 1 pha:} \quad I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}}; \quad I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}}$$

$$\text{Đối với MBA 3 pha:} \quad I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1dm}}; \quad I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{2dm}}$$

5. Tần số định mức f_{dm} : tính bằng Hz, lưới điện nước ta có $f_{dm} = 50\text{Hz}$.

6. Ngoài ra trên nhãn của MBA còn ghi số pha m, sơ đồ và tổ nối dây, điện áp ngắn mạch $u_n\%$, chế độ làm việc, phương pháp làm lạnh v.v...

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Các dạng lõi thép: tên gọi, hình dáng, chỉ phần gông, trụ của lõi thép, vị trí đặt cuộn dây, vật liệu chế tạo, phạm vi sử dụng.
2. Đặc điểm vật liệu chế tạo lõi thép.
3. Cách ghép lõi thép, tên gọi.
4. Phân biệt sự khác nhau giữa các kiểu dây quấn, phạm vi ứng dụng.
5. Đặc điểm vật liệu chế tạo dây quấn.
6. Vì sao dùng các kiểu dây quấn khác nhau.
7. Các dạng thùng máy, phạm vi sử dụng
8. Nhiệm vụ của dầu MBA, bình giãn dầu và ống bảo hiểm.
9. Vai trò của MBA trong hệ thống điện lực.
10. MBA làm việc dựa trên nguyên lý nào.
11. Biến đổi công thức để tìm trị số hiệu dụng của sức điện động E_1 và E_2 , tỉ số MBA K . Khi nào có thể viết $K = U_1 / U_2$
12. Dựa vào K để giải thích nguyên tắc điều chỉnh số vòng dây cuộn sơ cấp khi muốn giữ U_2 không đổi, điện áp vào thay đổi.
13. Điều chỉnh số vòng dây thứ cấp như thế nào nếu muốn thay đổi U_2 khi U_1 không đổi.
14. Điện áp đo trên tải của máy có phải là điện áp thứ cấp ghi trên nhãn máy không.
15. Ý nghĩa công suất ghi trên nhãn MBA.
16. Công thức tính công suất MBA 1 pha và 3 pha.
17. Situ tầm nhãn hoặc lý lịch của MBA.

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Thông số ghi trên nhãn máy của máy biến áp một pha như sau: $S_{dm} = 25$ kVA, $U_{1dm} = 380$ V, $U_{2dm} = 127$ V.

a/ Tính dòng điện định mức cuộn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp.

b/ Tính điện áp cuộn thứ cấp khi điện áp đặt vào cuộn sơ cấp bằng 70% U_{1dm} .

c/ Tính điện áp cuộn sơ cấp khi điện áp đặt vào cuộn thứ cấp là định mức.

Gợi ý:

S_{dm} : công suất định mức biểu kiến, thường được ghi trên nhãn máy (hoặc thùng) của máy biến áp.

I_{dm} : dòng điện chạy trong dây quấn máy biến áp là định mức nếu điện áp đặt vào cuộn cao áp là U_{1dm} và cuộn hạ áp cấp cho tải định mức và tính theo công thức:

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{U_{dm}} \quad (A).$$

Tỷ số biến áp của máy biến áp:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Với các giá trị E_1, U_1, w_1, I_1 là các thông số cuộn dây sơ cấp và E_2, U_2, w_2, I_2 là các thông số cuộn dây thứ cấp.

BÀI GIẢI

a/ Dòng điện định mức trong hai dây quấn:

$$\text{Cuộn sơ cấp: } I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{25 \cdot 10^3}{380} = 65,79 \quad (\text{A}).$$

$$\text{Cuộn thứ cấp: } I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{25 \cdot 10^3}{127} = 196,85 \quad (\text{A}).$$

b/ Tỷ số biến áp khi máy làm việc ở chế độ định mức:

$$k = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} = \frac{380}{127} = 2,99$$

Khi điện áp đặt vào cuộn sơ cấp bằng 70% U_{1dm} :

$$U_1 = 70\% U_{1dm} = \frac{70}{100} \cdot 380 = 266 \quad (\text{V}).$$

Điện áp cuộn thứ cấp khi điện áp đặt vào sơ cấp bằng 70% U_{1dm} :

$$\text{Từ công thức: } k = \frac{U_1}{U_2} = 2,99$$

$$\text{Suy ra: } U_2 = \frac{U_1}{2,99} = \frac{266}{2,99} = 88,96 \quad (\text{V}).$$

c/ Khi đặt nguồn vào cuộn thứ cấp bằng U_{1dm} , lúc này cuộn thứ cấp trở thành cuộn sơ cấp, cuộn sơ cấp trở thành cuộn thứ cấp và tỷ số biến áp là:

$$k' = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{k} = \frac{1}{2,99}$$

Do đó điện áp trên cuộn sơ cấp của máy biến áp có điện áp ra là:

$$U_1 = 2,99 \cdot U_2 = 2,99 \cdot 127 = 380 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP 2

Máy biến áp 1 pha có số vòng dây trên von là 3,5; Cường độ từ cảm cực đại trong lõi thép $B_m = 1,0 \text{ Wb/m}^2$. Biết hệ số biến áp là $k = 6,2$, điện áp sơ cấp $U_1 = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$. Hỏi:

1. Tiết diện thực F của lõi thép.
2. Số vòng dây cuộn dây sơ cấp w_1 và thứ cấp w_2 .
3. Trị số sức điện động cảm ứng trong cuộn dây thứ cấp E_2 của máy biến áp.

Gợi ý:

Công thức tính hệ số máy biến áp:

$$k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Số vòng dây trên von: cần 3,5 vòng dây mới tạo được một sức điện động 1 V.

Từ thông cực đại trong lõi thép: $\Phi_{max} = 1/f \cdot 4,44 \cdot w$.

Tiết diện tương ứng với từ thông cực đại:

$$\Phi_{max} = F \cdot B_{max}$$

BÀI GIẢI

Biết mỗi vôn sức điện động phải có 3,5 vòng dây, vậy từ thông cực đại trong lõi thép máy biến áp là:

$$\Phi_{\max} = \frac{1}{4,44.f.w} = \frac{1}{4,44.50.3,5} = 12,87.10^{-4} \quad (\text{Wb}).$$

Tiết diện thực của lõi thép:

$$F = \frac{\Phi_{\max}}{B_{\max}} = \frac{12,87.10^{-4}}{1,0} = 12,87.10^{-4} \quad (\text{m}^2).$$

Khi bỏ qua điện áp rơi trên điện trở và điện kháng của cuộn dây sơ cấp nên:

$$|U_1| = |E_1| = 220 \quad (\text{V}).$$

Số vòng dây của cuộn sơ cấp:

$$w_1 = \frac{E_1}{4,44.f.\Phi_{\max}} = \frac{220}{4,44.50.12,87.10^{-4}} = 770 \quad (\text{vòng}).$$

Số vòng dây của cuộn thứ cấp:

$$w_2 = \frac{w_1}{k} = \frac{770}{6,2} = 124 \quad (\text{vòng}).$$

Sức điện động cuộn dây thứ cấp E_2 là:

$$E_2 = \frac{E_1}{k} = \frac{220}{6,2} = 36 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI**Bài 1:**

Hãy tính dòng điện định mức sơ cấp, dòng điện định mức thứ cấp của một máy biến áp ba pha khi biết các số liệu sau đây: công suất biểu kiến $S_{\text{dm}} = 100$ kVA và tỷ số biến áp $U_{1\text{dm}}/U_{2\text{dm}} = 6000/230$ V.

$$\text{ĐS: } I_{1\text{dm}} = 9,62 \text{ A}; I_{2\text{dm}} = 251 \text{ A}.$$

Bài 2:

Máy biến áp một pha có số vòng / vôn là 2, cường độ từ cảm trong lõi thép $B_m = 2,5$ Wb/m². Biết điện áp $U_1 / U_2 = 230 / 24$ V, $f = 50$ Hz. Tính:

1. Từ thông cực đại trong lõi thép.
2. Tính tiết diện thực của lõi thép, biết hệ số lấp đầy cho lõi phẳng (tỷ số giữa tiết diện thực/tiết diện lấp ghép) là 0,9.
3. Tính số vòng dây của cuộn sơ cấp w_1 và cuộn thứ cấp w_2 .

$$\text{ĐS: } 1/ \Phi_{\max} = 2,25.10^{-2} \text{ Wb}.$$

$$2/ F = 9.10^{-4} \text{ m}^2.$$

$$3/ w_1 = 460 \text{ vg/ph}; w_2 = 48 \text{ vg/ph}.$$

CHƯƠNG 2: TỔ NỐI DÂY VÀ MẠCH TỤ CỦA MÁY BIẾN ÁP

Mục tiêu:

- Hiểu khái niệm, ý nghĩa và biết xác định các tổ nối dây thông dụng MBA.
- Hiểu kết cấu, công nghệ chế tạo, lắp ghép mạch từ (lõi sắt MBA) và ứng dụng của chúng trong việc chế tạo MBA

Nội dung:

I. TỔ NỐI DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP

1. CÁC KÝ HIỆU ĐẦU DÂY.

Trong các cuộn dây của máy biến áp, một đầu gọi là đầu đầu , đầu còn lại là đầu cuối. Ở máy biến áp ba pha các đầu dây phải được chọn một cách thống nhất ,giả sử dây quấn pha A chọn đầu đầu đến đầu cuối đi theo chiều kim đồng hồ thì các dây quấn pha B, C cũng phải được chọn như vậy, để tiện lợi ta qui ước như sau:

Các đầu tận cùng	Dây quấn cao áp	Dây quấn cao áp	Sơ đồ ký hiệu
Đầu đầu	A, B, C	a, b, c	
Đầu cuối	X, Y, Z	x, y, z	
Đầu trung tính	O hay N	o hay n	

Nếu còn có cuộn dây trung áp thì các đầu đầu và đầu cuối được kí hiệu như sau: $A_m; B_m; C_m; X_m; Y_m; Z_m$ và đầu trung tính O_m

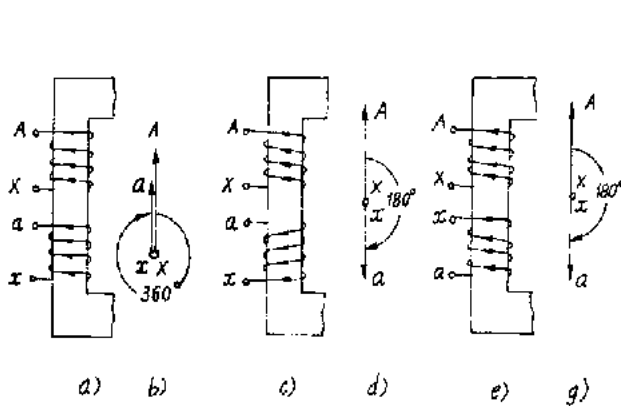
2. XÁC ĐỊNH TỔ ĐẤU DÂY CỦA MÁY BIẾN ÁP.

Tổ đấu dây của máy biến áp được hình thành do sự phối hợp kiểu đấu dây sơ cấp với kiểu đấu dây thứ cấp .Nó biểu thị góc lệch pha giữa các sức điện động dây sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp. Góc lệch pha này phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

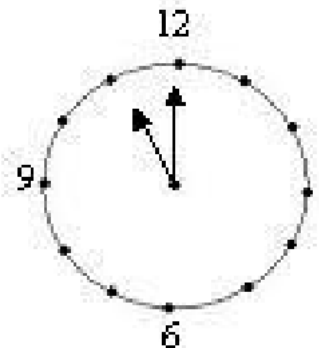
- ✓ Chiều dây quấn.
- ✓ Cách ký hiệu các đầu dây.
- ✓ Kiểu đấu dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Để thuận tiện người ta dùng phương pháp đồng hồ như hình 2-1, hình 2-2 để biểu thị và gọi tên tổ đấu dây của máy biến áp.

Cách biểu thị như sau: kim dài chỉ sức điện động sơ cấp đặt cố định ở con số 12, kim ngắn chỉ sức điện động dây thứ cấp đặt tương ứng ở các số 1,2,...12 tùy theo góc lệch pha giữa chúng là 30, 60...360⁰.



Hình 2-1. Tổ nối dây của máy biến

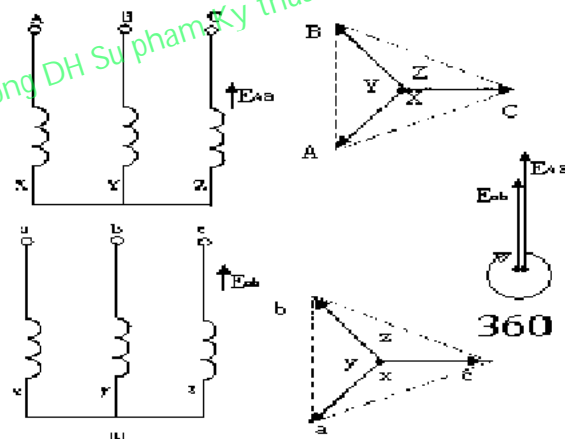


Hình 2-2

Với cách gọi này máy biến áp một pha trong ví dụ trên, trường hợp thứ nhất sẽ thuộc tổ nối dây I/I-12, vì góc lệch pha giữa hai sức điện động là 360^0 , hai trường hợp sau thuộc tổ nối dây I/I -6 vì góc lệch pha là 180^0 (kí hiệu I đúng cho máy biến áp một pha). Đối với máy biến áp ba pha sẽ có 12 tổ nối dây.

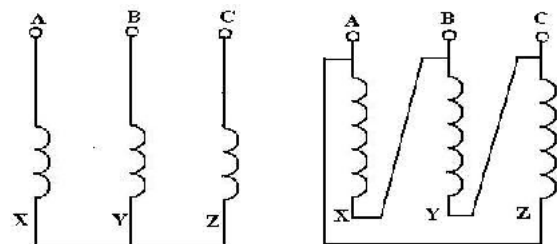
Ví dụ : máy biến áp ba pha có 2 cuộn dây nối hình sao Y, cùng chiều dây quấn và cùng kí hiệu đầu dây (Hình 2-3a) thì hình sao sức điện động pha giữa hai dây

quấn hoàn toàn trùng nhau và góc lệch pha giữa hai điện áp dây sẽ bằng 0^0 , hay 360^0 , ta nói máy biến áp thuộc tổ nối dây 12 và kí hiệu Y/Y-12. Nếu đổi chiều dây quấn hay đổi ký hiệu đầu dây quấn thứ cấp ta có tổ nối dây Y/Y- 6. Hoán vị thứ tự các pha thứ cấp ,ta sẽ có các tổ nối dây chẵn 2,4,6,8,10. Tương tự đối với máy biến áp đấu theo sơ đồ Y/Δ.(hình 2-6b). Trong thực tế, hệ thông điện chỉ sử dụng một số kiểu tổ nối dây thống nhất trong toàn quốc gia.



Hình 2-3. Tổ nối dây Y/Y- 12

Thực tế chỉ sản xuất MBA có tổ nối dây I/I -12, Y/Y₀ -12, Y/Δ- 11, Y₀/Δ-11,



Hình 2-3b. Tổ nối dây Y/Δ-11

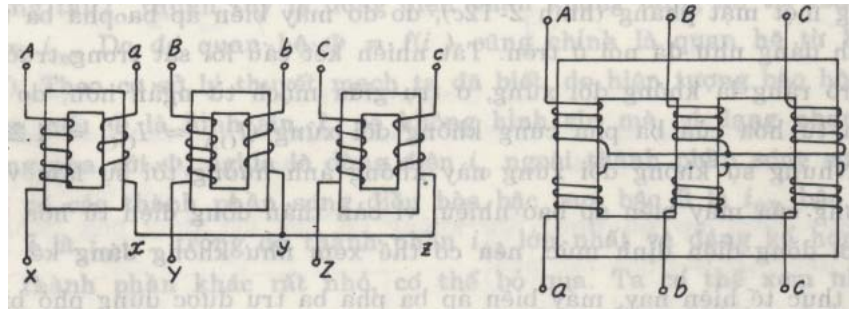
II. MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN ÁP

-Máy biến áp một pha: có mạch từ kiểu trụ và kiểu bọc.

-MBA ba pha: tùy theo sự liên quan của mạch từ các pha mà có mạch từ chung hay mạch từ riêng.

+Mạch từ riêng là hệ thống mạch từ trong đó từ thông ba pha độc lập nhau. Đó là 3 MBA một pha hai dây quấn, có các cuộn dây SC và TC được nối với nhau

theo hình sao hay tam giác gọi là tổ MBA ba pha. Loại này thường dùng cho MBA cỡ lớn (dung lượng lớn hơn 3600 kVA), vì có thể vận chuyển từng pha dễ dàng, thuận lợi.



Hình 2.4. Tổ MBA ba pha

+Mạch từ chung là hệ thống mạch từ trong đó từ thông ba pha liên quan với nhau như MBA ba pha ba trụ, MBA ba pha năm trụ. Loại này được dùng cho các máy dung lượng nhỏ và trung bình vì gọn nhẹ.

Mạch từ của MBA ba pha kiểu trụ được hình thành từ tổ MBA ba pha (hình2.5). Vì khi ghép ba MBA một pha lại, nếu điện áp ba pha đối xứng thì từ thông ở trong trụ chung bằng tổng từ thông ba pha



Hình 2.5.

$$\Sigma \Phi = \Phi_A + \Phi_B + \Phi_C = 0$$

Như vậy ở trụ ghép chung, từ thông ba pha không tồn tại ở mọi thời điểm nên có thể cắt bỏ trụ thép. Đó là mạch từ ba pha dạng không gian. Loại này ít được dùng vì kết cấu cồng kềnh và khó chế tạo. Vì vậy, để đơn giản người ta cắt ngắn trụ B để các trụ cùng nằm trên một mặt phẳng. Do mạch từ pha B ngắn hơn, nên dòng điện từ hóa của ba pha không đối xứng. $I_{0A} \approx I_{0C} = (1,2 \div 1,5)I_{0B}$. Nhưng điều đó không ảnh hưởng nhiều đến

quá trình làm việc của máy vì khi máy làm việc, dòng điện từ hóa rất nhỏ so với dòng điện định mức.

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Tổ nối dây của MBA phụ thuộc những yếu tố nào.
2. MBA 1 pha có những tổ nối dây nào.
3. Khi nào thì MBA 1pha có tổ nối dây I/I-6, I/I-12.
4. Mục đích việc xác định đầu đầu, đầu cuối cuộn dây ?
5. Đối với MBA 1 pha có cần phải xác định đầu đầu, đầu cuối không.
6. MBA 3 pha có những tổ nối dây nào. Khi đổi chiều quấn dây, đổi ký hiệu đầu dây hoặc hoán vị thứ tự các pha sẽ có những tổ nối dây nào.
7. Những tổ nối dây trong thực tế thường dùng. Tại sao chỉ nối theo các tổ nối dây đó.
8. Lập qui trình các bước xác định tổ nối dây.
9. Vẽ sơ đồ dây quấn sơ cấp và thứ cấp MBA đấu Y/Y với các tổ nối dây 2; 4; 6; 8; 10; 12.
10. Như câu 6 với kiểu đấu Δ/Y tổ nối dây 1; 3; 5; 7; 9; 11.
11. Xác định tổ nối dây của máy với sơ đồ trang 46.
12. Phạm vi sử dụng mạch từ chung, mạch từ riêng.
13. Ưu điểm của mạch từ chung. So với mạch từ riêng, trong mạch từ chung trị số nào bị ảnh hưởng.

Ban quyên © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

CHƯƠNG 3. CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY BIẾN ÁP

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này sinh viên phải :

- Lập được phương trình cân bằng sức điện động và sức từ động cho MBA.
- Chuyển đổi được các phương trình cân bằng điện áp và sức từ động từ dạng tức thời sang dạng số phức và ngược lại.
- Vẽ được mạch điện thay thế và đồ thị véctơ, hiểu ý nghĩa của chúng.
- Hiểu được mục đích, ý nghĩa và biết thực hiện nội dung của thí nghiệm ngắn mạch và không tải, ứng dụng chúng trong thực tế.

Nội dung:

I. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN

1. PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG SĐĐ

Xét MBA hai dây quấn. Đặt điện áp xoay chiều u_1 lên dây quấn sơ cấp, trong cuộn dây sẽ có dòng điện i_1 . Nếu thứ cấp có tải, sẽ có dòng điện i_2 chạy trong dây quấn thứ cấp. Dòng điện i_1 và i_2 tạo nên sức từ động $i_1 w_1$ và $i_2 w_2$. Các sức từ động này sinh ra từ thông gồm:

Từ thông chính (Φ): sinh ra sđđ chính ở dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_1}{dt} \quad \text{với} \quad \Psi_1 = L_{11}i_1 + L_{12}i_2$$

$$e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi_2}{dt} \quad \text{với} \quad \Psi_2 = L_{22}i_2 + L_{21}i_1 \quad \text{trong đó} \quad L_{21} = L_{12} = M$$

Từ thông tản (Φ_σ): khép kín qua dầu hoặc không khí.

$$e_{\sigma 1} = -w_1 \frac{d\Phi_{\sigma 1}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma 1}}{dt}; \quad e_{\sigma 2} = -w_2 \frac{d\Phi_{\sigma 2}}{dt} = -\frac{d\Psi_{\sigma 2}}{dt}$$

Vì từ thông tản chủ yếu qua môi trường không từ tính có độ từ thẩm không đổi nên coi như $\Psi_{\sigma 1}, \Psi_{\sigma 2}$ tỉ lệ với dòng điện sinh ra chúng qua các hệ số điện cảm tản $L_{\sigma 1}, L_{\sigma 2}$ là những hằng số.

$$\Psi_{\sigma 1} = L_{\sigma 1}i_1 \quad ; \quad \Psi_{\sigma 2} = L_{\sigma 2}i_2$$

Do đó các sđđ tản sẽ là:

$$e_{\sigma 1} = -L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} \quad ; \quad e_{\sigma 2} = -L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt}$$

Chọn chiều dòng, áp, s.đ.đ trong mạch sơ và thứ cấp như hình vẽ (hình 3.1a,b):



a
Mạch điện sơ cấp MBA

b
Mạch điện thứ cấp MBA

hình 3.1a,b

Theo định luật Kirschoff 2, ta có phương trình cân bằng sđđ của dây quấn sơ cấp và thứ cấp:

$$u_1 = -e_1 - e_{\sigma 1} + i_1 r_1; \quad u_2 + i_2 r_2 = e_2 + e_{\sigma 2} \text{ hay } u_2 = e_2 + e_{\sigma 2} - i_2 r_2$$

Điện áp, sđđ, dòng điện là lượng xoay chiều hình sin nên các phương trình điện áp trên có thể biểu diễn dưới dạng số phức

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{\sigma 1} + \dot{I}_1 r_1 \quad \dot{U}_2 = \dot{E}_2 + \dot{E}_{\sigma 2} - \dot{I}_2 r_2$$

và sđđ tản có thể viết

$$\begin{aligned} e_{\sigma,1} &= -L_{\sigma,1} \frac{d i_{1,m} \sin \omega.t}{dt} = -I_{1,m} \omega L_{\sigma,1} \cos \omega.t \\ &= \sqrt{2} I_1 X_1 \sin(\omega.t - \frac{\pi}{2}) = \sqrt{2} E_{\sigma 1} \sin(\omega.t - \frac{\pi}{2}) \end{aligned}$$

Hay dưới dạng số phức: $\dot{E}_{\sigma 1} = -j I_1 X_1$ với $X_1 = \omega L_{\sigma 1}$ là điện kháng tản dây quấn thứ cấp. Vậy phương trình cân bằng sđđ mạch sơ cấp và thứ cấp là:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j I_1 X_1 + \dot{I}_1 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 (r_1 + j X_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - j I_2 X_2 - \dot{I}_2 r_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 (r_2 + j X_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2$$

2. PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG SỨC TỪ ĐỘNG (STĐ)

Khi MBA làm việc có tải, từ thông chính trong máy do stđ tổng sơ cấp và thứ cấp sinh ra $F = i_1 w_1 + i_2 w_2$.

Nếu hở mạch thứ cấp hay MBA không tải có $i_2 = 0$ và dòng điện trong cuộn sơ cấp là i_0 thì từ thông trong lõi thép do stđ $F_0 = i_0 w_1$ sinh ra.

Nếu bỏ qua điện áp rơi trong MBA thì $U_1 \approx E_1 = 4,44.f.w_1.\Phi_m$ mà U_1 dù có tải hay không có tải vẫn được giữ định mức nên E_1 và Φ_m luôn luôn không đổi. Như vậy là stđ $(i_1 w_1 + i_2 w_2)$ sinh ra từ thông chính Φ_m lúc có tải phải bằng stđ $I_0 w_1$ lúc không tải để cũng đảm bảo sinh ra được từ thông Φ_m . Do đó phương trình cân bằng stđ là $i_1 w_1 + i_2 w_2 = i_0 w_1$.

Khi dòng điện biến đổi hình sin, có thể viết dưới dạng số phức

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

Chia hai vế cho w_1 có $\dot{I}_1 + \dot{I}_2 \frac{w_2}{w_1} = \dot{I}_0 \rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \left(-\frac{w_2}{w_1}\right) \dot{I}_2 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2)$

Như vậy, trong MBA, có 3 phương trình riêng rẽ mô tả cho dây quấn sơ cấp, thứ cấp và mạch từ MBA như sau:

$$U_1 = -E_1 + I_1(r_1 + jX_1) = -E_1 + I_1 Z_1$$

$$U_2 = E_2 - I_2(r_2 + jX_2) = E_2 - I_2 Z_2$$

$$I_1 = I_0 + \left(-\frac{w_2}{w_1}\right) I_2 = I_0 + (-I_2')$$

3 MẠCH ĐIỆN TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA MBA

Để đơn giản trong tính toán, ta thay thế mạch điện và mạch từ của MBA bằng một mạch điện tương đương gồm các điện trở, điện kháng đặc trưng cho MBA gọi là mạch điện thay thế của MBA.

Khi vẽ mạch điện thay thế, để có thể nối sơ cấp và thứ cấp với nhau thành một mạch điện, phải qui đổi một trong hai dây quấn về dây quấn kia để chúng có cùng một cấp điện áp.

a. Phương trình qui đổi MBA

Nhân hai vế các số hạng của phương trình thứ cấp với $K = \frac{w_1}{w_2}$ hoặc K^2/K

$$\text{Ta được: } K U_2 = K E_2 - \frac{K^2}{K} I_2 (r_2 + j X_2) = K E_2 - \frac{I_2}{K} (K^2 r_2 + j K^2 x_2) = E_2' - I_2' Z_2'$$

Trong đó: $E_2' = K \cdot E_2 = \frac{w_1}{w_2} \cdot E_2 = E_1$; $U_2' = K \cdot U_2$; $I_2' = \frac{E_2}{E_2'} I_2 = \frac{1}{K} I_2$ lần lượt gọi là s.đ.đ thứ cấp qui đổi E_2' , điện áp thứ cấp qui đổi U_2' , dòng điện thứ cấp qui đổi I_2' với hệ số qui đổi K chính là tỉ số (hay hệ số) MBA

Tương tự, điện trở, điện kháng kháng và tổng trở thứ cấp qui đổi ($r_2'; x_2', z_2'$) lần lượt như sau: $r_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 r_2 = K^2 \cdot r_2$; $x_2' = K^2 \cdot x_2$

$$z_2' = r_2' + j x_2' = K^2 (r_2 + j x_2) = K^2 \cdot z_2$$

Tổng trở tải trong mạch điện thay thế tương ứng: $Z_t' = K^2 \cdot Z_t$

Cách biến đổi tương đương trên, bảo đảm nguyên tắc cân bằng năng lượng (trước và sau khi biến đổi, năng lượng bảo toàn trong mạch điện và các phần tử :

$$E_2' \cdot I_2' = E_2 \cdot I_2 ; I_2'^2 \cdot r_2' = I_2^2 \cdot r_2$$

Vậy hệ phương trình của MBA sau khi qui đổi là: $U_1 = -E_1 + I_1 Z_1$ (1)

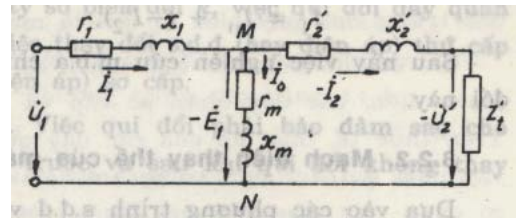
$$U_2' = E_2' - I_2' \cdot Z_2' \quad (2)$$

$$I_1 = I_0 + (-I_2') \quad (3)$$

b. Mạch điện thay thế

Từ hệ phương trình của MBA vẽ mạch điện thay thế. Ta thấy, mạch điện thay thế như một mạch 4 cực hình T có 3 nhánh:

-Nhánh sơ cấp có tổng trở $Z_1 = r_1 + jx_1$ với dòng điện chạy trong nhánh là I_1 .



Hình 3.2. mạch điện thay thế MBA

-Nhánh thứ cấp có tổng trở $Z_2 = r_2 + jx_2$ với dòng điện là I_2 .

-Nhánh từ hóa có tổng trở $Z_m = r_m + jx_m$ với dòng điện từ hóa I_0 biểu thị các hiện tượng trong lõi thép và liên hệ giữa các dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Vì từ thông chính ϕ được xem như dòng điện i_0 sinh ra, nên các từ thông móc ψ_1 và ψ_2 có thể viết dưới dạng :

$$\psi_2 = M i_0 \text{ . Từ đó } e_2 = -M \frac{di_0}{dt} \text{ (sđđ h\ddot{o} cảm)}$$

$$\psi_1 = k M i_0 \text{ . Từ đó } e_1 = -k M \frac{di_0}{dt} \text{ (sđđ h\ddot{o} cảm)}$$

Như vậy, sđđ e_1 phụ thuộc vào dòng i_0 biến thiên hình sin theo thời gian, tương tự quan hệ từ thông và sđđ, ta có thể viết:

$$E_1 = -j\omega k M I_0 = -j I_0 x_m = E'_2$$

Trong đó x_m biểu thị cho sự hổ cảm giữa mạch sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính ϕ .

Tổn hao sắt từ trong lõi thép biểu thị bằng tổn hao trên điện trở r_m đặt nối tiếp với x_m và có trị số bằng:

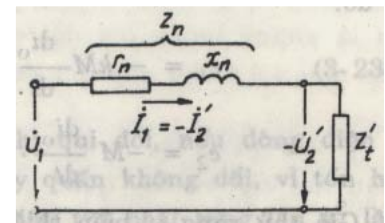
$$r_m = \frac{P_{Fe}}{I_0^2}$$

Do đó $E_1 = E'_2 = I_0(r_m + jx_m) = I_0 Z_m$. trong mạch điện thay thế , chọn chiều của E_1 (= E'_2) ngược chiều I_0 .

Mạch điện thay thế trên gọi là mạch điện thay thế toàn phần MBA (còn gọi là mạch điện hình T)

c. Mạch điện thay thế đơn giản

Thực tế $Z_m \gg Z_1$ và Z_2 nên trong nhiều trường hợp có thể xem $Z_m = \infty$, nghĩa là $I_0 = 0$, do đó $I_1 = I_2$ và MBA có thể thay thế bằng một mạch điện đơn giản với tổng trở đẳng trị của mạch sơ cấp và thứ cấp gọi là tổng trở ngắn mạch



Hình 3.3. mạch điện

thay thế đơn giản MBA

$$Z_n = r_n + jx_n; \quad r_n = r_1 + r'_2; \quad x_n = x_1 + x'_2$$

Phương trình mô tả MBA trong trường hợp này là:

3. ĐỒ THỊ VÉC TƠ CỦA MBA

Biểu diễn các đại lượng của MBA bằng đồ thị véctơ ta có thể biết được quan hệ về trị số, về góc pha giữa các đại lượng vật lý trong MBA như từ thông, sđđ, dòng điện.

Cách thiết lập : Vẽ véctơ Φ_m theo chiều dương trục hoành, dòng điện không tải I_0 sinh ra vượt trước từ thông góc α . Từ thông sinh ra sđđ $E_1 = E_2'$ chậm sau nó góc 90° . Nếu tải mang tính chất tải thì I_2 chậm sau E' góc φ_2 với

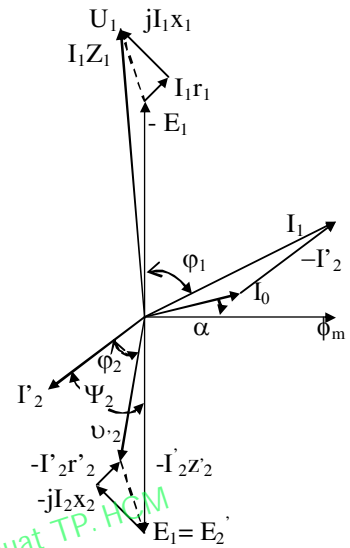
$$\varphi_2 = \arctg \frac{x'_2 + x'_t}{r'_2 + r'_t}$$

Cộng véctơ I_0 và $(-I_2')$ được I_1 . Cộng theo phương

trình (1) sẽ được U_1 , theo phương trình (2) được U_2 .

Nhận xét: Khi tải có tính chất cảm thì điện áp

$U_2 < E_2'$ và U_2 vượt trước I_2 góc φ_2 .



Hình 3.4. Đồ thị vectơ của MBA (tải có tính chất điện cảm)

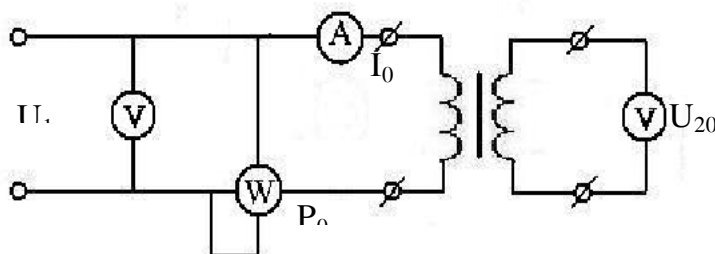
4. XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MBA

Có hai cách để xác định tham số MBA là bằng thí nghiệm và bằng tính toán. Ta xét cách xác định bằng thí nghiệm.

a. Thí nghiệm không tải

Thí nghiệm này để kiểm tra kỹ thuật quá trình chế tạo MBA. Từ trị số dòng điện không tải và công suất tổn hao có thể xác định chất lượng vật liệu, chọn tiết diện và số vòng dây quấn có phù hợp không. Đồng thời từ trị số U_{20} kiểm tra lại hệ số.

-Sơ đồ thí nghiệm:



Hình 3.5. Sơ đồ thí nghiệm không tải MBA

-Thí nghiệm: đặt điện áp hình sin $U_1 = U_{1dm}$ vào dây quấn sơ cấp, để hở mạch thứ cấp. Từ các dụng cụ đo ta có trị số $U_1; U_{20}; I_0; P_0$

-Tính: $Z_0 = \frac{U_1}{I_0}; r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}; x_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}; K = \frac{w_1}{w_2} = \frac{U_1}{U_{20}}; \cos\phi = \frac{P_0}{I_0 \cdot U_1}$

-Vẽ mạch điện thay thế: Khi không tải $I_2 = 0$ nên không có nhánh thứ cấp.

$Z_0 = |Z_1 + Z_m|; r_0 = r_1 + r_m; x_0 = x_1 + x_m$

Trong MBA điện lực thường $r_1 \ll r_m$ và $x_1 \ll x_m$ nên coi như :

$Z_0 \approx Z_m; r_0 \approx r_m; x_0 \approx x_m$

Vì vậy công suất lúc không tải P_0 coi như là tổn hao sắt do từ trễ và dòng điện xoáy trong lõi thép gây nên. Nghĩa là: $P_0 = P_{Fe}$

Từ $U_1 \approx E_1 = 4,44.f.w_1.\Phi_m$, vì U_1 đặt vào không đổi nên từ thông là không đổi hay từ cảm B không đổi, do đó tổn hao sắt hay tổn hao không tải không đổi.

Hệ phương trình khi không tải:

$U_1 = -E_1 + I_1 Z_1; U_{20} = E_2'$

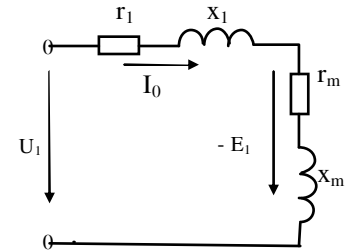
$I_1 = I_0; -E_1 = -E_2' = I_0 Z_m$

-Đồ thị véctơ: Từ hệ phương trình vẽ đồ thị theo phương pháp trên. Từ đồ thị sẽ thấy góc lệch pha giữa U_1 và I_0 là $\phi \approx 90^\circ$. Nghĩa là hệ số công suất lúc không tải rất thấp, thường $\cos\phi \leq 0,1$. Vì vậy, không nên để MBA vận hành không tải hoặc non tải vì lúc đó nó làm xấu hệ số công suất của lưới.

b. Thí nghiệm ngắn mạch

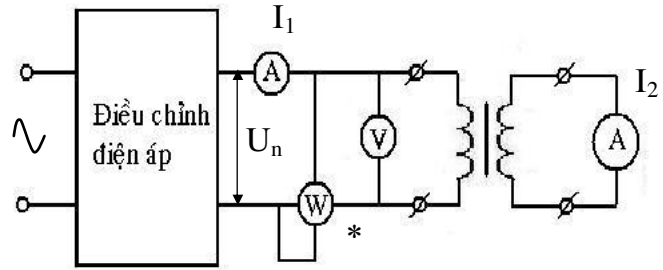
-Sơ đồ thí nghiệm: Do thứ cấp nối ngắn mạch nên điện áp đặt vào phải hạ thấp sao cho dòng điện trong máy lúc này bằng dòng điện định mức.

-Thí nghiệm đo được: $U_n; I_n; P_n$

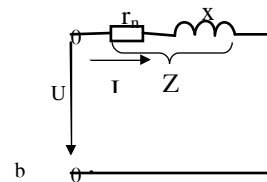
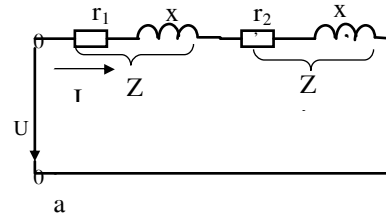


Hình3.6 .Mạch điện thay thế MBA không tải

Ban quyền © Trường ĐH Su pham Ky thuat HCM



Hình 3.7. Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch MBA



Hình3.8a,b .Mạch điện thay thế MBA ngắn

-Tính: $Z_n = \frac{U_n}{I_n}$; $r_n = \frac{P_n}{I_n^2}$; $x_n = \sqrt{Z_n^2 - r_n^2}$

-Mạch điện thay thế: Vì điện áp đặt vào U_1 phải giảm nhỏ nên từ thông nhỏ. Nghĩa là dòng từ hóa rất nhỏ so với dòng điện ngắn mạch. Vì vậy mạch thay thế có thể bỏ qua mạch từ hóa, chỉ còn lại tổng trở sơ cấp và thứ cấp và được thay thế bằng tổng trở đẳng trị gọi là tổng trở ngắn mạch của MBA

$$Z_n = Z_1 + Z'_2; \quad r_n = r_1 + r'_2; \quad x_n = x_1 + x'_2$$

Phương trình mô tả trong trường hợp này như sau:

$$U_1 = U_n = I_n r_1 + j I_n x_1 + I_n r'_2 + j I_n x'_2$$

$$= I_n Z_1 + I_n Z'_2 = I_n r_n + j I_n x_n = I_n Z_n$$

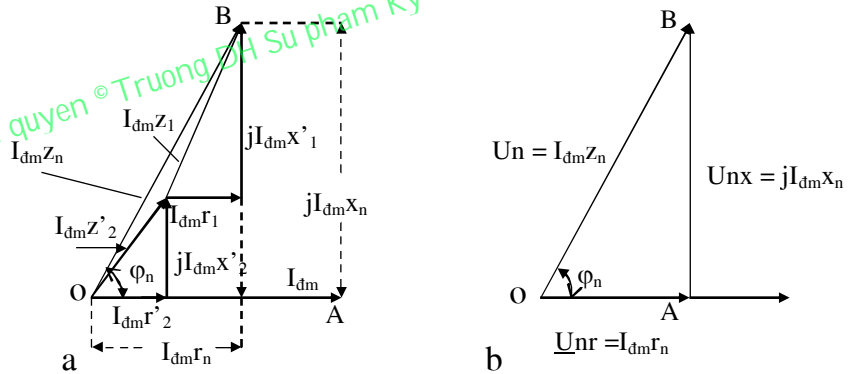
Vì dòng điện từ hóa I_0 rất nhỏ nên coi công suất lúc ngắn mạch là công suất dùng để bù vào tổn hao đồng trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

$$P_n = P_{Cu1} + P_{Cu2} = I_{1,n}^2 r_1 + I_{2,n}^2 r'_2$$

$$\text{Vì } I_n = I_{1,n} = I_{2,n} \text{ nên } P_n = I_{1,n}^2 (r_1 + r'_2) = I_{1,n}^2 r_n$$

-Đồ thị vectơ:

Từ mạch điện thay thế ta có: điện áp đặt vào lúc ngắn mạch cân bằng với điện áp rơi trên điện trở và điện kháng. Nghĩa là điện áp ngắn mạch gồm 2 thành phần:



Hình a) Đồ thị vectơ MBA ngắn mạch. b) Tam giác điện áp ngắn mạch

Điện áp rơi trên điện trở:

$$U_{nr} = I_n \cdot r_n$$

Điện áp rơi trên điện kháng: $U_{nx} = I_n \cdot x_n$

Vẽ đồ thị vectơ với $I_n = I_{dm}$. Ta có tam giác vuông OAB gọi là tam giác điện áp ngắn mạch.

Như vậy điện áp ngắn mạch là một đại lượng đặc trưng cho điện trở và điện kháng tản của MBA.

Trong MBA 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.

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm} Z_n}{U_{dm}} \cdot 100$$

Trong đó: $U_{nr} \% = \frac{U_{nr}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm} r_n}{U_{dm}} \cdot 100$ và $U_{nx} \% = \frac{U_{nx}}{U_{dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm} x_n}{U_{dm}} \cdot 100$

$$\text{Hoặc tính: } U_{nr} \% = \frac{I_{dm} \cdot r_n}{U_{dm}} \cdot \frac{I_{dm}}{I_{dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm} \cdot r_n}{S_{dm}} \cdot 100 = \frac{P_n [W]}{10 \cdot S_{dm} [kVA]}$$

Thường $U_n \% = 5,5$ đến 15

Cần chú ý khi làm thí nghiệm ngắn mạch điện áp đặt vào nhỏ nên dòng điện ngắn mạch thí nghiệm chỉ là $I_n = I_{dm}$. Nhưng khi ngắn mạch sự cố, máy đang làm việc với điện áp định mức nên dòng điện ngắn mạch rất lớn. Khi đó gọi là ngắn mạch sự cố

$$I_n = \frac{U_{dm}}{Z_n} \quad \text{hay} \quad I_n = \frac{U_{dm}}{Z_n \cdot \frac{I_{dm}}{I_{dm}} \cdot 100} \cdot 100 = \frac{I_{dm}}{\frac{Z_n \cdot I_{dm}}{I_{dm}} \cdot 100} \cdot 100 = \frac{I_{dm}}{U_n \%} \cdot 100$$

Ví dụ : với MBA có $U_n \% = 10$ thì $I_n = \frac{I_{dm}}{10} \cdot 100 = 10 \cdot I_{dm}$

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Biểu diễn đường từ thông chính đi trong lõi thép kiểu trụ, kiểu bọc đối với MBA 1 pha và 3 pha, từ thông tản mọc vòng qua không khí hoặc dầu.
2. Biểu thức sức điện động cảm ứng được sinh ra bởi từ thông chính và từ thông tản trong cuộn sơ cấp và thứ cấp.
3. Viết phương trình theo định luật Kirkhoff 2 cho mạch vòng cuộn sơ cấp và thứ cấp dạng tức thời, chuyển phương trình sang dạng số phức.
4. Sức từ động sinh ra trong máy khi có tải và khi không tải có bằng nhau không.
5. Tại sao khi tăng dòng điện thứ cấp thì dòng điện sơ cấp lại tăng lên? Lúc đó từ thông trong MBA có thay đổi không.
6. Mục đích qui đổi các đại lượng của MBA.
7. Điều kiện khi qui đổi.
8. Có thể qui đổi sơ cấp sang thứ cấp và ngược lại từ thứ cấp sang sơ cấp được không? Thực tế thường qui đổi như thế nào.
9. Hệ số qui đổi điện áp, sức điện động, điện trở, điện kháng và tổng trở.
10. Viết phương trình cân bằng sức điện động sau khi qui đổi
11. Từ các phương trình cân bằng có thể nhận xét tổng quát mạch điện thay thế có mấy nhánh.
12. Biểu diễn các đại lượng của phương trình cân bằng sức điện động mạch vòng sơ cấp bằng phần tử mạch điện.
13. Cũng như vậy vẽ cho mạch thứ cấp.
14. Viết biểu thức tính $-E_1$ và $-E_2$
15. Tổng trở ngắn mạch và mạch điện thay thế của MBA.
16. Từ 2 đồ thị véc tơ của mba khi tải có tính chất điện cảm và tính chất điện dung rút ra những kết luận về điện áp, sức điện động, góc lệch pha φ . Các đại lượng thay đổi thế nào khi tính chất tải thay đổi.

17. So sánh giữa 2 đồ thị.
18. Có những cách nào để xác định tham số của MBA.
19. Mục đích của thí nghiệm không tải và ngắn mạch.
20. Qua thí nghiệm không tải xác định được những số liệu nào.
21. Như câu 3 với thí nghiệm ngắn mạch.
22. Làm thế nào để xác định được tham số từ hóa của MBA.
23. Thực chất của dòng điện không tải, tổn hao không tải là gì.
24. Tại sao khi dung lượng MBA nhỏ thì dòng điện không tải lại lớn
25. Khi không tải, tăng điện áp đặt vào MBA, $\cos \varphi$ của máy thay đổi như thế nào.
26. Làm thế nào để xác định được tổng trở cuộn sơ cấp và thứ cấp của MBA.
27. Tổn hao ngắn mạch là tổn hao gì.
28. Khi thí nghiệm ngắn mạch tại sao phải hạ điện áp xuống, thường bằng bao nhiêu. Nếu khi đó đặt điện áp định mức vào máy sẽ có hiện tượng gì xảy ra.
29. Ý nghĩa của điện áp ngắn mạch.
30. Trị số tổng trở ngắn mạch ảnh hưởng như thế nào đến dòng điện ngắn mạch của MBA.

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Một máy biến áp 3 pha nối Y/ Δ có $S_{dm} = 60$ kVA; $U_{1dm} = 35$ kV; $U_{2dm} = 400$ V; $I_0 \% = 11$ %; $U_n \% = 4,55$; $P_o = 502$ W; $P_n = 120$ W. Tính dòng điện định mức, dòng điện không tải, hệ số công suất không tải, điện áp ngắn mạch U_n , hệ số công suất ngắn mạch $\cos \varphi_n$.

Gợi ý

S_{dm} : công suất định mức biểu kiến, thường được ghi trên thùng của máy biến áp.

$$S_{dm} = \sqrt{3} \cdot U_{1dm} \cdot I_{1dm} = \sqrt{3} \cdot U_{2dm} \cdot I_{2dm} \quad (\text{VA}).$$

$U_n \%$: điện áp đặt vào dây quấn cao áp U_n sao cho dòng điện máy biến áp là định mức khi cuộn hạ áp nối ngắn mạch, thường gọi điện áp ngắn mạch phần trăm.

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{dm}} \cdot 100\%$$

I_n : dòng điện ngắn mạch chạy trong dây quấn hạ áp khi nối ngắn mạch.

P_o : tổn hao công suất lúc không tải do từ hoá lõi thép.

P_n : tổn hao công suất lúc ngắn mạch do nội trở của dây quấn của máy biến áp.

BÀI GIẢI

Dòng điện định mức sơ cấp và thứ cấp:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1dm}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3} = 1 \quad (\text{A}).$$

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{2dm}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 8,66 \text{ (A)}.$$

Trị số dòng điện lúc không tải:

$$I_o = I_{1dm} \cdot \frac{I_o \%}{100} = 1 \cdot \frac{11}{100} = 0,11 \text{ (A)}.$$

Hệ số công suất khi không tải:

$$\cos \varphi_o = \frac{P_o}{\sqrt{3} \cdot U_o \cdot I_o} = \frac{502}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 0,11} = 0,075$$

Điện áp ngắn mạch dây của máy biến áp là:

$$U_{1n} = U_{1dm} \cdot \frac{U_n \%}{100} = 35000 \cdot \frac{4,55}{100} = 1592 \text{ (V)}.$$

Điện áp ngắn mạch pha của máy biến áp là:

$$U_{1np} = U_{1pdm} \cdot \frac{U_n \%}{100} = \frac{35000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{4,55}{100} = 919,5 \text{ (V)}.$$

Hệ số công suất lúc ngắn mạch:

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot I_{1dm}} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 1592 \cdot 1} = 0,435$$

BÀI TẬP 2

Máy biến áp 3 pha có các số liệu sau: $S_{dm} = 5600 \text{ kVA}$, $U_1/ U_2 = 35000/66000 \text{ V}$, $I_1/ I_2 = 92,5/490 \text{ A}$, $P_o = 18,5 \text{ kW}$, $I_o = 4,5 \%$, $U_n = 7,5 \%$, $P_n = 57 \text{ kW}$, $f = 50 \text{ Hz}$, đấu dây $Y\Delta_{11}$. Hãy xác định:

a/ Các tham số máy biến áp lúc không tải: z_o , r_o và x_o .

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

Gợi ý

Thí nghiệm không tải: hở mạch dây quấn thứ cấp, sử dụng W_{met} , V_{met} , A_{met} để đo điện áp sơ cấp U_1 , điện áp thứ cấp U_{20} , dòng điện không tải I_o và tổn hao không tải P_o .

Từ đó tính được tổng trở (điện trở và điện kháng) máy biến áp lúc không tải như sau:

$$z_o = \frac{U_1}{I_o} ; r_o = \frac{P_o}{I_o^2} ; x_o = \sqrt{z_o^2 - r_o^2}$$

Thí nghiệm ngắn mạch: nối tắt dây quấn thứ cấp và điện áp vào sơ cấp phải giảm nhỏ để dòng điện trong máy biến áp là định mức. Các tham số ngắn mạch được xác định theo các biểu thức sau:

$$z_n = \frac{U_n}{I_n} ; r_n = \frac{P_n}{I_n^2} ; x_n = \sqrt{z_n^2 - r_n^2}$$

BÀI GIẢI

a/ Điện áp pha sơ cấp:

$$U_{1f} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{35000}{\sqrt{3}} = 20200 \text{ (V)}.$$

Dòng điện pha không tải:

$$I_{of} = 0,045 \cdot I = 0,045 \cdot 92,5 = 4,16 \quad (\text{A}).$$

Các tham số không tải:

$$z_o = \frac{U_{lf}}{I_{of}} = \frac{20200}{4,16} = 4850 \quad (\Omega).$$

$$r_o = \frac{P_o}{3 \cdot I_{of}^2} = \frac{18500}{3 \cdot 4,16^2} = 356 \quad (\Omega).$$

$$x_o = \sqrt{z_o^2 - r_o^2} = \sqrt{4850^2 - 356^2} = 4700 \quad (\Omega).$$

b/ Điện áp pha ngắn mạch tính từ phía sơ cấp:

$$U_{1n} = U_{lf} \cdot u_n = 20200 \cdot 0,075 = 1520 \quad (\text{V}).$$

Các tham số ngắn mạch:

$$\text{Tổng trở không tải: } z_n = \frac{U_{1n}}{I_{lf}} = \frac{1520}{92,5} = 16,4 \quad (\Omega).$$

$$\text{Điện trở: } r_n = \frac{P_n}{3 \cdot I_{lf}^2} = \frac{57000}{3 \cdot 92,5^2} = 1,8 \quad (\Omega).$$

$$\text{Điện kháng: } x_n = \sqrt{z_n^2 - r_n^2} = \sqrt{16,4^2 - 1,8^2} = 16,3 \quad (\Omega).$$

Các thành phần của điện áp ngắn mạch phần trăm:

Thành phần tác dụng:

$$U_{nr} \% = \frac{I_{lf} \cdot r_n}{U_{lf}} \cdot 100\% = \frac{92,5 \cdot 1,8}{20200} \cdot 100\% = 0,825$$

Thành phần phản kháng:

$$U_{nx} \% = \frac{I_{lf} \cdot x_n}{U_{lf}} \cdot 100\% = \frac{92,5 \cdot 16,3}{20200} \cdot 100\% = 7,45$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Xác định tham số máy biến áp một pha khi có các số liệu sau: công suất định mức $S_{dm} = 400 \text{ kVA}$, điện áp định mức sơ cấp $U_{1dm} = 6 \text{ kV}$, điện áp định mức thứ cấp $U_{2dm} = 0,131 \text{ kV}$, tổn hao không tải $P_o = 2,3 \text{ kW}$, tổn hao ngắn mạch $P_n = 9,1 \text{ kW}$, dòng điện không tải $I_o \% = 7,3 \%$, điện áp ngắn mạch $U_n \% = 5,4 \%$. Biết tổng trở thứ cấp đã qui đổi về phía sơ cấp bằng tổng trở cuộn dây sơ cấp, tức là $r_1 = r_2'$, $x_1 = x_2'$.

$$\text{ĐS: } r_1 = 1,025 \Omega; x_1 = 2,2 \Omega; r_2 = 0,0005 \Omega; x_2 = 0,001 \Omega.$$

Bài 2

Máy biến áp một pha khi có các số liệu sau: công suất định mức $S_{dm} = 2500 \text{ VA}$, điện áp định mức sơ cấp $U_{1dm} = 220 \text{ V}$, điện áp định mức thứ cấp $U_{2dm} = 127 \text{ V}$. Kết quả thí nghiệm không tải $U_{10} = 220 \text{ V}$, $P_o = 30 \text{ W}$, dòng điện không tải $I_o = 1,4 \text{ A}$. Kết quả thí nghiệm ngắn mạch: tổn hao ngắn mạch $P_n = 80 \text{ W}$, điện áp ngắn mạch $U_n = 8,8 \text{ V}$, $I_n = I_{1dm} = 11,35 \text{ A}$. Hãy tính các thông số máy biến áp, biết: $r_1 = r_2'$, $x_1 = x_2'$.

$$\text{ĐS: } r_1 = 0,31 \Omega; x_1 = 0,2 \Omega; r_2 = 0,1 \Omega; x_2 = 0,08 \Omega.$$

CHƯƠNG 4: MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC Ở TẢI XÁC LẬP ĐỐI XỨNG

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này SV phải :

- Hiểu được quá trình năng lượng trong máy thông qua giản đồ năng lượng.
- với các thành phần công suất và công suất tổn hao qua các bộ phận của máy.
- Biết tính hiệu suất MBA.
- Giải thích được nguyên nhân gây sụt áp khi MBA có tải và tính được độ sụt áp của máy khi thay đổi phụ tải.
- Chứng minh được sự cần thiết phải đáp ứng các điều kiện khi ghép MBA làm việc song song .
- Biết vận dụng các điều kiện ghép MBA làm việc song song để chọn máy trong những trường hợp cụ thể.
- Giải được các bài toán về tính hệ số tải thực tế, tính phụ tải cho phép khi ghép nhiều máy song song, tính các tổn hao trong máy.

Nội dung:

I. QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG TRONG MBA

Khi điện áp các pha của MBA là đối xứng và tải ở chế độ xác lập đối xứng thì dòng điện ở các pha bằng nhau. Do đó, ta có thể xét riêng đối với một pha.

1. CÔNG SUẤT TÁC DỤNG

Công suất đưa vào một pha của MBA ($P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$) sẽ bị tiêu hao trên điện trở của dây quấn sơ cấp ($P_{Cu,1} = I_1^2 r_1$) và trong lõi thép ($P_{Fe} = I_0^2 r_m$). Phần còn lại là công suất truyền sang phía thứ cấp

$$P_{dt} = P_1 - P_{Cu,1} - P_{Fe} = E'_2 I'_2 \cos \varphi_2$$

Công suất điện từ sẽ bị tiêu hao một phần trên điện trở của dây quấn thứ cấp ($P_{Cu,2} = I_2^2 r_2$) và phần còn lại là công suất đầu ra ở thứ cấp MBA

$$P_2 = P_{dt} - P_{Cu,2} = U_2 I_2 \cos \varphi_2$$

2. CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

Công suất đưa vào $Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$ sẽ tiêu hao một phần để tạo từ trường tản của dây quấn sơ cấp $q_1 = I_1^2 x_1$ và từ trường trong lõi thép $q_m = I_0^2 x_m$. Phần còn lại đưa sang thứ cấp

$$Q_{dt} = Q_1 - q_1 - q_m = E'_2 I'_2 \sin \varphi_2$$

Sau đó có tổn hao trên dây quấn thứ cấp để tạo từ trường tản $q_2 = I_2^2 x_2$. Phần còn lại là công suất phản kháng đầu ra

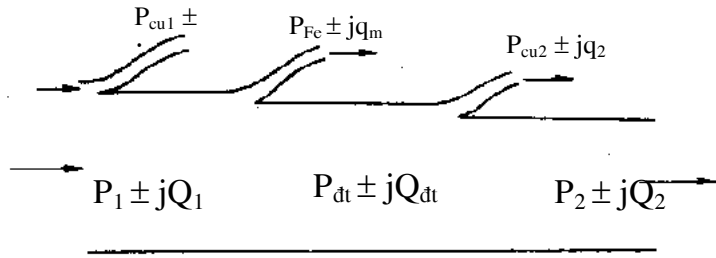
$$Q_2 = Q_{dt} - q_2 = U_2 I_2 \sin \varphi_2$$

Khi tải có tính chất cảm ($\varphi_2 > 0$) thì $Q_2 > 0$. Lúc đó $Q_1 > 0$ và công suất phản kháng truyền từ sơ cấp sang thứ cấp.

Khi tải có tính chất dung ($\varphi_2 < 0$) thì $Q_2 < 0$, do vậy:

Nếu $Q_1 < 0$: thì công suất phản kháng truyền từ thứ cấp sang sơ cấp

Nếu $Q_1 > 0$: toàn bộ công suất phản kháng từ hai phía thứ cấp và sơ cấp đều dùng để từ hóa MBA.



Hình 4.1. Giản đồ năng lượng MBA

Giản đồ biến đổi và cân bằng năng lượng tương ứng xem hình 4.1

II. ĐỘ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP VÀ CÁCH ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP

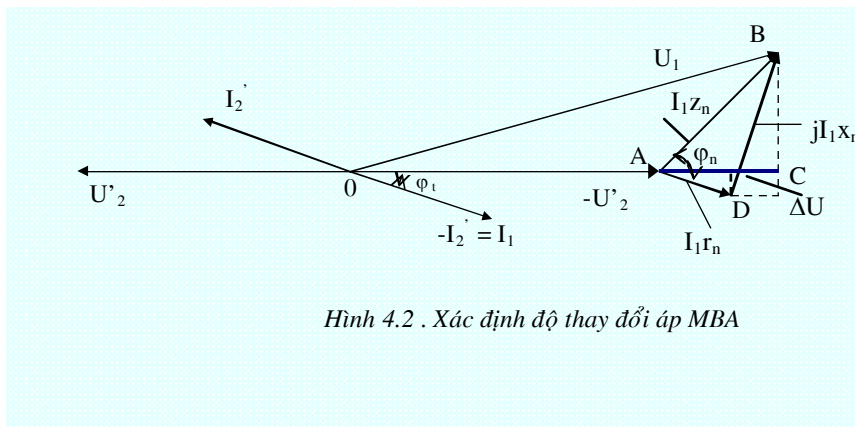
1. ĐỘ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP

Khi Mba làm việc, do có điện áp rơi trên dây quấn sơ cấp và thứ cấp nên điện áp đầu ra U_2 thay đổi theo trị số và tính chất điện cảm hoặc điện dung của tải. Hiệu số học giữa các trị số của điện áp thứ cấp lúc không tải U_{20} và lúc có tải U_2 , trong điều kiện U_{1dm} không đổi gọi là độ thay đổi điện áp ΔU của MBA.

$$\text{Trong hệ đơn vị tương đối ta có: } \Delta U_* = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} = \frac{U_{20} - U_2'}{U_{20}'} = \frac{U_{1dm} - U_2'}{U_{1dm}}$$

Có thể dựa vào phương trình, đồ thị vectơ mạch điện thay thế đơn giản (hình 4.2) để tính độ thay đổi áp như sau:

$$\text{Phương trình MBA } U_1 = -U_2' - I_2' r_n - j I_2' x_n = -U_2' + I_1' r_n + j I_1' x_n$$



Hình 4.2. Xác định độ thay đổi áp MBA

Trên đồ thị, coi $\Delta U = OC - OA = AC$. Mà $AC = AB \cos(\varphi_n - \varphi_t)$; với $\varphi_n = \angle BAD$ là góc tổng trở ngắn mạch; $\varphi_t = \varphi_2 = \angle DAC$ là góc tải, có thể tính theo: $\varphi_t = \arctg(x_t / r_t)$

Triển khai theo hệ thức lượng giác, ta có:

$$\Delta U = I_1 z_n \cos(\varphi_n - \varphi_t) = I_1 z_n \cos \varphi_n \cos \varphi_t + I_1 z_n \sin \varphi_n \sin \varphi_t$$

Thay $I_1 = (I_1 / I_{1dm}) \cdot I_{1dm} = k_t \cdot I_{1dm}$, với $k_t = I_1 / I_{1dm}$ là hệ số tải MBA, ta được:

$$\Delta U = k_t (I_{1dm} Z_n \cos \varphi_n \cos \varphi_t + I_{1dm} Z_n \sin \varphi_n \sin \varphi_t);$$

$$\text{vì } I_{1dm} Z_n \cos \varphi_n = U_{nr}; I_{1dm} Z_n \sin \varphi_n = U_{nx}$$

nên: $\Delta U = k_t (U_{nr} \cos \varphi_t + U_{nx} \sin \varphi_t)$; tính theo phần trăm, chia hai vế cho U_{1dm} , ta có:

$$\Delta U \% = k_t (U_{nr} \% \cos \varphi_t + U_{nx} \% \sin \varphi_t);$$

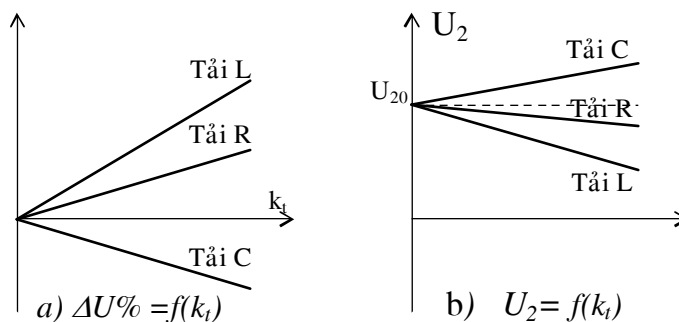
trị số ΔU có thể cực đại, dương,

âm phụ thuộc vào trị số và tính chất của tải (xem đồ thị hình

2. ĐẶC TÍNH NGOÀI MBA.

Quan hệ $U = f(k_t)$ hay $U = f(I)$, với I là dòng tải, k_t là hệ số tải MBA như trên hình 4.3

Đặc tính ngoài có thể xây dựng bằng thực nghiệm hoặc tính toán theo mạch điện thay thế MBA.



Hình 4.3.a,b. Đặc tính ngoài

3. Cách điều chỉnh điện áp

Để giữ cho điện áp ra của máy không đổi khi tải và tính chất của tải thay đổi, phải tiến hành điều chỉnh số vòng dây quấn. Thường tiến hành điều chỉnh số vòng dây cuộn cao áp vì dòng điện trong cuộn cao áp nhỏ hơn so với dòng điện trong cuộn hạ áp nên thiết bị điều chỉnh đơn giản hơn. Có những cách điều chỉnh sau:

Điều chỉnh khi máy ngừng làm việc: thường được thực hiện khi điều chỉnh điện áp thứ cấp theo đồ thị tải hàng năm. Phạm vi điều chỉnh $\pm 2,5\% U_{dm}$ và $\pm 5\% U_{dm}$.

Do đổi nối khi máy ngừng làm việc nên thiết bị đổi nối đơn giản. Các MBA này gọi là MBA điều chỉnh không kích thích.

Điều chỉnh khi máy làm việc: điện áp được điều chỉnh từng 1% trong phạm vi $\pm 10\% U_{dm}$. Do điều chỉnh có tải nên thiết bị đổi nối phức tạp và phải có cuộn kháng để hạn chế dòng điện ngắn mạch của phần dây quấn bị nối ngắn mạch. Các MBA này gọi là MBA điều chỉnh dưới tải.

III. HIỆU SUẤT CỦA MBA

$$\text{Hiệu suất của MBA: } \eta \% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} \cdot 100$$

Trong đó: ΔP là tổng tổn hao trong MBA, bao gồm:

- P_{Cu} : Tổn hao trên điện trở dây quấn sơ cấp và thứ cấp.

Tổn hao do dòng điện xoáy trên vách thùng dầu và các bulong ghép

- P_{Fe} : Do dòng điện xoáy và từ trễ trong MBA

$$\eta \% = \left(1 - \frac{\Delta P}{P_1} \right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{P_{Cu} + P_{Fe}}{P_2 + P_{Cu} + P_{Fe}} \right) \cdot 100$$

Cách tính này dùng khi thiết kế.

Khi vận hành thường thì hiệu suất thông qua tổn hao không tải và tổn hao ngắn mạch là các trị số thường ghi trong lý lịch của máy.

Tổn hao sắt từ trong lõi thép (P_{Fe}): với điều kiện $U_1 = \text{const}$ khi tải thay đổi, từ thông trong lõi thép thay đổi rất ít nên xem như tổn hao sắt không phụ thuộc vào tải và bằng tổn hao không tải $P_{Fe} = P_0$.

Tổn hao đồng ở dây quấn phụ thuộc vào I_2 vì ($p_{Cu} = I_2^2 r_n$), có thể biểu thị theo tổn hao ngắn mạch $P_n = I_{2dm}^2 r_n$ như sau:

$$P_{Cu} = I_2^2 r_n = I_{2dm}^2 r_n \left(\frac{I_2}{I_{2dm}} \right)^2 = \beta^2 \cdot P_n$$

Công suất: $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$ Với $U_2 \approx U_{20} \rightarrow S_{dm} = U_{20} I_{2dm} \approx U_2 I_{2dm}$

nên
$$P_2 = \frac{I_{2dm}}{I_{2dm}} U_2 I_2 \cos \varphi_2 \approx \beta \cdot S_{dm} \cos \varphi_2$$

Từ đó ta có:
$$\eta\% = \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_n}{\beta \cdot S_{dm} \cos \varphi_2 + P_0 \beta^2 P_n} \right) \cdot 100$$

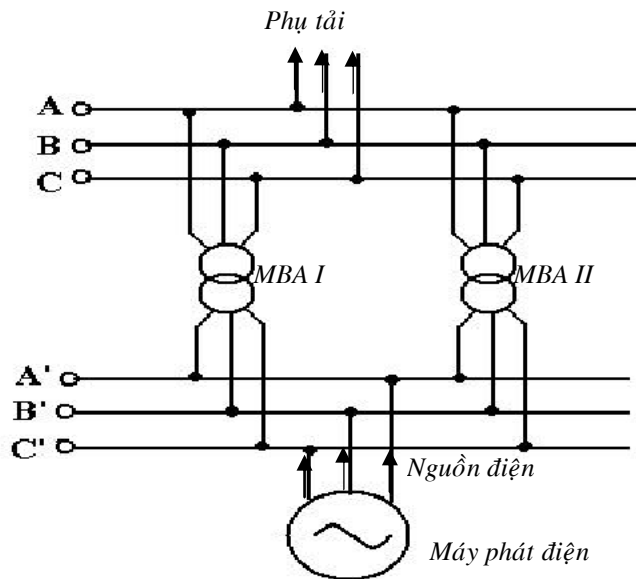
Nếu $\cos \varphi_2 = \text{const}$ thì hiệu suất phụ thuộc hệ số tải β và hiệu suất có giá trị cực đại ở hệ số tải nào đó ứng với điều kiện:

$$\frac{d\eta}{d\beta} = 0 \rightarrow \beta = \sqrt{\frac{P_0}{P_n}} \rightarrow P_0 = \beta^2 \cdot P_n$$

Như vậy hiệu suất của máy sẽ cực đại ở một tải nhất định ứng với khi tổn hao không đổi bằng tổn hao biến đổi hay là tổn hao sắt bằng tổn hao đồng.

Thông thường MBA làm việc ở hệ số tải $\beta = 0,5 \div 0,7$ nên người ta thiết kế để hiệu suất đạt giá trị lớn nhất ở trong giới hạn của β . Muốn vậy cấu tạo MBA phải đảm bảo sao cho

$$\frac{P_0}{P_n} \approx 0,25 \div 0,5$$



Hình 4.4..MBA làm việc song song

IV. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG

Khi ghép các MBA làm việc song song, máy sẽ làm việc tốt nhất nếu điện áp thứ cấp bằng nhau về trị số và trùng pha nhau về góc pha và tải phân phối theo tỉ lệ công suất máy giống nhau (hay hệ số tải bằng nhau). Muốn vậy phải có các điều

kiện: cùng tổ nối dây, tỉ số biến đổi bằng nhau, trị số điện áp ngắn mạch bằng nhau. Nếu các điều kiện không được đảm bảo sẽ làm ảnh hưởng đến sự làm việc song song của máy. Ta xét ảnh hưởng của từng điều kiện như sau:

1. ĐIỀU KIỆN CÙNG TỔ NỐI DÂY.

Khi MBA làm việc song song có các tổ nối dây không giống nhau thì giữa các điện áp thứ cấp có góc lệch pha.

VD: Máy I có tổ nối dây $Y/\Delta-11$, máy II có tổ nối dây $Y/Y-12$

Điện áp thứ cấp của hai máy lệch nhau 30^0 nên trong mạch nối liền thứ cấp hai máy có sđđ: $\Delta E = 2E \sin 15^0 = 0,518.E_2$

Như vậy khi không tải trong dây quấn sơ cấp và thứ cấp của máy có dòng điện

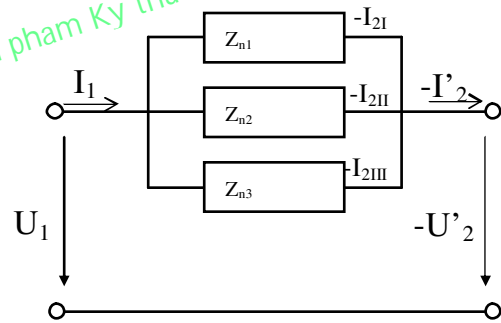
$$I_{cb} = \frac{\Delta E}{Z_{nI} + Z_{nII}} \quad \text{giả sử } Z_{nI} = Z_{nII} = 0,05 \quad \text{thì } I_{cb} = \frac{0,518.E_2}{0,05 + 0,05} = 5,18.E$$

Dòng điện cân bằng lớn gấp 5 lần dòng điện định mức sẽ làm hỏng MBA.

2. ĐIỀU KIỆN TỈ SỐ BIẾN ĐỔI BẰNG NHAU

Nếu tỉ số biến đổi K khác nhau nghĩa là $E_{2I} \neq E_{2II}$, trong dây quấn thứ cấp các máy có dòng điện cân bằng, sinh ra bởi $\Delta E = E_{2I} - E_{2II}$. Dòng điện này chạy

trong dây quấn của các MBA theo chiều ngược nhau và tồn tại ngay khi không tải. Vì trong dây quấn điện kháng rất lớn so với điện trở nên dòng điện cân bằng chậm sau sđđ ΔE góc 90^0 . Điện áp rơi trên dây quấn MBA do dòng điện cân bằng sinh ra sẽ bù trừ với các điện áp E_{2I} và E_{2II} . Kết quả là trên mạch thứ cấp sẽ có điện áp thống nhất U_2 , Khi có tải, dòng điện cân bằng sẽ cộng với dòng điện tải. Kết quả là hệ số tải của các máy khác nhau làm ảnh hưởng tới việc lợi dụng công suất của máy.



Hình 45. Mạch thay thế MBA làm việc song song

Vì vậy qui định hệ số biến áp của các máy ghép song song không được khác nhau quá 0,5% trị số trung bình của chúng.

3. ĐIỀU KIỆN TRỊ SỐ ĐIỆN ÁP NGẮN MẠCH BẰNG NHAU

Khi MBA làm việc song song, cần ghép các MBA có trị số điện áp ngắn mạch bằng nhau: $U_{nI} = U_{nII} = U_{nIII} = \dots$ vì sự phân tải trên các máy biến áp phụ thuộc vào trị số điện áp ngắn mạch.

Từ mạch điện thay thế MBA làm việc song song, tính hệ số tải (β_i) từng máy khi làm việc song song bằng cách tính tải chạy qua từng MBA (dòng nhánh $I_{21}, I_{2II}, I_{2III}$) và so sánh với tải định mức của nó (dòng $I_{dmI}, I_{dmII}, I_{dmIII}$).

Với cách trên, hệ số tải của từng máy được xác định như sau:

$$\beta_i = \frac{S}{U_{ni} \sum \frac{S_{dmi}}{U_{n.i}}} = \frac{I_i}{I_{dmi}} = \frac{S_i}{S_{dmi}}$$

Biểu thức trên có nghĩa là, khi máy làm việc song song, hệ số tải tỉ lệ nghịch với điện áp ngắn mạch của áo. Ví dụ có 3 MBA làm việc song song, thì tỉ lệ giữa các hệ số tải theo điện áp ngắn mạch là :

$$\beta_I : \beta_{II} : \beta_{III} = \frac{1}{U_{nI}} : \frac{1}{U_{nII}} : \frac{1}{U_{nIII}}$$

Kết luận: Nếu điện áp ngắn mạch các máy bằng nhau thì tải phân phối theo tỉ lệ công suất. Nếu điện áp ngắn mạch khác nhau thì máy có điện áp ngắn mạch nhỏ sẽ có hệ số tải lớn (hay máy bị nặng tải) và nếu điện áp ngắn mạch lớn thì hệ số tải nhỏ (hay máy mang tải nhẹ).

Vậy nếu để máy có có U_n nhỏ làm việc ở tải định mức $\beta = \frac{I_2}{I_{2dm}} = 1$ thì máy có U_n lớn làm việc non tải hay không sử dụng hết công suất thiết kế của máy.

Thường máy có dung lượng nhỏ thì U_n nhỏ và dung lượng lớn thì U_n lớn nên dung lượng các máy không nên khác nhau quá nhiều. Qui định U_n không quá $\pm 10\%$ và tỉ lệ dung lượng máy khoảng 3:1.

Ban quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Biểu diễn quá trình chuyển đổi năng lượng thành giản đồ.
2. Nguyên nhân gây tổn hao đồng và tổn hao sắt.
3. Dạng thể hiện của tổn hao đồng và tổn hao sắt.
4. Viết công thức tính tổn hao đồng và tổn hao sắt.
5. Viết công thức tính công suất nhìn từ 2 phía sơ cấp và thứ cấp MBA.
6. Biến đổi công thức để tính hiệu suất thông qua các tổn hao không tải, ngắn mạch và hệ số tải.
7. Sự liên quan giữa thí nghiệm ngắn mạch và thí nghiệm không tải đến việc xác định ΔU và η .
8. Khi MBA làm việc ở chế độ định mức, hiệu suất của MBA có đạt trị số cực đại không..
9. Nguyên nhân gây sụt áp trên máy khi có tải
10. Độ sụt áp phụ thuộc vào yếu tố nào
11. Vận dụng : MBA như nhau, nhưng phụ tải khác nhau. So sánh độ sụt áp của 2 máy.
12. Như câu 3 nhưng tải của 2 máy như nhau, công suất khác nhau.
13. Về nguyên tắc có thể điều chỉnh điện áp bằng cách nào. Thực tế thường điều chỉnh số vòng dây cuộn sơ cấp hay thứ cấp. Tại sao.

14. Giải bài tập số 4 trang 92

15. Chứng minh điều kiện tỉ số biến đổi bằng nhau. Thực tế cho phép tỉ số biến đổi của các máy khác nhau bao nhiêu.
16. Chứng minh điều kiện điện áp ngắn mạch bằng nhau. Sự liên quan giữa U_n và dung lượng của máy. Thực tế thường xét điều kiện này trên cơ sở thông số nào.
17. Chứng minh điều kiện cùng tổ nối dây
18. Cho 2 máy có công suất 180 kVA và 1000 kVA, các điều kiện khác thỏa mãn, có thể ghép hai máy song song được không.
19. Cho 2 máy có cùng tổ nối dây, cùng tỉ số biến đổi k, công suất máy 1 : 320 kVA, máy 2 : 1000 kVA. Có thể ghép 2 máy song song được không.
20. Hai máy có tổ nối dây, cùng tỉ số biến đổi k, máy 1 có $U_n\% = 6,6$ máy 2 có $U_n\% = 5,4$. Có thể ghép song song được không.
21. Có thể ghép song song các máy sau không : 3 máy cùng tổ nối dây, cùng điện áp ngắn mạch phần trăm, tỉ số biến đổi của các máy là : $k_1=15$; $k_2 = 15,1$; $k_3 = 14,9$

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Máy biến áp 1 pha có các số liệu sau: $S_{dm} = 2500$ VA, $U_{1dm} = 220$ V, $U_{2dm} = 127$ V, thông số các dây quấn $r_1 = 0,3$ Ω , $x_1 = 0,25$ Ω , $r_2 = 0,1$ Ω , $x_2 = 0,083$ Ω . Thứ cấp nối với tải có tổng trở phức $\bar{Z}_t = 5,8 + j5,17$ Ω . Dùng sơ đồ thay thế gần đúng (coi như $I_0 = 0$), xác định công suất tác dụng P_1 , công suất phản kháng Q_1 , hệ số công suất $\cos \varphi$ ở phía sơ cấp, công suất tác dụng và phản kháng của tải, điện áp tải và độ biến thiên điện áp thứ cấp.

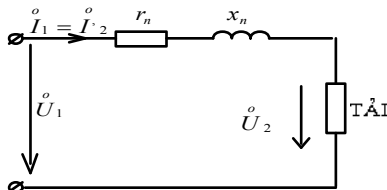
Gợi ý

Các thông số của máy biến áp quan hệ như sau:

U_{1dm}, U_{2dm} : giá trị điện áp dây định mức.

r_1, x_1, r_2, x_2 : nội trở dây quấn sơ cấp và thứ cấp do vật liệu dây quấn ảnh hưởng.

Nội trở dây quấn sơ cấp (r_1, x_1) và thứ cấp (r_2, x_2). Sơ đồ thay thế gần đúng máy biến áp:



Công suất tác dụng sơ cấp: $P_1 = U_{1dm} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$.

Công suất phản kháng sơ cấp: $Q_1 = U_{1dm} \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$.

Công suất tác dụng thứ cấp bằng công suất tải tiêu thụ:

$$P_t = r_t \cdot I_2^2 \quad (\text{W}).$$

Công suất phản kháng thứ cấp:

$$Q_t = x_t \cdot I_2^2 \quad (\text{VAr}).$$

Độ biến thiên điện áp ΔU là sự thay đổi điện áp thứ cấp cấp cho tải so với điện áp định mức và được tính theo phần trăm như sau:

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

BÀI GIẢI

Các thông số sơ đồ thay thế gần đúng như trên:

Hệ số biến áp: $k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{220}{127} = 1,73$

Qui đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp:

$$r_2' = r_2 \cdot k^2 = 0,1 \cdot 1,73^2 = 0,3 \quad (\Omega).$$

$$x_2' = x_2 \cdot k^2 = 0,083 \cdot 1,73^2 = 0,25 \quad (\Omega).$$

$$r_1' = r_1 \cdot k^2 = 5,8 \cdot 1,73^2 = 17,4 \quad (\Omega).$$

$$x_1' = x_1 \cdot k^2 = 5,17 \cdot 1,73^2 = 15,5 \quad (\Omega).$$

Từ sơ đồ trên ta tính được dòng điện sơ cấp và thứ cấp đã qui đổi về sơ cấp:

$$\begin{aligned} I_1 = I_2' &= \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + r_2' + r_1')^2 + (x_1 + x_2' + x_1')^2}} \\ &= \frac{220}{24,08} = 9,13 \quad (\text{A}). \end{aligned}$$

Hệ số công suất phía sơ cấp $\cos \varphi_1$:

$$\begin{aligned} \cos \varphi_1 &= \frac{r_1 + r_2' + r_1'}{\sqrt{(r_1 + r_2' + r_1')^2 + (x_1 + x_2' + x_1')^2}} \\ &= \frac{18}{\sqrt{18^2 + 16^2}} = 0,747 \end{aligned}$$

Công suất tác dụng phía sơ cấp P_1 :

$$P_1 = U_{1dm} \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 = 220 \cdot 9,13 \cdot 0,747 = 1500,5 \text{ (W)}.$$

Công suất phản kháng phía sơ cấp Q_1 :

$$Q_1 = U_{1dm} \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 = 220 \cdot 9,13 \cdot \sqrt{1 - 0,747^2} = 1335,4$$

(Var).

Dòng điện thứ cấp chưa qui đổi:

$$I_2 = k \cdot I_2' = 1,73 \cdot 9,13 = 15,8 \quad (\text{A}).$$

Tổng trở tải:

$$Z_t = \sqrt{r_t^2 + x_t^2} = \sqrt{5,8^2 + 5,17^2} = 7,77 \quad (\Omega).$$

Điện áp trên tải:

$$U_2 = I_2 \cdot Z_t = 15,8 \cdot 7,77 = 122,76 \quad (\text{V}).$$

Độ biến thiên điện áp thứ cấp:

$$\Delta U\% = \frac{U_{2dm} - U_2}{U_{2dm}} \cdot 100\% = \frac{127 - 122,76}{127} \cdot 100\% = 3,38 \%$$

Công suất tác dụng của tải:

$$P_t = r_t \cdot I_2^2 = 5,8 \cdot 15,8^2 = 1448 \quad (\text{W}).$$

Công suất phản kháng của tải:

$$Q_t = x_t \cdot I_2^2 = 5,17 \cdot 15,8^2 = 1291 \quad (\text{VAr}).$$

BÀI TẬP 2

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

Gợi ý

Ba máy biến áp xem như mắc song song và công suất cung cấp đồng thời cho một tải lớn. Trị số điện áp ngắn mạch $u_n\%$ có liên quan trực tiếp đến sự phân bố tải giữa các máy biến áp làm việc song song. Do đó cần tính hệ số tải của từng máy và so sánh thông qua hệ số tải β :

$$\beta = \frac{S}{u_n \cdot \sum \frac{S_{đmi}}{u_{ni}}}$$

Trong đó i là số thứ tự máy biến áp thứ i .

Nếu điện áp ngắn mạch $u_n\%$ nhỏ thì hệ số tải β lớn, máy biến áp bị quá tải và ngược lại nếu $u_n\%$ lớn thì hệ số tải β nhỏ, máy biến áp bị non tải. Kết quả không sử dụng hết công suất các máy nên thường các máy biến áp làm việc song song khác nhau không quá $\pm 10\%$.

Ban quyen © Truong DH Su pham Ky thuat HCM

BÀI GIẢI

Tổng của tỷ số công suất so với điện áp ngắn mạch phần trăm là:

$$\sum \frac{S_{đmi}}{u_{ni}\%} = \frac{S_{đmI}}{u_{nI}\%} + \frac{S_{đmII}}{u_{nII}\%} + \frac{S_{đmIII}}{u_{nIII}\%} = \frac{180}{5,4} + \frac{240}{6} + \frac{320}{6,6} = 121,8$$

Công thức tính hệ số tải của máy biến áp:

$$\beta = \frac{S}{u_n \cdot \sum \frac{S_{đmi}}{u_{ni}}}$$

Máy I:

$$\beta_I = \frac{740}{5,4 \cdot 121,8} = 1,125; \text{ suy ra } S_I = 1,125 \cdot 180 = 202,5 \quad (\text{kVA}).$$

Máy II:

$$\beta_{II} = \frac{740}{6 \cdot 121,8} = 1,01; \text{ suy ra } S_{II} = 1,01 \cdot 240 = 243 \quad (\text{kVA}).$$

Máy III:

$$\beta_{III} = \frac{740}{6,6 \cdot 121,8} = 0,92; \text{ suy ra } S_{III} = 0,92 \cdot 320 = 294,5 (\text{kVA}).$$

Nhận xét Máy biến áp I có u_n nhỏ nhất nên bị quá tải nhiều trong khi đó máy biến áp III có u_n lớn nên bị non tải. Tải tổng tối đa để không máy biến áp nào bị quá tải ứng với $\beta_I = 1$. Lúc đó máy biến áp I tương đương:

$$\beta_I = \frac{S}{5,4 \cdot 121,8} = 1$$

Do đó: $S = 657,72$ (kVA).

Vì vậy công suất đặt của các máy biến áp không được tận dụng (vô ích) là:
 $740 - 658 = 82$ (kVA).

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Máy biến áp ba pha có $S_{đm} = 1000$ kVA, $U_1/U_2 = 10/0,4$ kV, đấu Y/Y_o, $P_n = 12500$ W, $U_n \% = 5,5$ %.

a/ Tính các thành phần của điện áp ngắn mạch phần trăm u_{nr} và u_{nx} .

b/ Tính độ thay đổi điện áp ΔU khi máy biến áp làm việc ở $\frac{3}{4}$ tải định mức và $\cos \varphi_2 = 0,8$.

ĐS: a/ $U_{nr} = 1,25$ %; $U_{nx} = 5,35$ %,

b/ $\Delta U = 3,16$ %.

Bài 2

Máy biến áp một pha có $S_{đm} = 6667$ kVA, $U_{1đm} = 35$ kV, $U_{2đm} = 10$ kV, $P_n = 53,5$ kW, $P_o = 17$ kW, $U_n = 8$ %, $I_o \% = 3$ %. Hãy xác định:

a/ Hệ số biến đổi của máy biến áp,

b/ Dòng điện định mức cuộn dây sơ và thứ cấp.

c/ Điện áp thứ cấp U_2 của máy biến áp khi hệ số tải $\beta = \frac{1}{2}$ và $\cos \varphi_t = 0,8$.

Cho rằng phụ tải có tính chất điện cảm.

d/ Hiệu suất máy biến áp khi hệ số tải $\beta = \frac{3}{4}$ và $\cos \varphi_t = 0,9$.

e/ Hiệu suất hàng năm của máy biến áp bao nhiêu nếu làm việc với $t = 7000$ giờ, phụ tải định mức và $\cos \varphi_t = 0,8$.

ĐS: a/ $k = 3,5$.

b/ $I_{1đm} = 190$ A; $I_{2đm} = 666,7$ A.

c/ $U_2 = 9729$ V.

d/ $\eta = 99$ %.

e/ $\eta_{năm} = 98,6$ %.

Bài 3

Máy biến áp ba pha có $S_{đm} = 160$ kVA, $U_{1đm} = 15$ kV, $U_{2đm} = 400$ V, $P_n = 2350$ W,

$P_o = 460$ W, $U_n \% = 4$ %, dây quấn đấu Y/Y₁₂. Cho biết $r_1 = r_2'$, $x_1 = x_2'$.

a/ Tính $I_{1đm}$, $I_{2đm}$, r_n , x_n , r_1 , r_2 , x_1 , x_2 .

b/ Tính η khi $\beta = 0,75$, $\cos \varphi_t = 0,8$.

c/ Tính $\Delta U_2\%$, U_2 khi $\beta = 1$, $\cos \varphi_t = 0,8$.

ĐS: a/ $I_{1đm} = 6,16$ A; $I_{2đm} = 230,95$ A; $r_n = 20,64$ Ω ; $x_n = 52,31$ Ω ;

$r_1 = 10,32$ Ω ; $x_1 = 26,15$ Ω ; $r_2 = 7,34$ m Ω ; $x_2 = 18,6$ m Ω .

b/ $\eta = 0,98$.

c/ $\Delta U_2\% = 3,4$; $U_2 = 386,4$ V.

Bài 4

Cho máy biến áp làm việc song song với các số liệu sau:

Máy	S_{dm} (kVA)	U_{1dm} (kV)	U_{2dm} (kV)	U_n %	Tổ nối dây
I	1000	35	6,3	6,25	Y/ Δ _11
II	1800	35	6,3	6,6	Y/ Δ _11
III	2400	35	6,3	7	Y/ Δ _11

Tính:

a/ Tải của máy biến áp khi tải chung là 4500 kVA.

b/ Tải lớn nhất có thể cung cấp cho hộ dùng điện với điều kiện không một máy biến áp nào bị quá tải.

c/ Giả sử máy I được phép quá tải 20% thì tải chung của các máy là bao nhiêu ?

ĐS: a/ $S_1 = 928$ kVA; $S_2 = 1582$ kVA; $S_3 = 1990$ kVA.

b/ 4548 kVA.

c/ 5817 kVA.

Ban quyen © Truong Dai Su pham Ky thuat TP. HCM

Chương 1. DÂY QUẤN PHẦN ỨNG CỦA MÁY ĐIỆN QUAY

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này SV phải :

- Phân biệt được các khái niệm liên quan tới kết cấu dây quấn: bước cực τ , bước quấn dây y , số cực $2p$, góc lệch pha giữa 2 rãnh liên tiếp α , vùng pha γ , số rãnh của một pha dưới một cực q và số lớp dây quấn.
- Tính toán được các số liệu dây quấn : τ ; y ; q ; α ; γ
- Phân tích và xây dựng được sơ đồ hình tia sđđ.
- Xây dựng được sơ đồ trải và biểu diễn τ ; α ; q ; y lên sơ đồ.
- Giải thích được cơ sở việc tạo các kiểu dây quấn khác nhau.
- Vẽ được các kiểu sơ đồ dây quấn khác nhau.
- Đánh giá được ưu, nhược điểm của các kiểu dây quấn 1 lớp, 2 lớp, đồng tâm, đồng khuôn, q phân số.
- Lựa chọn được kiểu dây quấn đáp ứng đúng yêu cầu.

Nội dung:

I. ĐẠI CƯƠNG

1. KHÁI NIỆM CHUNG

Máy điện xoay chiều cấu tạo gồm hai phần chính : phần tĩnh (stato) và phần động (rotor)

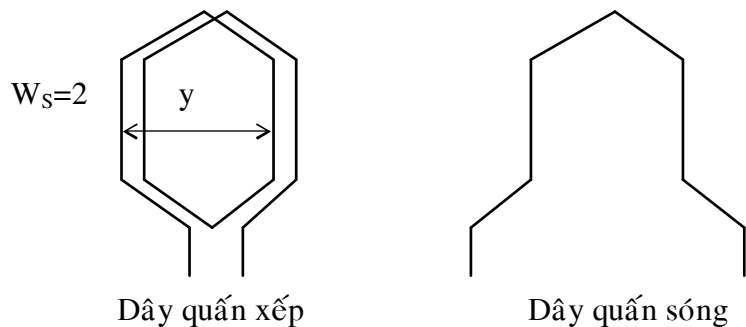
Về phương diện điện từ, được chia thành hai phần:

Phần cảm: là nơi tạo ra từ thông kích từ. Gồm cuộn dây mang dòng điện đặt trên lõi thép. Có thể là dây quấn tập trung đặt trên các cực hoặc dây quấn rải đặt trong các rãnh của lõi thép.

Phần ứng: là phần sinh sđđ. Thường là dây quấn rải trong các rãnh của lõi thép.

2. KHÁI NIỆM VỀ DÂY QUẤN PHẦN ỨNG

Dây quấn phần ứng có nhiệm vụ cảm ứng sđđ nhưng đồng thời cũng tham gia vào việc tạo nên từ trường cần thiết cho sự biến đổi năng lượng cơ điện trong máy. Dây quấn có thể chế tạo với $m = 1, 2, 3$ pha, với nhiều kiểu quấn khác nhau.



Hình 1.1..Dây quấn xếp và dây quấn sóng

- Một số ký hiệu về máy điện quay:

Số rãnh: Z ; Số cực: $2p$; số đôi cực: p ; bước cực: τ ; số pha: m

-Bối dây (phần tử) S : là một khung dây có nhiều vòng dây (W_s vòng dây)

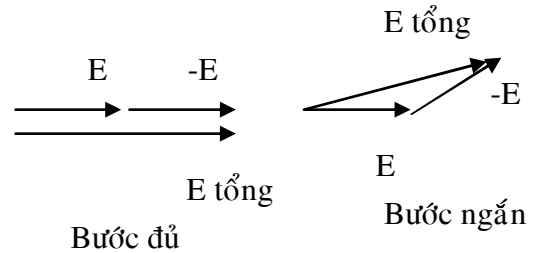
Phần bối dây nằm trong từ trường gọi là cạnh tác dụng. Phần còn lại gọi là đầu nối, phần này không tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng điện từ mà chỉ làm nhiệm vụ dẫn điện.

Có hai loại bối dây: quấn xếp và quấn sóng.

-Bước bối dây (y) : Là khoảng cách giữa hai cạnh tác dụng của một phần tử. Khoảng cách này đo bằng số rãnh.

Gọi khoảng cách giữa hai cực là bước cực τ , ta có các bước bối dây sau:

Với $y = \tau = \frac{Z}{2p}$ gọi là bước đủ.



Khi đó sđđ cảm ứng trong phần tử là lớn nhất

Khi $y < \tau$: bước ngắn

Khi $y > \tau$: bước dài (ít dùng)

Hình 1.2 . S.đ.đ trong dây quấn

Bước cực có thể tính theo đơn vị dài: $\tau = \frac{\pi D}{2p}$ với D : đường kính phần ứng

-Số lớp dây quấn: Nếu trong một rãnh chỉ đặt một cạnh tác dụng của phần tử gọi là dây quấn một lớp. Nếu đặt hai cạnh tác dụng của hai phần tử khác nhau gọi là dây quấn hai lớp.

Vậy với số rãnh Z thì dây quấn một lớp có số phần tử là $S = Z / 2$ và dây quấn hai lớp có số phần tử là $S = Z$.



1 lớp

2 lớp

Hình 1.3 .dây quấn 1 lớp, 2 lớp trong rãnh

-Góc lệch điện giữa hai rãnh liên tiếp (α):

Máy 2 cực (một đôi cực) có góc lệch điện giữa các rãnh là: $\alpha = \frac{1.360^0}{Z}$

Máy 4 cực(hai đôi cực) có góc lệch điện giữa các rãnh là: $\alpha = \frac{2.360^0}{Z}$

Tổng quát với máy có P đôi cực thì: $\alpha = \frac{P.360^0}{Z}$

-Số rãnh của một pha dưới một cực: $q = \frac{Z}{2P.m}$

q có thể là số nguyên hay phân số

-Số mạch nhánh song song:

a: số đôi mạch nhánh song song

2a: số mạch nhánh song song

II. DÂY QUẦN BA PHA CÓ Q LÀ SỐ NGUYÊN

1. DÂY QUẦN MỘT LỚP

Đặc điểm: trong mỗi rãnh đặt một cạnh tác dụng. Do vậy số bội dây bằng $\frac{1}{2}$ số rãnh $S = Z/2$. Thường là dây quấn bước đủ $y = \tau$.

Ví dụ: Xét dây quấn có số rãnh $z = 24$; số cực $2p = 4$; $m = 3$

Khi phần ứng quay trong từ trường phần cảm, trong các cạnh tác dụng của phần tử phần ứng cảm ứng ra sđđ. Vì các cạnh tác dụng nằm dưới các rãnh lệch nhau góc

$$\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} = \frac{2 \cdot 360^\circ}{24} = 30^\circ$$

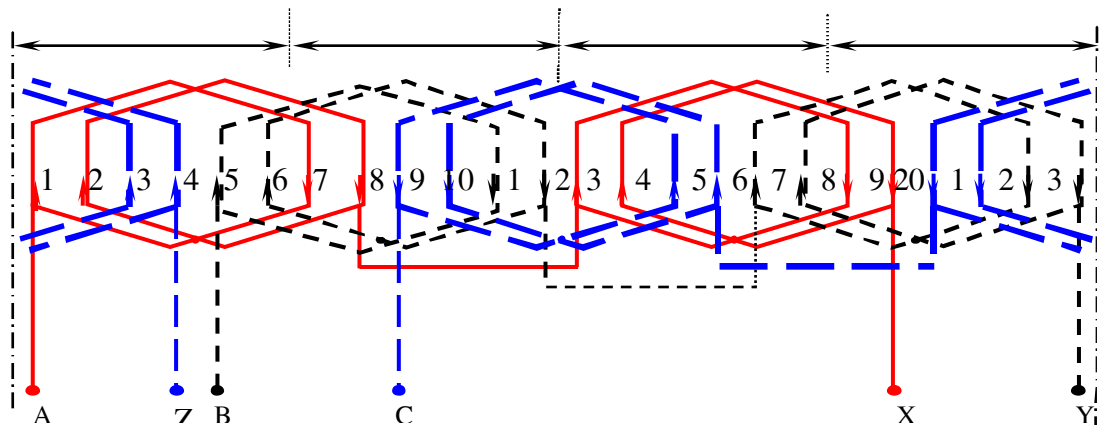
nên sđđ sinh ra trong các cạnh tác dụng được biểu diễn bằng các vectơ lệch

nhau một góc α trong không gian và tạo nên hình sao sđđ. Từ hình vẽ ta thấy: các cạnh tác dụng từ 1 đến 12 tạo thành một hình sao sđđ và cạnh tác dụng từ 13 đến 24 tạo thành hình sao sđđ thứ hai. Hai hình sao sđđ trùng lên nhau.

Trường hợp bội dây bước đủ, hai cạnh tác dụng nằm cách nhau một bước cực nên vectơ sđđ của chúng lệch nhau góc 180° . Ví dụ vectơ 1 và 7 là sđđ của một bội dây. Sđđ tổng của bội dây là tổng của hai vectơ đó

Chia hình sao sđđ thành $2m$ vùng pha, mỗi pha gồm các vectơ thuộc hai vùng pha đối xứng qua tâm. Từ đó ta có bội dây thuộc các pha như sau:

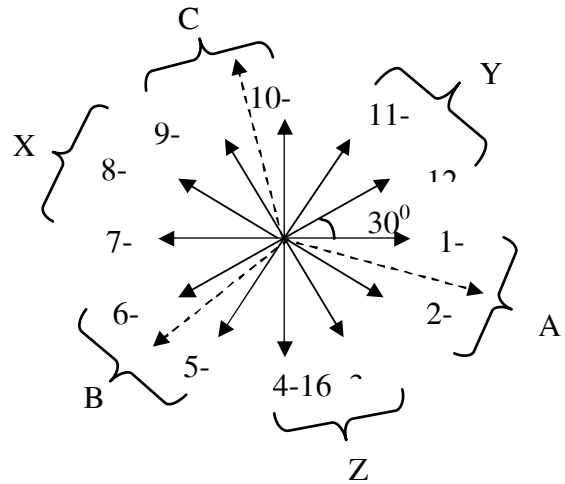
- Pha A gồm bội: 1 - 7 ; 2 - 8 ; 13 - 19 ; 14 - 20
- Pha B : 5 - 11; 6 - 12; 17 - 23; 18 - 24
- Pha C : 9 - 15 ; 10 - 16; 21 - 3 ; 22 - 4



Hình 1.5. Sơ đồ trải dây quấn (sđđq)

Như vậy dưới mỗi cực, mỗi pha có hai cạnh tác dụng hay $q = \frac{Z}{2P \cdot m} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$

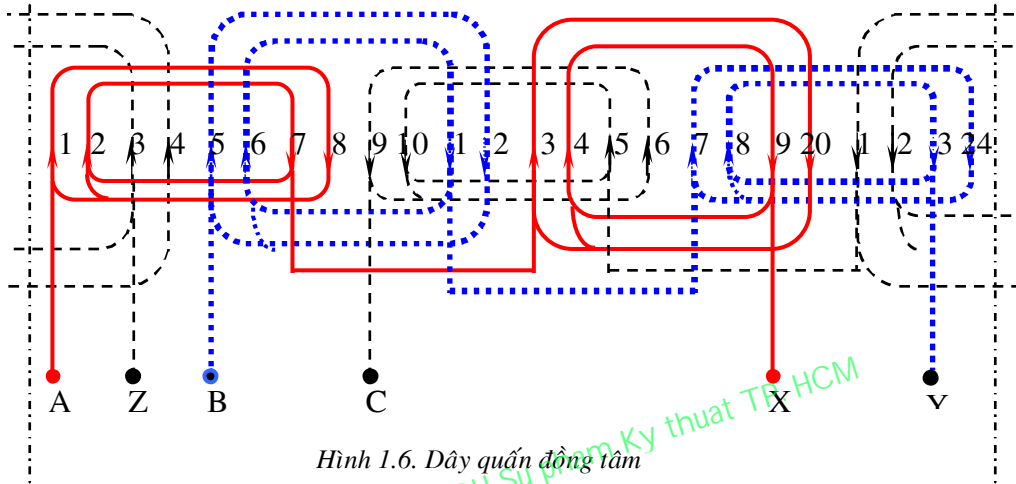
Nối các bội dây cùng pha lại với nhau ta được dây quấn ba pha.



Hình 1.4. Hình sao sđđ

-Dây quấn đồng khuôn : Nếu nối các cạnh tác dụng theo thứ tự, ví dụ đối với pha A là: 1 –7; 2 –8; ... như trên để tạo thành bố dây, thì tất cả các bố dây có kích thước hoàn toàn giống nhau nên gọi là dây quấn đồng khuôn (*hình 1.5*).

-Dây quấn đồng tâm: Nếu nối các cạnh tác dụng theo thứ tự, ví dụ đối với pha A nối: 1 –8; 2 –7; ... các bố dây có kích thước không giống nhau, gọi là dây quấn đồng tâm.



2. DÂY QUẤN HAI LỚP

Đặc điểm: trong mỗi rãnh đặt hai cạnh tác dụng. Do vậy số bố dây bằng số rãnh $S = Z$

Ví dụ: Xét dây quấn có số rãnh $z = 24$; số cực $2p = 4$; $m = 3$

$$\text{Ta có: } \tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$$

$$\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} = \frac{2 \cdot 360^\circ}{24} = 30^\circ$$

$$q = \frac{Z}{2P \cdot m} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$$

Có thể quấn với vùng pha $\gamma = 60^\circ$ hoặc $\gamma = 120^\circ$, tương ứng có hệ số quấn rải:

$$\gamma = 60^\circ \rightarrow K_r = \frac{\sin 2 \cdot \frac{30^\circ}{2}}{2 \cdot \sin \frac{30^\circ}{2}} = 0,968 \quad \text{và} \quad \gamma = 120^\circ \rightarrow K_r = \frac{\sin 4 \cdot \frac{30^\circ}{2}}{4 \cdot \sin \frac{30^\circ}{2}} = 0,81$$

Ta thấy hệ số quấn rải ứng với vùng pha 60° lớn hơn hệ số quấn rải ứng vùng pha 120° . Nghĩa là: sđđ khi quấn với vùng pha 60° lớn hơn sđđ khi quấn với vùng pha 120° nên thực tế thường quấn với vùng pha 60° .

-Dây quấn xếp: Từ hình sao sđđ vẽ sơ đồ dây quấn với bước đủ $y = \tau$

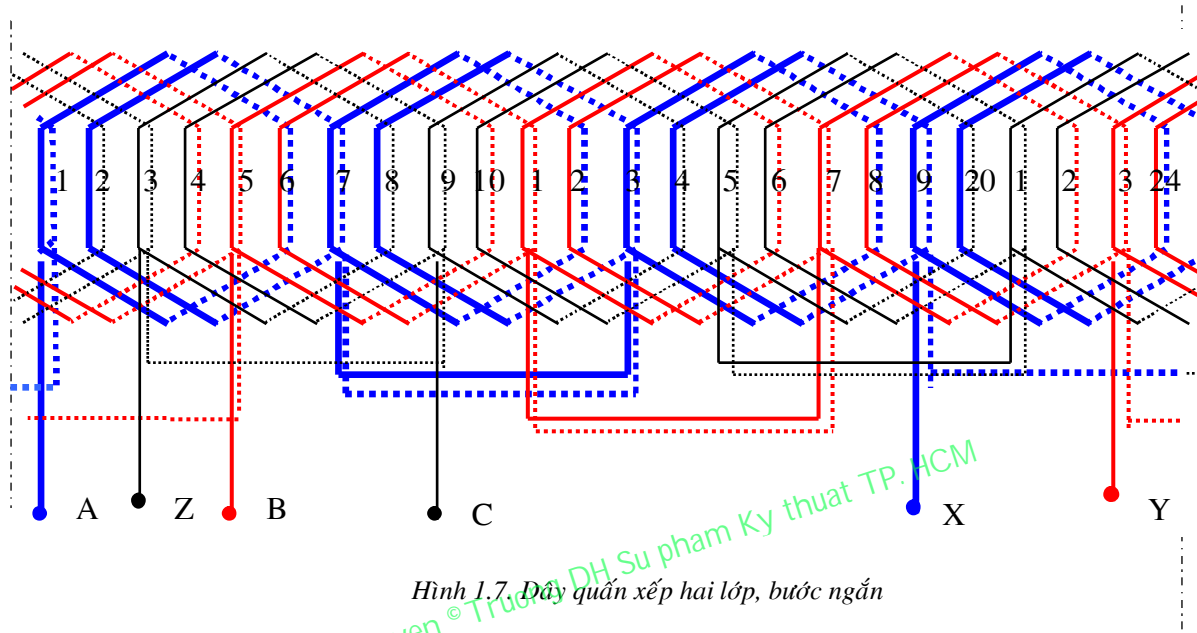
Thực tế thường rút ngắn bước quấn với $\frac{2}{3} \tau < y < \tau$

Ví dụ: DC $Z=24; 2p=4; m=3$.

Ta có $\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$

$y = \beta \cdot \tau = 0,8 \cdot 6 = 4,8$ chọn $y = 5$

Vẽ sơ đồ dây quấn xếp bước ngắn:



Hình 1.7. Dây quấn xếp hai lớp, bước ngắn

-Dây quấn sóng: có các bước quấn $y = \frac{Z}{p} = 2mq$; $y_1 = \frac{Z}{2p}$; $y_2 = y - y_1$

Như vậy: các sóng của cuộn dây sau khi đi một vòng liên tục dưới các cực từ cùng tên sẽ trở về phía trái hoặc phải của thanh dẫn đầu tiên để đi tiếp vòng mới. Số vòng lặp lại là q lần. Sau đó làm tương tự với các cực khác tên.

III. DÂY QUẤN BA PHA CÓ q LÀ PHÂN SỐ

Mục đích: Để cải thiện dạng sđđ cho một số máy không thể thực hiện quấn rải được (máy có số cực lớn hoặc kích thước nhỏ).

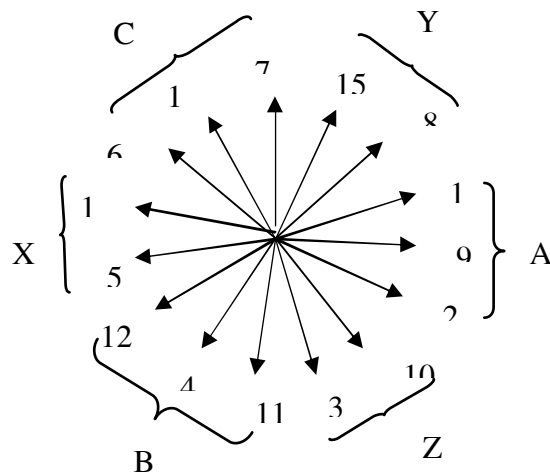
Dây quấn q phân số có thể quấn 1 lớp hoặc 2 lớp, kiểu xếp hay kiểu sóng.

VD: Máy có $Z=15, 2p=4, m=3$.

Ta có $q = \frac{z}{2p \cdot m} = \frac{15}{4 \cdot 3} = 1 \frac{1}{4}$;

$\alpha = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} = 48^\circ$

Vẽ hình sao sđđ với $\gamma = 60^\circ$.



Hình 1.8. Hình sao s.đ.đ dây quấn với q phân số

Mỗi pha có 5 phần tử:

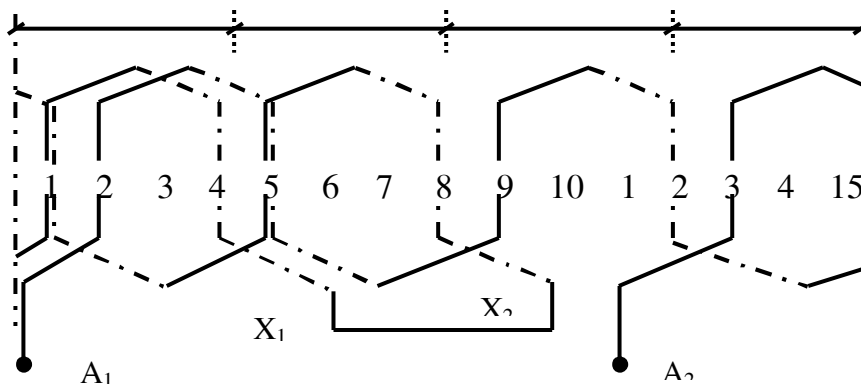
Pha A: 1, 2, 5, 9, 13

B: 4,8,11,12,15

C: 6,7, 10, 14, 3

Vẽ sơ đồ dây quấn sóng với

$$y = 0,8.\tau = 0,8. \frac{15}{4} = 3$$



Hình 1.9. S.đ.t.d.q sóng

Dây quấn có dạng như hình 1.9

Ban quyền © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Máy điện có $z = 24$; $2p = 4$; $m = 3$. Tính τ ; α ; γ ; q ; y .
1. Chỉ trên hình vẽ sơ đồ trái phạm vi τ ; α ; q ; y .
2. So sánh sđđ cảm ứng trong dây quấn khi dùng dây quấn bước ngắn, bước đủ và bước dài.
3. Các bước tiến hành vẽ hình sao sđđ và cách xác định sđđ của các pha.
4. Áp dụng vẽ hình sao sức điện động.
5. Nhận xét hình đã vẽ về các điểm : Vùng pha , số lượng hình sao sức điện động, số phần tử thuộc từng pha và trục của pha, vị trí các đầu dây A , B , C và X, Y , Z
6. Chỉ ra trên hình vẽ bước cực, đầu dây B ; C
7. Xác định các đầu dây Y ; Z
8. Đặc điểm bố trí dây đồng tâm
9. Đặc điểm bố trí dây đồng khuôn
10. Cơ sở để có các kiểu nhóm bố trí khác nhau (đồng tâm hoặc đồng khuôn)
11. Vẽ hoàn chỉnh sơ đồ trái với dây quấn đồng tâm và đồng khuôn
12. Xác định số mạch nhánh song song tối đa cho từng pha
13. Mục đích đấu tạo nhiều mạch nhánh song song
14. Rút ra công thức tổng quát về số mạch nhánh song song tối đa
15. Khi ghép song song các nhánh của một pha phải đảm bảo những điều kiện nào
16. So sánh dây quấn đồng tâm và đồng khuôn về hình dáng , từ trường
17. So sánh dây quấn đồng tâm và đồng khuôn.
18. Phạm vi cho phép rút ngắn bước quấn.
19. Khi rút ngắn bước quấn sẽ làm thay đổi đại lượng nào, có thể khắc phục bằng cách nào.
20. Ưu nhược điểm của dây quấn 2 lớp
21. Dây quấn 2 lớp thường quấn với vùng pha bao nhiêu, vì sao?
22. Phạm vi sử dụng dây quấn 2 lớp.
23. Phạm vi sử dụng dây quấn q phân số, dây quấn sóng.
24. Dây quấn rô to ngắn mạch lồng sóc.
25. Đặc điểm dây quấn 1 pha.
26. Sơ tư tầm sơ đồ dây quấn trong thực tế.

CHƯƠNG 2. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CỦA MÁY ĐIỆN QUAY

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này SV phải :

1. Giải thích được mục đích nghiên cứu sức điện động của dây quấn máy điện xoay chiều.
2. Lập được công thức xác định sức điện động sinh ra trong dây quấn.
3. Hiểu được ý nghĩa hệ số rút ngắn bước quấn, hệ số quấn rải.
4. Tính được hệ số rút ngắn bước quấn và hệ số quấn rải.
5. Phân tích được khả năng hạn chế sức điện động bậc cao của từng phương pháp.
6. Lựa chọn được phương pháp hạn chế sức điện động bậc cao phù hợp với máy cụ thể.

Nội dung:

I. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG DÂY QUẤN MĐXC

Để cho các máy điện xoay chiều làm việc được tốt, sđđ cảm ứng trong các dây quấn phải có dạng hình sin. Nhưng thực tế do những nguyên nhân về cấu tạo, từ trường ở khe hở không khí giữa rotor và stato thường phân bố có dạng không sin. Để nghiên cứu, ta phân tích từ trường không sin này thành tổng của các sóng hình sin bậc 1 (sóng cơ bản) và bậc cao $B_1; B_3; B_5 \dots$. Khi có chuyển động tương đối giữa từ trường của cực từ và dây quấn, trong dây quấn sẽ cảm ứng các sđđ hình sin $e_1, e_3, e_5 \dots$. Vậy sđđ của dây quấn MĐXC là tổng của sđđ do từ trường cơ bản và các sđđ do từ trường bậc cao sinh ra. Ta xét từng thành phần như sau:

1.SỨC ĐIỆN ĐỘNG CẢM ỨNG TRONG DÂY QUẤN DO TỪ TRƯỜNG CƠ BẢN

a.Sức điện động của thanh dẫn:

Trong từ trường B, thanh dẫn dài l, chuyển động với vận tốc v thì trong thanh dẫn sẽ cảm ứng sđđ:

$$e_{td} = B.l.v$$

v: vận tốc dài của thanh dẫn

$$v = \frac{\pi.D.n}{60} = \frac{2.\tau.p.n}{60} = 2.\tau.f$$

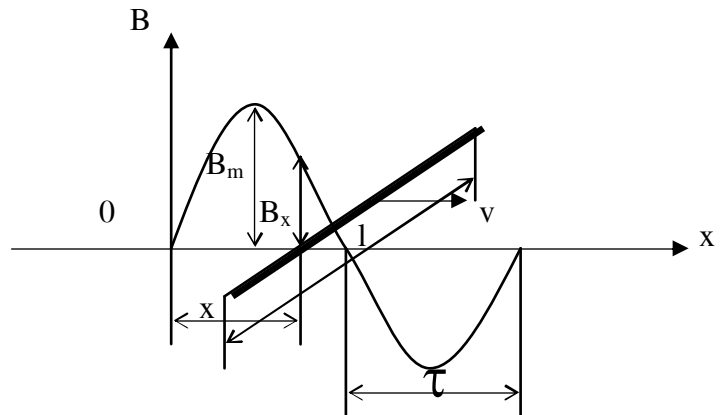
B: từ cảm nơi thanh dẫn đi qua

$$B = B_m.\sin\omega.t$$

với $B_m = \frac{\pi.\Phi}{2.l.\tau}$

nên $e_{td} = \pi.f.\Phi.\sin\omega.t$

và trị hiệu dụng là: $E_{td} = \frac{\pi.f.\Phi}{\sqrt{2}} = 2,22.f.\Phi$



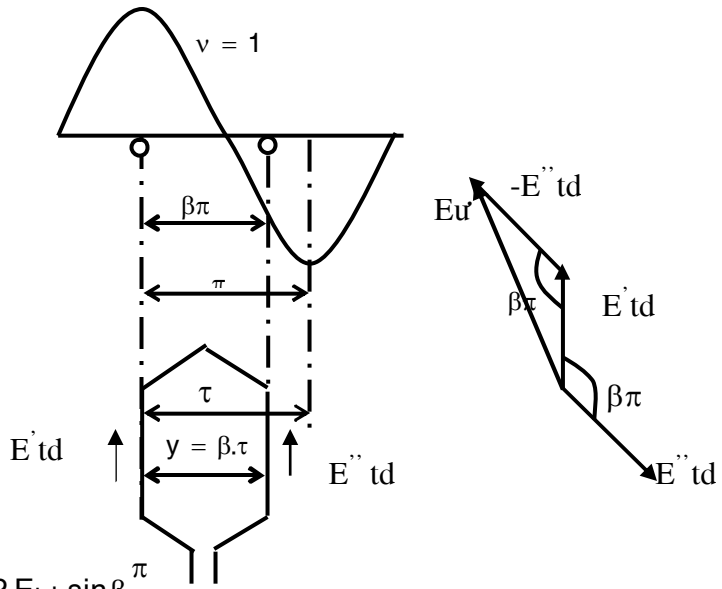
Hình 2.1.S.đ.đ thanh dẫn

b.Sức điện động của một vòng dây:

Sđđ của một vòng dây gồm hai thanh dẫn đặt trong hai rãnh cách nhau khoảng cách y bằng một bước cực ($y = \tau$) là tổng đđ của hai cạnh tác dụng

$$\dot{E}_V = \dot{E}_{td1} + (-\dot{E}_{td2}) = 2\dot{E}_{td} \cdot \sin \omega.t$$

Khi quấn bước ngắn $y < \tau$, gọi $\beta = \frac{y}{\tau}$ là tỉ số bước dây quấn, thì $y = \beta.\tau$ và góc lệch pha giữa hai cạnh tác dụng là $\beta.\pi$. Ta có:



$$E_V = A\bar{B} = 2.O\bar{A} = 2.A\bar{C} \cdot \sin \frac{\beta.\pi}{2} = 2.E_{td} \cdot \sin \beta \frac{\pi}{2}$$

$$E_V = 4,44.f.\Phi \cdot \sin \beta \frac{\pi}{2}$$

Đặt $\sin \beta \frac{\pi}{2} = K_n$: gọi là hệ số rút ngắn bước quấn, $K_n \leq 1$

Hệ số rút ngắn bước quấn nói lên sự giảm sđđ khi dùng dây quấn bước ngắn.

Vậy: $E_V = 4,44.f.\Phi.K_n$

c.Sức điện động của một bối dây WS vòng dây:

$$E_S = W_S.E_V = 4,44.f.\Phi.W_S.K_n$$

d.Sức điện động của một nhóm q bối dây:

Với $q = 1$: dây quấn tập trung

$q \neq 1$: dây quấn rải (dây quấn đặt ở các rãnh kề nhau)

Giả sử $q = 4$ và góc giữa 2 rãnh liên tiếp là α

Gọi E'_q là tổng số học của các sđđ của q phần tử

E_q là tổng hình học của các sđđ của phần tử

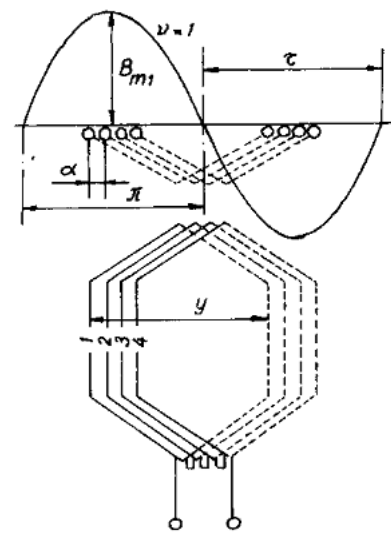
$$\text{Thì } K_r = \frac{\dot{E}_q}{\dot{E}'_q}$$

$$= \frac{\text{Tổng.hình.học.các.sđđ}}{\text{Tổng.số.học.các.sđđ}}$$

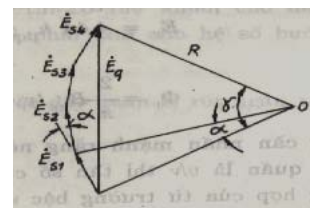
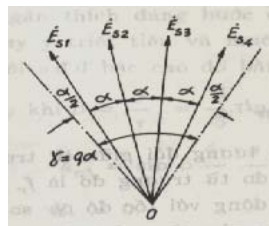
$$\frac{\sin q \cdot \frac{\alpha}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$K_r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

với K_r : gọi là hệ số quấn rải, $K_r \leq 1$



Hình 2.3.S.d.đ nhóm bối dây



Hình 2.4. Đồ thị vectơ s.d.đ nhóm bối dây

Vậy sđđ của một nhóm q bởi là:

$$E_q = q.E_S.K_r = 4,44.W_S.q.f.\Phi.K_n.K_r \quad \text{Với } K_{dq} = K_n.K_r$$

nên $E_q = q.E_S.K_r = 4,44.W_S.q.f.\Phi.K_{dq}$

e. Sức điện động của một pha:

Một pha có n nhóm bởi nên:

$$E_f = n.E_q = n.q.E_S.K_r = 4,44.n.W_S.q.f.\Phi.K_{dq}$$

Mà $n.q.W_S = W$ là số vòng dây nối tiếp trong pha nên:

$$E_f = 4,44.W.f.\Phi.K_{dq}$$

2. SỨC ĐIỆN ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN DO TỪ TRƯỜNG BẬC CAO

Gọi sóng bậc cao là V trong đó: $K_{dv} = K_{rv}.K_{nv}$

Trong đó: $K_{nv} = \sin v.\beta \cdot \frac{\pi}{2}$; $K_{rv} = \frac{\sin q.v.2 \frac{\alpha}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$; $f_v = v.f$; $\beta = \frac{y}{\tau_v}$; $\tau_v = \frac{\tau}{v}$

Vậy sđđ toàn bộ dây quấn một pha là: $E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2 + \dots + E_v^2}$

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP CẢI THIÊN DẠNG SÓNG SỨC ĐIỆN ĐỘNG

1. CHẾ TẠO MẶT CỰC

Do từ trường ở khe hở không khí phân bố không phải hình sin (thông thường có dạng hình thang) nên dạng sóng sđđ cảm ứng trong dây quấn không hình sin. Muốn sđđ là hình sin phải chế tạo mặt cực sao cho khe hở δ nhỏ nhất ở giữa mặt cực và tăng dần khi ra tới mỏm cực.

Thường chế tạo mặt cực theo qui luật: $\delta = \frac{\delta}{\cos\left(\frac{\pi}{\tau} \cdot x\right)}$

Thường bề rộng mặt cực $b \approx (0,65 \div 0,75) \cdot \tau$ nên khe hở ở mỏm cực $\delta_{\max} \approx (1,5 \div 2,6) \cdot \delta$

2. RÚT NGẮN BƯỚC QUẤN

Khi quấn bước đủ $y = \tau$ thì $K_{nv} = \sin v.\beta \frac{\pi}{2} = \pm 1$ nghĩa là tất cả các sđđ bậc cao đều tồn tại. Để các sđđ bậc cao bị triệt tiêu phải rút ngắn bước quấn với β sao cho $K_{nv} = 0$

-Giả sử muốn khử sóng bậc 5 nghĩa là tạo ra $K_{n,5} = 0$

Mà $K_{n,5} = \sin 5.\beta \frac{\pi}{2}$ nếu chọn $\beta = \frac{4}{5}$ thì $K_{n,5} = \sin 5 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{\pi}{2} = \sin 2\pi = 0$

-Giả sử muốn khử sóng bậc 7 nghĩa là tạo ra $K_{n,7} = 0$

Mà $K_{n,7} = \sin 7 \cdot \beta \cdot \frac{\pi}{2}$ nếu chọn $\beta = \frac{6}{7}$ thì $K_{n,7} = \sin 7 \cdot \frac{6}{7} \cdot \frac{\pi}{2} = \sin 3\pi = 0$

Với cách chọn bước quấn $\frac{4}{5}\tau$ hoặc $\frac{6}{7}\tau$ chỉ triệt tiêu được một sóng bậc cao. Vì vậy người ta thường chọn bước quấn làm giảm các sđđ ứng với từ trường bậc cao mạnh nhất như từ trường bậc 5 và 7, nghĩa là chọn bước ngắn $y = \frac{5}{6}\tau$. Khi đó hệ số rút ngắn bước quấn của các bậc 5 và 7 là:

$$K_{n,5} = \sin 5 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2} = \sin 375^\circ = \sin 15^\circ = 0,259$$

$$K_{n,7} = \sin 7 \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2} = \sin 525^\circ = \sin 165^\circ = 0,259$$

Thực tế, tùy theo số rãnh thường chọn $\beta = 0,8 \div 0,86$

3. DÂY QUẤN RẢI

Khi $q = 1$ thì $K_{rv} = \frac{\sin q \cdot v \cdot \frac{\alpha}{2}}{q \cdot \sin v \cdot \frac{\alpha}{2}} = \pm 1$ có nghĩa là tất cả các sóng bậc cao đều tồn tại.

Khi $q > 1$ thì $K_{rv} < 1$ và khi q càng lớn thì K_{rv} càng giảm. Thực tế thường chọn $q \leq 3$. Vì nếu chọn q quá lớn thì số rãnh Z tăng dẫn đến kích thước máy điện tăng hoặc kích thước răng giảm sẽ giảm khả năng chịu lực cơ học.

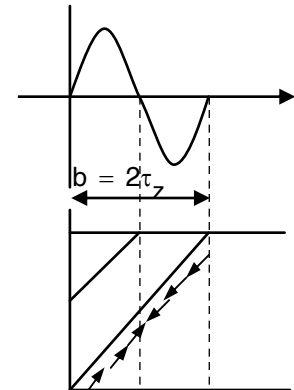
4. XỂ RÃNH CHÉO

Sau khi đã thực hiện cả ba biện pháp trên mà vẫn còn một số sóng bậc cao không bị giảm yếu. Đó là các sóng điều hòa răng với bậc v_z

$$v_z = 2m \cdot q \cdot k \pm 1 \quad \text{với} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Khi xẻ rãnh chéo với bước chéo như hình vẽ ta thấy tổng sđđ điều hòa răng cảm ứng trong thanh dẫn bằng 0. Để triệt tiêu sóng điều hòa răng mạnh nhất, ta chọn bước rãnh chéo đúng bằng một bước rãnh stato

$$b_{\text{chéo}} = \frac{2p \cdot \tau}{Z} = \frac{\pi \cdot D}{Z}$$



Hình 2.5. S.đ.đ thanh dẫn khi rãnh chéo

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Để máy điện xoay chiều làm việc tốt, yêu cầu sức điện động trong dây quấn của máy phải có đặc điểm gì.
2. Thực tế từ trường cực từ và từ trường dây quấn có biến đổi hình sin không.
3. Khi từ trường không phân bố hình sin, người ta thường tiến hành làm thế nào để nghiên cứu về từ trường.
4. Làm thế nào để xác định sức điện động tổng sinh ra trong dây quấn khi từ trường phân bố không hình sin.
5. Các bước xây dựng công thức xác định sđđ dây quấn 1 pha.

6. Công thức tính sức điện động dây quấn 1 pha khi từ trường là hình sin
7. Công thức tính sức điện động dây quấn 1 pha khi từ trường không hình sin.
8. Vì sao dây quấn 2 lớp thường chọn vùng pha 60°
9. Khái niệm rút ngắn bước quấn?. Khái niệm quấn rải?
10. Khi rút ngắn bước quấn sức điện động trong bối dây thay đổi như thế nào.
11. Các biện pháp để cải thiện dạng sóng sức điện động.
12. Phương pháp rút ngắn bước quấn thường dùng trong trường hợp nào.
13. Có thể rút ngắn bước quấn đến bao nhiêu.
14. Phương pháp quấn rải thường áp dụng khi nào.
15. Hiệu lực của phương pháp rút ngắn bước quấn và quấn rải.
16. Phương pháp xẻ rãnh chéo có thể triệt tiêu được sức điện động bậc cao nào.
17. Có phải chỉ được phép thực hiện xẻ rãnh chéo cho roto.
18. Trong một máy điện có thể xẻ rãnh chéo cho cả stato và roto được không.
19. Một máy điện có thể áp dụng nhiều biện pháp để hạn chế sức điện động bậc cao không hay chỉ được phép áp dụng 1 phương pháp. Nêu ví dụ cụ thể.

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Một máy phát điện 3 pha tần số 50 Hz, dây quấn 1 lớp bước đủ, tổng số thanh dẫn đặt trong 36 rãnh là 288 thanh. Biết từ cảm $B_m = 0,8$ T; chiều dài tác dụng của thanh dẫn là 35 cm. Đường kính lõi thép 30 cm, số cực $2p = 4$. Hãy xác định hệ số dây quấn, sức điện động mỗi thanh dẫn và sức điện động một pha.

Gợi ý

Hệ số dây quấn 3 pha:

$$k_{dq} = k_n \cdot k_r.$$

với k_n : hệ số bước ngắn, nếu là dây quấn bước đủ thì $k_n = 1$.

$$k_n = \sin \beta \cdot \frac{\pi}{2} \quad (\text{với hệ số } \beta = \frac{y}{\tau}).$$

$$k_r = \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}} \text{ là hệ số quấn rải của dây quấn.}$$

Công thức tính sức điện động một thanh dẫn:

$$E_{td} = 2,22 \cdot \Phi \cdot f \quad (\text{V}).$$

Với từ thông $\Phi = \frac{2}{\pi} \cdot B_m \cdot \tau \cdot l$ (Wb) và bước cực $\tau = \frac{2\pi \cdot D}{2p}$ (m).

Công thức tính sức điện động một pha:

$$E_f = 4,44 \cdot W_s \cdot k_{dq} \cdot \Phi \cdot f \cdot q \quad (\text{V}).$$

BÀI GIẢI

Số rãnh của 1 pha dưới 1 bước cực:

$$q = \frac{Z}{2m \cdot p} = \frac{36}{2 \cdot 3 \cdot 2} = 3 \quad (\text{rãnh}).$$

Bước cực của dây quấn:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D}{2p} = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 2} = 0,234 \quad (\text{m}).$$

Góc lệch pha về điện giữa hai rãnh kế tiếp nhau:

$$\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau} \quad (\text{với } \tau = \frac{Z}{2p})$$

$$\alpha_d = \frac{p \cdot 360^\circ}{Z} = \frac{2 \cdot 360^\circ}{36} = 20^\circ$$

Hệ số dây quấn 1 lớp bước đủ của máy phát điện 3 pha:

$$k_{dq} = k_n \cdot k_r = 0,96$$

Hệ số quấn dây bước ngắn:

$$k_n = \sin \beta \cdot \frac{\pi}{2} = 1 \quad (\text{chọn bước đủ có } \beta = \tau)$$

Hệ số quấn rải:

$$k_r = \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}} = \frac{\sin 3 \cdot \frac{20^\circ}{2}}{3 \cdot \sin \frac{20^\circ}{2}} = 0,96$$

Sức điện động trên một thanh dẫn:

$$E_{td} = 2,22 \cdot \Phi \cdot f = 2,22 \cdot 0,042 \cdot 50 = 4,66 \quad (\text{V}).$$

Với từ thông

$$\Phi = \frac{2}{\pi} \cdot B_m \cdot \tau \cdot l = \frac{2}{\pi} \cdot 0,8 \cdot 0,234 \cdot 35 \cdot 10^{-2} = 0,042 \quad (\text{Wb}).$$

3 Máy phát điện có 288 thanh dẫn tương ứng có $W = 288/2 = 144$ vòng dây (tổng cả pha dây quấn).

Do đó số vòng dây trong một pha là:

$$W_s = \frac{W}{q} = \frac{144}{3} = 48 \quad (\text{vòng}).$$

Sức điện động trên một pha dây quấn:

$$E_f = 4,44 \cdot W \cdot k_{dq} \cdot \Phi \cdot f = 4,44 \cdot 48 \cdot 0,96 \cdot 0,042 \cdot 50 = 429,6 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP 2

Cho một động cơ điện xoay chiều ba pha rotor dây quấn, số vòng dây pha stato $W_1 = 96$ vòng, rotor $W_2 = 80$ vòng. Hệ số dây quấn stato $k_{dq1} = 0,945$, rotor $k_{dq2} = 0,96$, tần số dòng điện stato $f = 50$ Hz, từ thông dưới mỗi cực từ $\Phi_{\max} = 0,02$ Wb, tốc độ đồng bộ $n_1 = 1000$ vg/ph.

a/ Tính sức điện động pha cảm ứng trong dây quấn stato và rotor lúc quay với tốc độ 950 vg/ph và lúc rotor bị ghìm đứng yên $n = 0$.

b/ Cho điện trở dây quấn rotor $R_2 = 0,06 \Omega$ và điện kháng dây quấn rotor $X_2 = 0,1 \Omega$. Tính dòng điện rotor trong hai trường hợp như câu a.

Gợi ý

Công thức tính sức điện động dây quấn stato E_1 và rotor E_2 :

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot k_{dq1} \cdot \Phi_{\max}$$

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \Phi_{\max}$$

Hệ số trượt của động cơ:
$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Khi qui đổi rotor về stato thì sức điện động rotor được tính theo công thức:

$$E_{2s} = s \cdot E_2$$

Dòng điện trong dây quấn rotor tính như sau:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}}$$

BÀI GIẢI

a/ Khi vừa cấp điện cho động cơ thì rotor đứng yên, sức điện động cảm ứng là:

$$E_1 = 4,44.f.W_1.k_{dq1}.\Phi_{\max} = 4,44.50.96.0,945.0,02 = 403 \quad (\text{V}).$$

$$E_2 = 4,44.f.W_2.k_{dq2}.\Phi_{\max} = 4,44.50.80.0,96.0,02 = 341 \quad (\text{V}).$$

Lúc rotor quay với tốc độ $n = 950$ vg/ph, hệ số trượt là:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05.$$

b/ Sức điện động rotor khi rotor quay với $n = 950$ vg/ph là:

$$E_{2s} = s.E_2 = 0,05.341 = 17$$

Dòng điện rotor lúc rotor không quay:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{341}{\sqrt{0,06^2 + 0,1^2}} = 2924 \quad (\text{A}).$$

Dòng điện rotor lúc rotor quay với $n = 950$ vg/ph:

$$I_{2s} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + (s.X_2)^2}} = \frac{17}{\sqrt{0,06^2 + (0,05.0,1)^2}} = 282 \quad (\text{A}).$$

Nhận xét: Khi rotor bị ghìm lại thì dòng điện rotor tăng lên rất lớn, cần phải khống chế trị số dòng phù hợp.

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Tính hệ số dây quấn k_{dq} của dây quấn hai lớp có $q = 2$; $p = 2$; $Z = 24$; $\beta = 5/6$. Biết rằng mỗi bố dây có $W_s = 5$ vòng và sức điện động của thanh dẫn $E_{td} = 5$ V. Hãy tính sức điện động pha của dây quấn đó.

$$\text{ĐS: } E_f = 93,3 \text{ V.}$$

Bài 2

Cho một máy phát điện 3 pha 6000 kW; 6300 V; 3000 vg/ph; $f = 50$ Hz; $\cos \varphi = 0,8$; đường kính trong của stato $D = 0,7$ m; chiều dài stato $l = 1,35$ m; từ cảm trung bình $B_{tb} = 0,489$ T; $Z = 36$; $y = 13$; tổng số vòng dây stato $W = 24$. Hãy tính sức điện động pha của máy.

$$\text{ĐS: } E_f = 4617 \text{ V.}$$

Chương 3. SỨC TỪ ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN MĐXC

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này SV phải :

- Mô tả được sức từ động quay và sức từ động đập mạch.
- Phân tích sức từ động dây quấn 1, 2, 3 pha bằng phương pháp giải tích.
- Khảo sát được sức từ động dây quấn bằng phương pháp đồ thị.
- Khái quát được đặc điểm sức từ động dây quấn 1 pha, 2 pha, 3 pha.
- Kết luận về điều kiện để có từ trường quay tròn đối với dây quấn 2, 3 và n pha.

Nội dung:

ĐẠI CƯƠNG

Dòng điện đi trong dây quấn của các máy điện quay tạo ra sức từ động (stđ) của dây quấn $F = I.W$ và sinh ra từ trường bao quanh dây quấn đó.

Từ trường của dây quấn máy điện quay bao gồm: từ trường trong khe hở không khí, từ trường trong rãnh và từ trường phần đầu nối. Trong đó từ trường trong khe hở có tác dụng lớn nhất trong việc tạo sđđ trong dây quấn. Vì vậy, trong chương này ta chỉ xét đến từ trường trong khe hở không khí với giả thiết khe hở đều và từ trở của lõi thép là không đáng kể.

I.SỨC TỪ ĐỘNG DÂY QUẤN 1 PHA:

Sức từ động dây quấn 1 pha hình thành từ stđ từng vòng dây, phần tử dây quấn (bối dây), nhóm bối dây và từng pha dây quấn, các pha dây quấn.

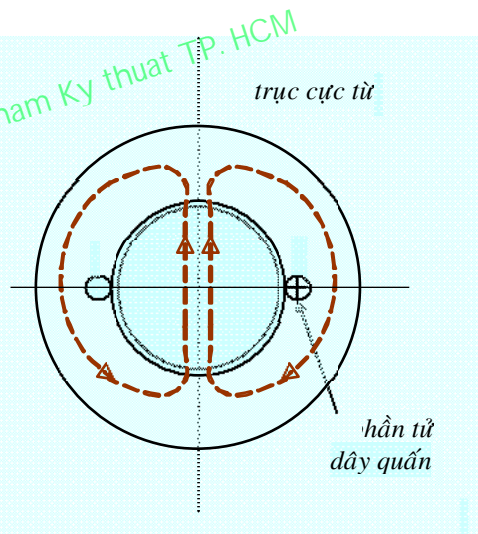
1.Stđ của một phần tử:

Xét phần tử dây quấn stato bước đủ ($y = \tau$), có w vòng dây, khi có dòng điện xoay chiều $i = \sqrt{2} I \sin \omega t$ chạy qua, sẽ tạo nên từ trường có từ thông phân bố như hình vẽ 3.1

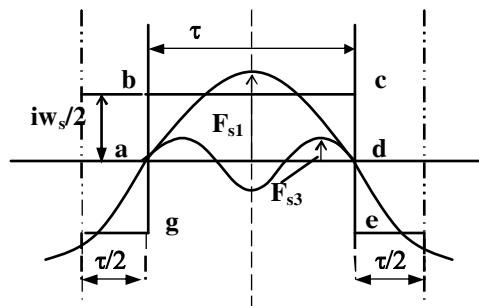
Khi khe hở không khí δ là đều nhau, từ trường dưới mỗi cực từ biểu thị bằng hình chữ nhật abcd và cực đối với nó là dega, độ cao

là $F_s = iw_s/2$ (hình 3.2).

Vì dòng điện i là hình sin nên s.t.đ phân bố dọc theo khe hở có trị số và dấu thay đổi theo dòng điện xoay chiều i (biến đổi hình sin theo thời gian). Đồng thời, do phân bố không gian là hình chữ nhật nên có thể phân tích s.t.đ này theo chuỗi fourier thành các sóng điện hoà 1,3,5,7,... Với các toạ độ xác định trục tung trùng với trục cực từ, trục hoành trùng với đường biên cực từ (vuông góc với trục cực từ).



Hình 3.1... Từ trường do một phần tử dây quấn



Hình 3.2.....Đường biểu thị s.t.đ dọc khe hở không khí máy điện

$$F_s = iW_s/2 = F_{s1} \cdot \cos \alpha + F_{s3} \cdot \cos 3\alpha + \dots + F_{s5} \cdot \cos 5\alpha = \sum_{v=1,3,5} F_{sv} \cdot \cos v\alpha. \text{ với } F_{sv} \text{ là biên độ}$$

ứng với sóng cơ bản hay sóng bậc cao.

$$F_{sv} = \frac{2}{p} \int_{\pi/2}^{\pi/2} F_s \cos v\alpha d\alpha = \frac{4}{np} F_s \sin v \frac{p}{2}. \text{ thay vào trên cho kết quả :}$$

$$F_s = iW_s/2 = \sum_{v=1,3,5} F_{smv} \cdot \cos v\alpha \cdot \sin \omega t. \text{ với } F_{smv} = \frac{2\sqrt{2}}{v\pi} I W_s \sin v \frac{\pi}{2} = \pm 0,9 \frac{I W_s}{n}$$

Thông thường khi xét, thành phần s.t.đ bậc 1 có ảnh hưởng lớn nhất, lúc này s.t.đ có trị số:

$$F_s = F_{sm} \cos \alpha \cdot \sin \omega t$$

Từ trường này phân bố hình sin trong không gian, biến đổi hình sin theo thời gian. Đây là một sóng đập mạch. Từ trường tương ứng biến đổi theo qui luật của sóng đập mạch gọi là từ trường đập mạch. S.t.đ này tạo nên từ trường có cường độ

tính theo: $H = \frac{\Phi_{\sigma}}{\delta}$. Xác định được mật độ từ thông (cảm ứng từ) B theo quan hệ B(H) của vật liệu dẫn từ và tính được từ thông Φ . Sức điện động cảm ứng tới các dây quấn có trị số được tính theo định luật Faraday: $e = -\frac{d\Phi}{dt}$ (xem chương 2, phần xác định s.đ.đ trong dây quấn máy điện xoay chiều)

2.Sức từ động của dây quấn 1 pha.

Với phân tích như trên. Để tính toán cụ thể s.đ.đ của một pha dây quấn, ta tiến hành như sau: Giả thiết dây quấn cụ thể có kiểu đồng khuôn tập trung, dưới mỗi cực từ có nhóm q bố dây (tập trung). Người ta tính s.t.đ của từng vòng dây, bố dây, nhóm bố dây. Tổng s.t.đ F_q của nhóm q bố dây, mỗi bố dây cách nhau góc độ điện $\alpha = \frac{p360^0}{z}$ có trị số là tổng ba từ trường đập mạch, có trị số tính được bằng:

$$F_q = \sum_{v=1,3,5} q F_{smv} \cdot k_{rv} \cos v\alpha \cdot \sin \omega t. \text{ Với } k_{rv} \text{ là hệ số quấn rải ứng với các thành}$$

phần tương ứng.

Trường hợp dây quấn bước ngắn, hai lớp, s.t.đ 1 pha tính được có dạng:

$$F_f = \sum_{v=1,3,5} 2q k_{rv} k_{nv} F_{smv} \cdot \cos v\alpha \cdot \sin \omega t = \sum_{v=1,3,5} F_{fv} \cdot \cos v\alpha \cdot \sin \omega t. \text{ Với } k_{nv} \text{ là hệ số bước}$$

ngắn của dây quấn. $F_{fv} = 0,9 \cdot \frac{w k_{dqv}}{vp} I$.

Cả hai biểu thức trên cho thấy s.t.đ đều là các sóng đập mạch hay từ trường đập mạch.

Như vậy, s.t.đ dây quấn một pha là một s.t.đ đập mạch (trị số vừa biến thiên theo thời gian vừa biến đổi theo không gian). Khi chỉ xét thành phần cơ bản (bậc 1) của từ trường này, s.t.đ có dạng:

$$F = F_m \cos \alpha \cdot \sin \omega t. \text{ Ta thường gọi đó là s.t.đ hình sin}$$

Nếu thực hiện biến đổi lượng giác đại lượng này, ta có: $F = F_m \cos \alpha \cdot \sin \omega t = \frac{1}{2}$

$$F_m \cos(\alpha - \omega t) + \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha + \omega t)$$

$$F_s = F^+ + F^-$$

Với $F^+ = \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t)$ - gọi là *s.t.đ quay thuận* (sóng quay thuận);

$F^- = \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha + \omega t)$ - gọi là *s.t.đ quay ngược* (sóng quay nghịch);

Có nghĩa rằng, một sóng đập mạch có thể phân tích thành hai sóng quay, hay một sóng đập mạch, hay một từ trường đập mạch là tổng của hai sóng quay (hay hai từ trường quay). *Kết luận này có ý nghĩa quan trọng khi phân tích từ trường 1 pha và ba pha.*

II. SỨC TỪ ĐỘNG CỦA DÂY QUẤN BA PHA

1. Biểu thức toán học s.t.đ 3 pha đối xứng.

Cộng 3 s.t.đ một pha với trục pha dây quấn đối xứng (lệch nhau góc 120° điện). Ta có:

$$F_{3p} = F_{sA} + F_{sB} + F_{sC}$$

Thành phần sóng cơ bản của s.t.đ ba pha lệch nhau góc 120° điện. Lấy pha A có giá trị cực đại theo thời gian tại $t=0$, biểu thức s.t.đ các pha lần lượt như sau:

$$F_A = F_m \cos \alpha \cdot \cos \omega t$$

$$F_B = F_m \cos(\alpha + 120^\circ) \cos(\omega t + 120^\circ)$$

$$F_C = F_m \cos(\alpha - 120^\circ) \cos(\omega t - 120^\circ)$$

Biến đổi lượng giác:

$$F_A = F_m \cos \alpha \cdot \cos \omega t = \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) + \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha + \omega t)$$

$$F_B = F_m \cos(\alpha + 120^\circ) \cos(\omega t + 120^\circ) = \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) + \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha + \omega t + 240^\circ)$$

$$F_C = F_m \cos(\alpha - 120^\circ) \cos(\omega t - 120^\circ) = \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) + \frac{1}{2} F_m \cos(\alpha + \omega t - 240^\circ)$$

Cộng hai vế, ta được:

$$F_{3p} = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) + \frac{1}{2} F_m [\cos(\alpha + \omega t) + \cos(\alpha + \omega t + 240^\circ) + \cos(\alpha + \omega t - 240^\circ)] = F_{3p}^+ + F_{3p}^-$$

Với: $F_{3p}^+ = \frac{3}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t)$ - là s.t.đ quay thuận (sóng quay thuận)

$$F_{3p}^- = \frac{1}{2} F_m [\cos(\alpha + \omega t) + \cos(\alpha + \omega t + 240^\circ) + \cos(\alpha + \omega t - 240^\circ)] = 0$$

(- là s.t.đ quay ngược)

$$\text{Vậy : } F_{3p} = \frac{3}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) = F(\alpha, t)$$

Với $F_{3p} = F(\alpha, t)$, $\alpha = \omega t + \alpha_0$: Góc không gian α quay với tốc độ ω (rad/s); α_0 - góc không gian tương ứng vị trí ban đầu của s.t.đ; $(\alpha - \omega t) = \text{const}$; biên độ $(\frac{3}{2} F_m)$. tính chất của từ trường này như sau:

Giả sử tại thời điểm ban đầu $t = 0$, máy có số cực từ $2p = 2$; trục từ trường 3 pha tại vị trí không gian tương ứng $\alpha = \alpha_0 = 0$; $F_{3p} = \frac{3}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) = \frac{3}{2} F_m$; tại thời điểm bất kỳ t , vị trí không gian trục từ trường tại $\alpha = \omega t + \alpha_0 = \omega t$ nên $(\alpha - \omega t) = \omega t - \omega t = 0$, và $F_{3p} = \frac{3}{2} F_m \cos(\alpha - \omega t) = \frac{3}{2} F_m \cos(0) = \frac{3}{2} F_m = \text{const.}$

Trường hợp máy có P đôi cực từ ($2P = 4, 6, \dots$), vì mỗi cặp cực tương ứng góc quay 2π , nên tốc độ quay của trục từ trường dọc theo chu vi máy điện sẽ giảm P lần so với máy có 1 đôi cực, s.t.đ quay trong không gian với tốc độ $\omega_1 = \frac{\omega}{P}$; đổi ra vòng/ phút :

$$n_1 = \frac{2pf \cdot 60}{P \cdot 2p} = \frac{60f}{p} \text{ (vòng / phút), đây chính là tốc độ quay của từ trường}$$

Vậy sức từ động 3 pha đối xứng là một s.t.đ quay tròn trong không gian với tốc độ n_1 , với biên độ không đổi $\frac{3}{2} F_m$

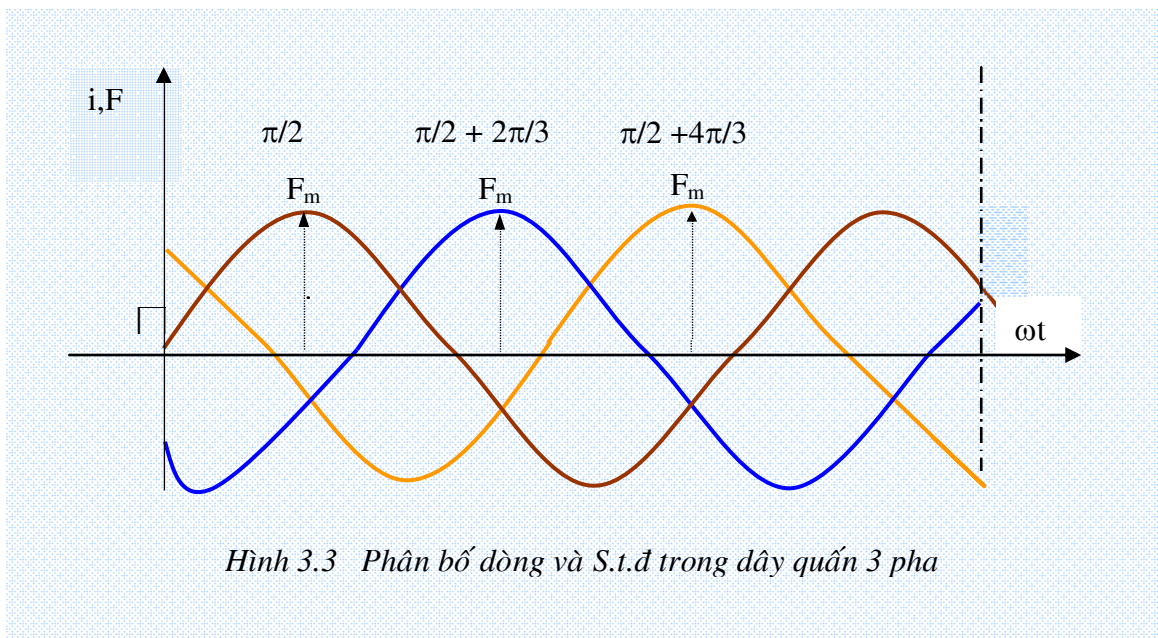
Cần chú ý khái niệm thuận nghịch ở đây có tính tương đối (so sánh chiều quay hai từ trường với nhau). S.t.đ quay 3 pha có thể theo chiều thuận hoặc nghịch.

Nếu s.t.đ pha A ban đầu có dạng: $F = F_m \cos \alpha \cdot \sin \omega t$ (tại thời điểm đầu $t = 0$, thì $F = 0$). S.t.đ 3 pha sẽ là:

$F_{3p} = F_A + F_B + F_C = \frac{3}{2} F_m \sin(\omega t - \alpha)$; Với $F_{3p} = F(\alpha, t)$, $\alpha = \omega t + \alpha_0$: Góc không gian α quay với tốc độ ω (rad/s); α_0 – góc không gian tương ứng vị trí ban đầu của ts.đ quay.

2. Phân tích từ trường quay 3 pha bằng đồ thị véc tơ

Giả thiết xét từ trường 3 pha dây quấn stato máy điện xoay chiều, mỗi pha dây quấn có một phần tử (hình vẽ), dòng điện đưa vào dây quấn là dòng 3 pha đối xứng (hình vẽ), số cực từ tương ứng $2p = 2$. Chiều dòng điện như theo mặt cắt ngang chỉ thị (+ : chiều dòng đi vào, - : chiều dòng đi ra). Chúng tạo nên các s.t.đ có phương, chiều và trị số tương quan theo thời gian thể hiện bằng các véc tơ (hình vẽ).



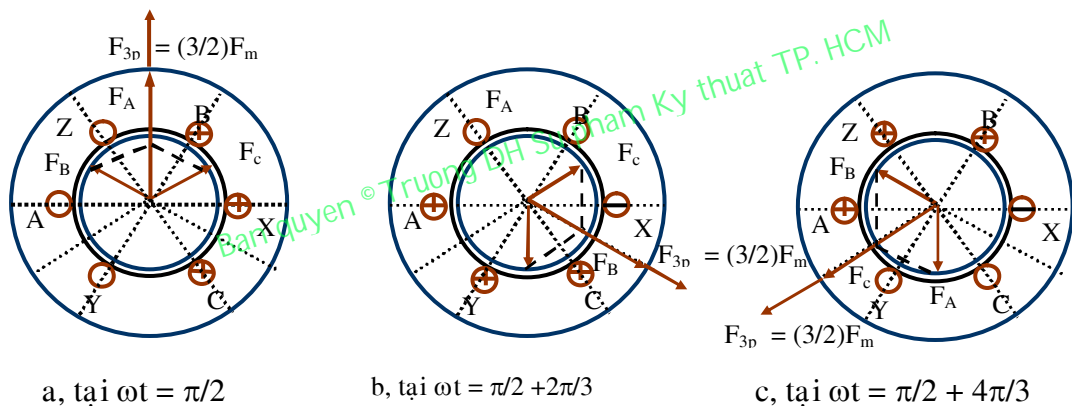
Hình 3.3 Phân bố dòng và S.t.đ trong dây quấn 3 pha

Tại thời điểm $\omega t = \pi/2$, tương ứng trị số dòng điện, $i_A = I_m, i_B = i_C = \frac{I_m}{2}$

Nên s.t.đ pha A cực đại, $F_A = F_m$, còn $F_B = F_C = -F_m/2$. (dấu trừ ở đây với ý nghĩa chỉ chiều s.t.đ pha B, C ngược với pha A tại thời điểm xét). Dựa vào quan hệ hình học các véc tơ s.t.đ củ 3 pha, chúng ta có: $F_{3p} = \frac{3}{2} F_A = \frac{3}{2} F_m$ - s.t.đ 3 pha có biên độ gấp $\frac{3}{2}$ lần biên độ của pha A, phương chiều trùng với phương chiều trục từ trường pha A (hình 3.4 a)

Tại thời điểm $\pi/2 + 2\pi/3$, tương ứng trị số dòng điện, $i_B = I_m, i_A = i_C = \frac{I_m}{2}$

Tương tự như trên, s.t.đ pha B cực đại, $F_B = F_m$, còn $F_A = F_C = -F_m/2$. (dấu trừ ở đây với ý nghĩa chỉ chiều s.t.đ pha A, C ngược với pha B tại thời điểm xét). Dựa vào quan hệ hình học các véc tơ s.t.đ củ 3 pha, chúng ta có: $F_{3p} = \frac{3}{2} F_B = \frac{3}{2} F_m$ - s.t.đ 3 pha có biên độ gấp $\frac{3}{2}$ lần biên độ của pha B, phương chiều trùng với phương chiều trục từ trường pha B, lệch với trục s.t.đ ban đầu (tại thời điểm $\omega t = \pi/2$) góc 120° (hình 3.4 b)



Hình 3.4 : phân tích từ trường quay 3 pha bằng đồ thị véc tơ

Tại thời điểm $\omega t = \pi/2 + 4\pi/3$, tương ứng trị số dòng điện, $i_C = I_m, i_B = i_A = \frac{I_m}{2}$. S.t.đ pha C cực đại, $F_C = F_m$, còn $F_B = F_A = -F_m/2$. (dấu trừ ở đây với ý nghĩa chỉ chiều s.t.đ pha B, A ngược với pha C tại thời điểm xét). Dựa vào quan hệ hình học các véc tơ s.t.đ củ 3 pha, chúng ta có: $F_{3p} = \frac{3}{2} F_C = \frac{3}{2} F_m$ - s.t.đ 3 pha có biên độ gấp $\frac{3}{2}$ lần biên độ của pha C, phương chiều trùng với phương chiều trục từ trường pha C, lệch với trục s.t.đ ban đầu (tại thời điểm $\omega t = \pi/2$) góc 240° (hình 3.4 c)

Nếu xét tại thời điểm $\omega t = \pi/2 + 6\pi/3 = \pi/2 + 2\pi$, dòng điện và s.t.đ trùng với thời điểm ban đầu $\omega t = \pi/2$, có nghĩa là vị trí s.t.đ đã di chuyển 1 vòng dọc theo khe hở rô to - stato máy điện tương ứng góc độ điện 180° hay 2π (máy có $2p = 2$). Tốc độ dịch chuyển s.t.đ phụ thuộc tốc độ góc ω của dòng điện xoay chiều và số cực từ trong máy điện. Trường hợp máy có $2p = 2$ cực từ, tốc độ dịch chuyển của s.t.đ đúng bằng tốc độ góc

ω , máy có số cực từ 2p bất kỳ, có tốc độ góc dịch chuyển $\omega_1 = \frac{\omega}{\pi}$ (rad/s), hay tốc độ quay

$$\text{của nó là : } n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vòng/ph)}$$

Như vậy, s.t.đ quay (từ trường quay) máy điện xoay chiều 3 pha đối xứng, là s.t.đ có trị số không đổi, có phương chiều biến đổi theo quỹ tích vòng tròn, tốc độ quay $n_1 = \frac{60f}{p}$ (vòng/ph) trong không gian dọc theo khe hở không khí máy điện. Nó còn được gọi là s.t.đ 3 pha quay tròn.

III. QUAN HỆ GIỮA STĐ ĐẬP MẠCH(1PHA) VÀ STĐ QUAY TRÒN(S.T.Đ 3 PHA ĐỐI XỨNG)

1. Quan hệ giữa S.t.đ đập mạch với s.t.đ quay

Phân tích s.t.đ 1 pha theo hệ thức lượng giác, ta có:

$$F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t - \alpha) + \frac{1}{2} F_m \sin(\omega t + \alpha)$$

Như vậy: Sức từ động đập mạch là tổng của hai stđ quay thuận và ngược với biên độ của stđ quay bằng một nửa của stđ đập mạch.

b.s.t.đ quay với s.t.đ đập mạch:

Phân tích s.t.đ quay 3 pha theo hệ thức lượng giác, ta có:

$$F_m \cdot \sin(\omega t \pm \alpha) = F_m \sin \omega t \cdot \cos \alpha \pm F_m \cos \omega t \cdot \sin \alpha.$$

Như vậy, s.t.đ quay là tổng hai s.t.đ đập mạch.

2. Sức từ động quay tròn (hay từ trường quay tròn) hai pha

Bằng tính toán và thực tiễn cho thấy :

Nếu hai s.t.đ đập mạch (tạo bởi hai dây quấn 1 pha) có góc lệch nhau trong không gian và thời gian góc $\pi/2$ thì s.t.đ quay 3 pha là s.t.đ quay tròn (tương tự s.t.đ 3 pha đối xứng, góc lệch pha $2\pi/3$). Trong máy điện xoay chiều 1 pha, để tạo nên từ trường quay như vậy, người ta cấu tạo hai dây quấn (tương ứng hai pha dây quấn) có góc lệch không gian góc $\pi/2$ (góc độ điện) và tạo độ lệch pha góc $\pi/2$ bằng nối tiếp 1 pha dây quấn với tụ điện(C), điện cảm(L),...

3. Sức từ động quay (hay từ trường quay) elíp

Xuất hiện khi hai stđ đập mạch lệch nhau trong không gian hoặc thời gian góc $\alpha \neq \pi/2$.

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Đặc điểm sức từ động (stđ) đập mạch, phương pháp và biểu thức tính trị số s.t.đ 1 pha.
2. Đặc điểm stđ quay 3 pha, phương pháp phân tích, biểu thức tính stđ quay 3 pha .
3. Phương pháp phân tích stđ dây quấn 3 pha bằng đồ thị véctơ.
4. Quan hệ giữa stđ quay và stđ đập mạch ?.

5. Đặc điểm stđ dây quấn 1 pha?.
6. Đặc điểm stđ dây quấn 2 pha?.
7. Đặc điểm stđ dây quấn 3 pha?.
8. Điều kiện để có từ trường quay tròn đối với dây quấn 2 pha, 3 pha và dây quấn nhiều pha.

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Tính sức từ động cơ bản của một pha dây quấn trong động cơ 3 pha. Biết dây quấn xếp 2 lớp có $Z = 24$, $2p = 4$, bước dây quấn $y = 5$, số vòng dây mỗi phần tử $W_s = 10$ vòng. Động cơ có công suất $P = 5,5$ kW với $U_{dm} = 380$ V đấu Y, $\cos \varphi_{dm} = 0,8$; $\eta_{dm} = 0,85$. Mỗi pha có một mạch nhánh song song.

Gợi ý

P: công suất cơ trên đầu trục động cơ, thường được ghi trên nhãn máy.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta$$

Dây quấn đấu Y có dòng điện $I_d = I_f = I_{dm}$.

Sức từ động cơ bản tương ứng với sóng bậc $\nu = 1$.

Trước tiên cần tính các thông số của bộ dây quấn:

Bước cực:
$$\tau = \frac{Z}{2p} \quad (\text{rãnh}).$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực: $q = \frac{\tau}{m}$ (m: số pha).

Góc lệch pha về điện giữa hai rãnh liên tiếp nhau: $\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau}$

Sức từ động quay là tổng của các sức từ động đập mạch. Tính biên độ sức từ động đập mạch theo công thức:

$$F_m = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot W_s \cdot 2p \cdot q \cdot \frac{k_{dq}}{p} \cdot I \quad (\text{A.vòng}).$$

Với I dòng điện chạy trong một mạch nhánh song song.

Sức từ động của một pha được biểu diễn dưới dạng sau:

$$F_f = F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha \quad (\text{A.vòng}).$$

Hệ số dây quấn k_{dq} của bộ dây quấn: $k_{dq} = k_n \cdot k_r$.

Hệ số quấn rải: $k_r = \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}}$ và hệ số bước ngắn: $k_n = \sin \beta \cdot \frac{\pi}{2}$ (với $\beta = \frac{y}{\tau}$)

BÀI GIẢI

Các thông số của bộ dây quấn xếp 2 lớp:

Bước cực:
$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6 \quad (\text{rãnh}).$$

Số mạch nhánh / pha / bước cực: $q = \frac{\tau}{3} = \frac{6}{3} = 2 \quad (\text{rãnh}).$

Góc lệch pha về điện: $\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau} = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$

$$\begin{aligned} \text{Hệ số dây quấn: } k_{dq} &= k_n \cdot k_r = \sin\left(\beta \cdot \frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}} \\ &= \sin\left(\frac{5}{6} \cdot \frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{\sin 2 \cdot \frac{30^\circ}{2}}{2 \cdot \sin \frac{30^\circ}{2}} = 0,933 \\ &\text{(với hệ số tải } \beta = \frac{y}{\tau} = \frac{5}{6}\text{).} \end{aligned}$$

Tổng số vòng dây trong một mạch nhánh song song.

$$W = W_s \cdot 2p \cdot q = 10 \cdot 4 \cdot 2 = 80 \quad (\text{vòng}).$$

Dòng điện dây định mức trong một pha:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 12,29 \quad (\text{A}).$$

Dây quấn đấu sao (Y) nên dòng điện $I_d = I_p = I_{dm} = 12,29 \quad (\text{A})$.

Do mỗi pha có một mạch nhánh song song nên dòng điện $I_{dm} = 12,29 \quad (\text{A})$ chính là dòng điện trên mỗi mạch nhánh song I.

Biên độ sức từ động đập mạch là:

$$F_m = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot W \cdot \frac{k_{dq}}{p} \cdot I = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot 80 \cdot \frac{0,933}{2} \cdot 12,29 = 413 \quad (\text{A.vòng}).$$

Sức từ động của một pha biểu diễn dưới dạng phương trình sau:

$$F_f = F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha$$

$$F_f = 413 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha \quad (\text{A.vòng}).$$

Trong đó ω, α là những trị số thay đổi tương ứng theo thời gian, không gian.

BÀI TẬP 2

Một máy phát điện ba pha có công suất định mức $P_{dm} = 10 \text{ kW}$, $U_{dm} = 380 \text{ V}$, máy phát đấu tam giác (Δ), $\cos \varphi_{dm} = 0,8$. Stato có tổng số rãnh $Z = 36$, $2p = 4$, số vòng dây trong một bố dây $W_s = 20$ vòng, dạng dây quấn xếp 2 lớp, mỗi pha có 2 mạch nhánh song song. Tính sức từ động cơ bản của một pha dây quấn?

Gợi ý

P_{dm} : công suất điện trên hai cực của máy phát, thường được ghi trên nhãn máy.

$$P_{dm} = \sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot I_{dm} \cdot \cos \varphi_{dm}$$

Dây quấn đấu Δ có dòng điện $I_d = \sqrt{3} I_f = I_{dm}$.

Sức từ động cơ bản tương ứng với sóng bậc $\nu = 1$.

Trước tiên cần tính các thông số của bộ dây quấn:

$$\text{Bước cực: } \tau = \frac{Z}{2p} \quad (\text{rãnh}).$$

Số rãnh của một pha dưới một bước cực: $q = \frac{\tau}{m}$ (m: số pha).

Góc lệch pha về điện giữa hai rãnh liên tiếp nhau: $\alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau}$

Sức từ động quay là tổng của các sức từ động đập mạch, cần tính biên độ sức từ động đập mạch theo công thức:

$$F_m = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot W_s \cdot 2p \cdot q \cdot \frac{k_{dq}}{p} \cdot I \quad (\text{A.vòng}).$$

Với I dòng điện chạy trong một mạch nhánh song song.
Sức từ động của một pha được biểu diễn dưới dạng sau:

$$F_r = F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha$$

Hệ số dây quấn k_{dq} của bộ dây quấn: $k_{dq} = k_n \cdot k_r$.

$$\text{Hệ số quấn rải: } k_r = \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}} \text{ và hệ số bước ngắn: } k_n = \sin \beta \cdot \frac{\pi}{2} \quad (\text{với } \beta = \frac{y}{\tau})$$

BÀI GIẢI

Các thông số của bộ dây quấn xếp 2 lớp:

$$\text{Bước cực: } \tau = \frac{Z}{2p} = \frac{36}{4} = 9 \quad (\text{rãnh}).$$

$$\text{Số mạch nhánh / pha / bước cực: } q = \frac{\tau}{3} = \frac{9}{3} = 3 \quad (\text{rãnh}).$$

$$\text{Góc lệch pha về điện: } \alpha_d = \frac{180^\circ}{\tau} = \frac{180^\circ}{9} = 20^\circ$$

Dây quấn xếp 2 lớp có bước dây quấn nằm trong khoảng sau:

$$\frac{2}{3}\tau \leq y \leq (\tau - 1) \text{ tương ứng } 6 \leq y \leq 8$$

Do đó chọn bước dây quấn $y = 7$.

$$\text{Hệ số dây quấn: } k_{dq} = k_n \cdot k_r = \sin\left(\beta \cdot \frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{\sin q \cdot \frac{\alpha_d}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}}$$

$$= \sin\left(\frac{7}{9} \cdot \frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{\sin 3 \cdot \frac{20^\circ}{2}}{3 \cdot \sin \frac{20^\circ}{2}} = 0,902$$

$$(\text{với hệ số tải } \beta = \frac{y}{\tau} = \frac{7}{9}).$$

Tổng số vòng dây trong một mạch nhánh song song.

$$W = W_s \cdot 2p \cdot q = 20 \cdot 2 \cdot 3 = 120 \quad (\text{vòng}).$$

Dòng điện dây định mức:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \cos \varphi_{dm}} = \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 19 \quad (\text{A}).$$

Dây quấn đấu tam giác (Δ) nên dòng điện $I_d = \sqrt{3} I_p = I_{dm} = 19 \quad (\text{A}).$

Dòng điện trên một pha dây quấn là:

$$I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{19}{\sqrt{3}} = 10,96 \quad (\text{A}).$$

Do mỗi pha có hai mạch nhánh song song nên dòng điện trên mỗi mạch nhánh song song là I:

$$I = \frac{I_p}{2} = \frac{10,96}{2} = 5,48 \quad (\text{A}).$$

Biên độ sức từ động đập mạch là:

$$F_m = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot W \cdot \frac{k_{dq}}{p} \cdot I = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot 120 \cdot \frac{0,902}{3} \cdot 5,48 = 178$$

(A.vòng).

Sức từ động của một pha biểu diễn dưới dạng phương trình sau:

$$F_f = F_m \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha$$

$$F_f = 178 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \alpha \quad (\text{A.vòng}).$$

Trong đó ω , α là những giá trị thay đổi theo thời gian, không gian.

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Cho máy phát điện ba pha đấu Y, mỗi cực có 12 rãnh, dây quấn hai lớp, bước dây quấn là 10 rãnh, mỗi phần tử có 4 vòng dây. Hãy tính biên độ sức từ động cơ bản và sức từ động tổng khi có dòng điện dây 10 A chạy qua hai pha A và B, nhưng pha C hở mạch trong hai trường hợp sau:

a/ Dòng điện là dòng xoay chiều.

b/ Dòng điện là dòng một chiều.

ĐS: a/ $F_{AC} = 230$ A.vòng.

b/ $F_{DC} = \frac{230}{\sqrt{2}}$ A.vòng.

Bài 2

Cho một máy phát điện ba pha tốc độ quay $n = 75$ vg/ph, dây quấn 1 lớp, dòng điện đi qua mỗi phần tử $I = 230$ A (trị số hiệu dụng), số rãnh phần tử $Z = 480$, trong mỗi rãnh có 8 thanh dẫn, tần số $f = 50$ Hz. Tính:

a/ Biên độ sóng điều hòa sức từ động bậc 1, 3, 5 của mỗi phần tử khi dòng điện pha là cực đại.

b/ Biên độ của các sức từ động bậc 1, 3, 5 của dây quấn của mỗi pha.

ĐS: a/ $F_{v=1,3,5} = 1656; 552; 331,2$ A.vòng.

b/ $F_{v=1,3,5} = 3200; 1066,4; 640$ A.vòng.

PHẦN IV. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Chương 1. ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ (MĐKĐB)

Mục tiêu: Sau khi học xong chương này sinh viên phải :

- Mô tả được kết cấu các bộ phận của MĐKĐB.
- Nêu được nhiệm vụ từng bộ phận của máy.
- Nêu được tên và lý do chọn loại vật liệu chế tạo các bộ phận máy.
- Trình bày được nguyên lý làm việc của MĐKĐB.
- Giải thích được cơ sở tạo mômen quay của động cơ.
- Phân tích được các chế độ làm việc khác nhau của MĐKĐB.
- Giải thích được ý nghĩa các đại lượng định mức ghi trên nhãn máy.

Nội dung:

I. CẤU TẠO

Máy điện không đồng bộ là máy điện quay, cấu tạo gồm các bộ phận chính sau:

1. PHẦN TĨNH (STATO)

-*Lõi sắt*: là phần dẫn từ. Được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện, hai mặt có sơn cách điện dày 0,35; 0,5 mm ghép lại. Nếu lõi thép ngắn, các lá thép được ghép lại thành một khối. Với lõi thép dài, các lá thép được ghép lại thành từng xếp dài 6 đến 8 cm, đặt cách nhau 1 cm để thông gió ngang trục. Mặt trong của lõi thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn. Hình dạng rãnh có thể là kiểu hở, nửa kín, nửa hở.

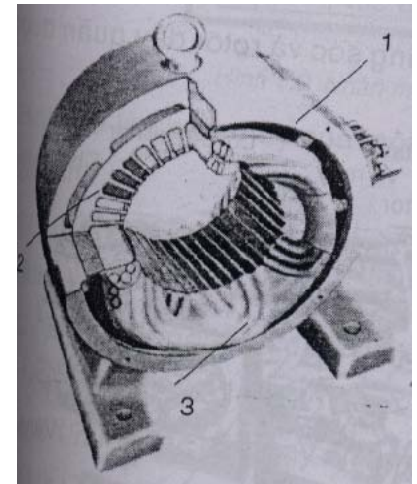
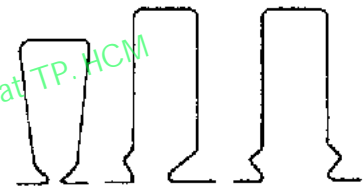
-*Dây quấn*: được đặt trong các rãnh của lõi thép và cách điện với lõi thép. Dây quấn thường là dây tiết diện tròn hoặc tiết diện chữ nhật có bọc cách điện được quấn thành từng bối và đặt vào các rãnh theo sơ đồ đã xét trong phần 2.

-*Vỏ máy*: dùng cố định lõi thép và dây quấn. Thường làm bằng gang hoặc nhôm. Với máy công suất lớn làm bằng thép tấm uốn và hàn lại.

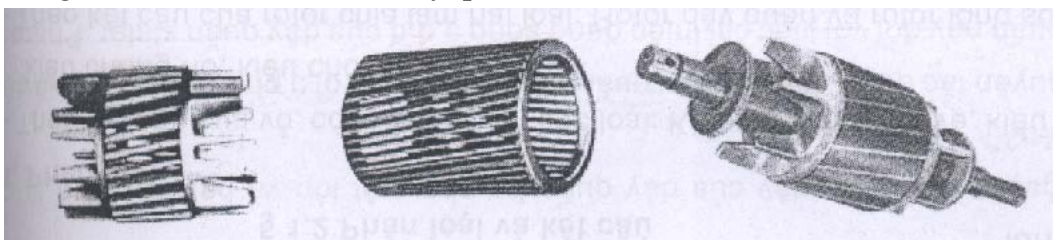
Tùy theo cách làm nguội mà dạng vỏ máy khác nhau.

2. PHẦN QUAY (ROTOR)

-*Lõi sắt*: được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện. Lõi sắt được ép lên trục máy. Phía ngoài có xẻ rãnh để đặt dây quấn.



Hình 1.1. Kết cấu stato

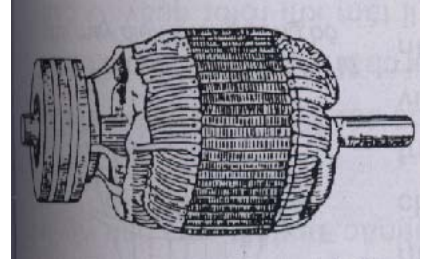


Hình 1.2. rô to lồng sóc

Dây quấn: có hai loại rotor dây quấn và rotor lồng sóc.

+*Rotor lồng sóc:* Trong mỗi rãnh của lõi sắt đặt thanh dẫn bằng đồng hay nhôm. Các thanh dẫn được nối tắt ở hai đầu bằng các thanh đồng hoặc nhôm.

+*Rotor dây quấn:* Trong các rãnh đặt dây quấn rải như dây quấn stato. Đối với máy cỡ nhỏ dùng dây quấn đồng tâm hai lớp. Máy cỡ lớn dùng dây quấn sóng. Dây quấn ba pha của rotor, một đầu được đấu sao, ba đầu kia nối với ba vành trượt, thông qua ba chổi than nối với ba điện trở bên ngoài và sau đó nối chụm lại.



Hình 1.3. rô to dây quấn

3.KHE HỖ KHÔNG KHÍ GIỮA STATO VÀ ROTOR

Để hạn chế dòng điện từ hóa lấy từ lưới, nghĩa là nâng cao hệ số công suất thì khe hở của máy phải nhỏ. Thường trong máy cỡ nhỏ và vừa khe hở rộng 0,2 đến 1mm.

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

Đặt điện áp xoay chiều ba pha vào dây quấn stato, trong dây quấn có dòng điện xoay chiều ba pha, sẽ tạo ra từ trường quay với tốc độ $n_1 = \frac{60.f}{P}$ trong đó P: số đôi

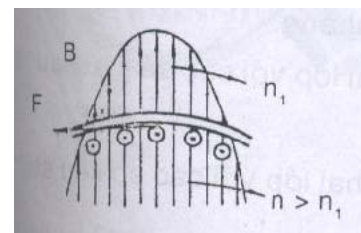
cực; f: tần số dòng điện lưới. Từ trường này quét lên dây quấn rotor làm cảm ứng trong dây quấn rotor sđđ e_2 . Do dây quấn rotor được nối ngắn mạch nên trong dây quấn có dòng điện i_2 . Từ thông do dòng điện rotor sinh ra hợp với từ thông của stato, tạo thành từ thông tổng ở khe hở. Dòng điện trong dây quấn rotor tác dụng với từ trường khe hở sinh ra moment và làm cho rotor quay với tốc độ n.

Tốc độ quay rotor luôn khác tốc độ quay từ trường ($n \neq n_1$). Vì vậy được gọi là động cơ không đồng bộ.

Giả sử $n = n_1$, nghĩa là tốc độ rotor bằng tốc độ từ trường quay, sẽ không có chuyển động tương đối giữa dây quấn rotor và từ trường quay nên sđđ $e_2 = 0$ và dòng điện trong dây quấn rotor $i_2 = 0$. Lực điện từ tác dụng lên thanh dẫn bằng 0 nên rotor quay chậm lại. Khi $n < n_1$ lại có chuyển động tương đối giữa stato và rotor nên hiện tượng lặp lại như trên. Như vậy tốc độ quay của rotor luôn luôn nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường.

Sự sai khác giữa tốc độ quay của rotor và stato gọi là hệ số trượt. Thường được tính theo phần trăm.

$$S\% = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100$$



Chế độ làm việc của MĐKĐB tùy theo giá trị của hệ số trượt. MĐKĐB có thể làm việc ở ba chế độ:

-Chế độ động cơ: là chủ yếu. Khi đó rotor quay cùng chiều với từ trường và $0 < n < n_1$ hay $1 > s > 0$.

Hình 1.4. tương quan tốc độ từ trường và tốc độ rô to

-Chế độ máy phát: rotor quay thuận chiều từ trường nhưng với tốc độ lớn hơn tốc độ đồng bộ và $n > n_1$ hay $s < 0$.

-Chế độ hãm điện từ: rotor quay ngược chiều từ trường và $n < 0$ hay $s > 1$

III. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐỊNH MỨC

Máy điện không đồng bộ chủ yếu làm việc ở chế độ động cơ điện. Trên nhãn động cơ ghi các trị số định mức của động cơ khi tải là định mức.

-Công suất định mức: P_{dm} (w; kw) là công suất cơ ở đầu trục động cơ. Có thể ghi theo đơn vị HP (ngựa), 1HP = 0,736 kw. $P_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos \varphi_{dm} \eta_{dm}$

-Dòng điện định mức: I_{dm} (A; kA) là dòng điện dây định mức.

-Điện áp định mức: U_{dm} (V;kV) là điện áp dây định mức.

-Cách đấu dây: sao hoặc tam giác.

-Tốc độ quay định mức: (vòng/ phút)

-Hiệu suất định mức: η_{dm}

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

-Tần số định mức: f_{dm}

-Số pha

-Cấp cách điện

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Lõi thép roto làm bằng vật liệu gì, có thể chế tạo bằng thép khối không.
2. cấu tạo stato của động cơ roto dây quấn và động cơ roto lồng sóc có giống nhau không.
3. Các phương pháp làm mát máy điện xoay chiều.
4. Tại sao lõi thép stato của MĐXC phải chế tạo bằng thép lá kỹ thuật điện.
5. Ảnh hưởng của độ rộng khe hở không khí giữa stato và roto (tăng hoặc giảm) đối với các thông số của máy.
6. Vì sao không cần cách điện giữa thanh dẫn roto lồng sóc và lõi thép.
7. Các kiểu vỏ động cơ.
8. Yêu cầu về quan hệ giữ số rãnh của stato Z_1 và số rãnh roto Z_2
9. MĐKĐB làm việc dựa trên nguyên lý nào.
10. Nếu vành ngắn mạch bị hở, động cơ có khởi động được không.
11. Trình bày nguyên lý làm việc của động cơ.

12. Giải thích vì sao tốc độ quay của roto luôn luôn nhỏ hơn tốc độ quay của từ trường.
13. MĐKĐB có thể làm việc ở những trạng thái nào.
14. Hệ số trượt, chiều quay của roto và mômen khi máy làm việc ở trạng thái máy phát.
15. Khi nào thì máy làm việc ở trạng thái hãm. Hệ số trượt, chiều quay của roto và mômen ở trạng thái hãm.
16. Cũng câu hỏi như vậy đối với chế độ động cơ
17. Ý nghĩa của công suất ghi trên nhãn động cơ.
18. Nhãn động cơ ghi 380 V/ 220 V - Y / Δ. Nếu điện áp dây của lưới là 220 V, phải đấu động cơ theo kiểu nào.
19. Đọc các trị số từ nhãn động cơ đã sưu tầm.

IV. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP ỨNG DỤNG:

BÀI TẬP 1:

Cho một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc có $P_{đm} = 10 \text{ kW}$, $U_{đm} = 220/380 \text{ V}$, dây quấn đấu Δ/Y, tốc độ quay $n_{đm} = 960 \text{ vg/ph}$, số cực $2p = 6$, tần số $f = 50 \text{ Hz}$, hệ số công suất $\cos \varphi = 0,8$; hiệu suất $\eta = 0,85$.

1. Tính dòng điện định mức của động cơ.
2. Tính tổng tổn hao công suất trong động cơ.

Gợi ý:

$P_{đm}$: công suất cơ ở đầu trục của động cơ.

$$P_{đm} = \sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot I_{đm} \cdot \cos \varphi_{đm} \cdot \eta_{đm} \quad (\text{W}).$$

Dây quấn đấu Δ/Y: chọn cách đấu dây phù hợp với điện áp dây của nguồn điện.

Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot I_{đm} \cdot \cos \varphi_{đm} \quad (\text{W}).$$

Tổng tổn hao trong động cơ: $\Delta P = P_{vào} - P_{ra} \quad (\text{W})$

BÀI GIẢI

1/ Dòng điện định mức thay đổi theo điện áp làm việc:

Với $U_{đm} = 220 \text{ V}$.

$$I_{đm} = \frac{P_{đm}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot \cos \varphi_{đm}} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,85 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,8} = 38,59 \quad (\text{A}).$$

Với $U_{đm} = 380 \text{ V}$.

$$I_{đm} = \frac{P_{đm}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot \cos \varphi_{đm}} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,85 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 22,34 \quad (\text{A}).$$

2/ Tổng tổn hao công suất trong động cơ:

$$\sum \Delta P = \frac{P_{đm}}{\eta_{đm}} - P_{đm} = \frac{10 \cdot 10^3}{0,85} - 10 \cdot 10^3 = 1764,7 \quad (\text{W}).$$

BÀI TẬP 2:

Cho một động cơ điện không đồng bộ 3 pha dây quấn stato nối hình tam giác, điện áp lưới 220 V, $f = 50 \text{ Hz}$. Số liệu động cơ: $p = 2$ đôi cực, $I_1 = 21 \text{ A}$, $\cos \varphi_1 = 0,82$; $\eta =$

0,837; $s = 0,053$. Tính tốc độ động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ P_1 , tổng các tổn hao, công suất điện hữu ích P_2 .

Gợi ý.

Điện áp lưới 220 V là điện áp dây. Động cơ có dây quấn nối hình tam giác tương ứng mỗi cuộn dây chịu điện áp dây 220 V từ nguồn.

I_1 là dòng điện đo được trên 1 pha dây quấn stato khi động cơ đang làm việc.

Hệ số trượt $s = 0,053$ là độ lệch giữa tốc độ quay của từ trường và rotor:

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

(với n_1 tốc độ đồng bộ và n tốc độ quay rotor).

Hiệu suất η đặc trưng cho hiệu quả làm việc của động cơ:

$$\eta = \frac{P_{dm}}{P_1}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi \quad (\text{W}).$$

BÀI GIẢI

Tốc độ góc của động cơ:

$$\begin{aligned} \omega &= \omega_1 \cdot (1 - s) = \frac{2\pi \cdot f}{p} \cdot (1 - s) \\ &= \frac{2\pi \cdot 50}{2} \cdot (1 - 0,053) = 148,68 \quad (\text{rad/s}). \end{aligned}$$

Tốc độ quay của động cơ:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s) = \frac{60 \cdot 50}{2} \cdot (1 - 0,053) = 1420 \quad (\text{vg/ph}).$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 21 \cdot 0,82 = 6561 \quad (\text{W}).$$

Công suất điện hữu ích:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 = 6561 \cdot 0,837 = 5491 \quad (\text{W}).$$

Tổng các tổn hao công suất:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 6561 - 5491 = 1070 \quad (\text{W}).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc có các thông số ghi trên nhãn máy: công suất định mức $P_{dm} = 75 \text{ kW}$, tốc độ định mức $n_{dm} = 2930 \text{ vg/ph}$, hệ số công suất định mức $\cos \varphi_{dm} = 0,91$; hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 91 \%$, động cơ đấu $Y/\Delta_{380 \text{ V}/220 \text{ V}$; điện áp lưới $U_d = 380 \text{ V}$.

1. Tính công suất tác dụng và phản kháng động cơ tiêu thụ.
2. Tính dòng điện, hệ số trượt, cho $p = 1$.

ĐS: 1/ $P_1 = 82,42 \text{ kW}$; $Q_1 = 37,56 \text{ kVAr}$.

2/ $I_{dm} = 138 \text{ A}$; $s_{dm} = 0,023$.

Chương 2. CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐKĐB

Mục tiêu : Sau khi học xong chương này SV phải :

- Hiểu được bản chất vật lý của MĐKĐB khi roto đứng yên.
- Thành lập được phương trình cân bằng sức điện động và sức từ động của MĐKĐB khi roto đứng yên và khi roto quay.
- Vẽ và hiểu được các thành phần của mạch điện thay thế.
- Phân tích được quá trình chuyển đổi năng lượng trong máy.
- Thành lập được biểu thức mômen điện từ .
- Xác lập được quan hệ giữa momen với hệ số trượt.
- Vẽ được đường đặc tính cơ của ĐCKĐB và giải thích điểm làm việc ổn định.
- Giải thích được quá trình hình thành các mômen phụ và ảnh hưởng của nó đối với sự làm việc của động cơ.
- Xây dựng được các đường đặc tính làm việc.
- Phân tích được tình trạng của máy khi các trị số điện áp, tần số và điện áp đặt vào không đối xứng.

Nội dung:

I. MĐKĐB LÀM VIỆC KHI ROTOR ĐỨNG YÊN

Bản chất vật lý của MĐKĐB khi rotor đứng yên giống MBA khi ngắn mạch, do đó có thể sử dụng những qui luật của MBA vào MĐKĐB.

Khi rotor đứng yên, nếu đặt điện áp u_1 có tần số f_1 vào dây quấn stato, trong dây quấn stato có dòng điện và sinh ra từ trường quay quét lên các thanh dẫn rotor và stato làm cảm ứng sđđ ở hai dây quấn:

$$\text{Stato: } E_1 = 4,44 \cdot w_1 \cdot K_{dq,1} \cdot f_1 \cdot \Phi$$

$$\text{Rotor: } E_2 = 4,44 \cdot w_2 \cdot K_{dq,2} \cdot f_2 \cdot \Phi = 4,44 \cdot w_2 \cdot K_{dq,2} \cdot f_1 \cdot \Phi \quad (\text{rotor đứng yên nên}$$

$f_1=f_2$)

Ngoài từ trường chính còn có từ trường tản $\Phi_{\sigma,1}$ cảm ứng ra sđđ $E_{\sigma,1}$ và $\Phi_{\sigma,2}$ cảm ứng ra sđđ $E_{\sigma,2}$.

Do rotor được nối ngắn mạch, nên trong mạch rotor có dòng điện i_2 . Dòng điện i_1 và i_2 sẽ gây ra điện áp rơi trên điện trở r_1 và r_2 . Do đó, như MBA ta có các phương trình:

$$U_1 = -E_1 + i_1 \cdot r_1 + j i_1 \cdot x_1 \quad \text{với } x_1 = \omega_1 L_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot L_1 \text{ điện kháng tản dây quấn stato}$$

$$0 = E_2 - i_2 \cdot r_2 - j i_2 \cdot x_2 \quad \text{với } x_2 = \omega_1 L_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot L_2 \text{ điện kháng tản dây quấn rotor}$$

Cũng giống MBA, dây quấn stato và rotor không liên hệ với nhau về điện. Vậy để có thể biểu diễn chúng trên cùng mạch điện ta phải qui đổi rotor về mạch stato. Khi rotor đứng yên $f_1 = f_2$, nên tỉ số biến đổi điện áp của MĐKĐB là:

$$E'_2 = E_1 = K_e \cdot E_2 \quad K_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1 \cdot K_{dq,1}}{w_2 \cdot K_{dq,2}}$$

$$I'_2 = \frac{I_2}{K_i} \quad K_i = \frac{m_1 \cdot w_1 \cdot K_{dq1}}{m_2 \cdot w_2 \cdot K_{dq2}}$$

$$r'_2 = K_e \cdot K_i \cdot r_2 \quad \text{và} \quad x'_2 = K_e \cdot K_i \cdot x_2$$

Phương trình cơ bản của mạch rotor sau qui đổi là:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot r_1 + j \dot{I}_1 \cdot x_1$$

$$0 = \dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \cdot r'_2 - j \dot{I}'_2 \cdot x'_2$$

$$-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 \cdot Z_m = \dot{I}'_0 (r_m + j \cdot x_m)$$

II. MĐKĐB LÀM VIỆC KHI ROTOR QUAY

Rotor quay với tốc độ n , từ trường quay với tốc độ n_1 nên tốc độ chuyển động tương đối của rotor và từ trường là: $n_2 = n_1 - n$ sẽ làm cảm ứng trong dây quấn rotor sđđ:

$$E_{2S} = 4,44 \cdot w_2 \cdot K_{dq2} \cdot f_2 \cdot \Phi \quad \text{Với} \quad f_2 = \frac{P \cdot n_2}{60} = \frac{P(n_1 - n)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_1} = S \cdot f_1$$

$$E_{2S} = 4,44 \cdot w_2 \cdot K_{dq2} \cdot S \cdot f_1 \cdot \Phi = S \cdot E_2$$

Và $x_{2S} = \omega_2 \cdot L_2 = 2\pi \cdot f_2 \cdot L_2 = 2\pi \cdot f_1 \cdot S \cdot L_2 = S \cdot x_2$

Phương trình cơ bản ở mạch rotor khi rotor quay là:

$$0 = \dot{E}_{2S} - \dot{I}_2 \cdot r_2 - j \dot{I}_2 \cdot x_{2S}$$

$$0 = S \cdot \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot r_2 - j \dot{I}_2 \cdot S \cdot x_2$$

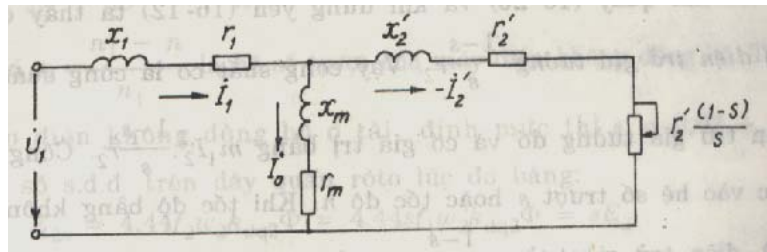
$$0 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot \frac{r_2}{S} - j \dot{I}_2 \cdot x_2$$

mà $\frac{r_2}{S} = r_2 + \frac{1-S}{S} \cdot r_2$ nên $0 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot r_2 - j \dot{I}_2 \cdot S \cdot x_2 - \dot{I}_2 \cdot \frac{1-S}{S} \cdot r_2$

$$\dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot r_2 - j \dot{I}_2 \cdot x_2 = \dot{I}_2 \cdot \frac{1-S}{S} \cdot r_2$$

Qui đổi: $\dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \cdot r'_2 - j \dot{I}'_2 \cdot x'_2 = \dot{I}'_2 \cdot \frac{1-S}{S} \cdot r'_2$

Mạch điện thay thế



Hình 2.1. Mạch điện thay thế MD9KD9B khi rô to quay

Hệ phương trình cơ bản khi rotor quay:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 r_1 + j \dot{I}_1 x_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

$$0 = \dot{E}_2 - \dot{I}'_2 \cdot \frac{r'_2}{s} - j \dot{I}'_2 x'_2$$

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

$$-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m$$

III. GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG VÀ ĐỒ THỊ VECTO CỦA MĐKĐB

1. MÁY LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ ĐỘNG CƠ (0 < s < 1)

Công suất tác dụng: Động cơ lấy năng lượng từ lưới vào: $P_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$

Có tổn hao đồng trên dây quấn stato: $P_{Cu,1} = m_1 \cdot I_1^2 \cdot r_1$

Tổn hao sắt $P_{Fe} = m_1 \cdot I_0^2 \cdot r_m$

Còn lại:

$$P_{dt} = P_1 - P_{Cu,1} - P_{Fe} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot \frac{r'_2}{s} = m_2 \cdot I_2'^2 \cdot \frac{r_2}{s}$$

Khi có dòng điện trong dây quấn rotor sẽ có tổn hao đồng trong dây quấn rotor

$$P_{Cu,2} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot r'_2 = m_2 \cdot I_2'^2 \cdot r_2$$

Còn lại:

$$P_{co} = P_{dt} - P_{Cu,2} = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot \left(\frac{1-s}{s} \right) r'_2$$

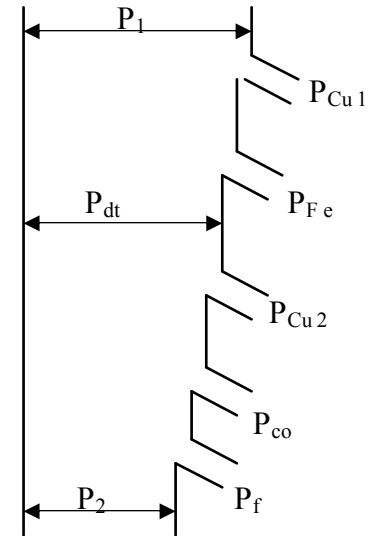
Khi máy quay có tổn hao cơ và tổn hao phụ. Vậy công suất đưa ra đầu trục động cơ là:

$$P_2 = P_{co} - (p_{co} + P_{fu})$$

Hiệu suất động cơ:
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P}{P_1}$$

Công suất phản kháng:

Động cơ lấy từ lưới vào công suất phản kháng: $Q_1 = m_1 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$



Hình 2.2. Giải đồ năng lượng

Một phần sinh ra từ trường tản của dây quấn stato: $q_1 = m_1 I_1^2 x_1$ và rotor

$$q_2 = m_1 I_2^2 x_2'$$

Phần còn lại sinh ra từ trường khe hở không khí: $Q_m = m_1 I_0^2 x_m$

Khe hở càng lớn thì Q_m và I_0 càng lớn nên $\cos \varphi$ càng thấp.

Thường $\cos \varphi_{dm} = 0,7 \div 0,95$ và $\cos \varphi_{khongtai} = 0,1 \div 0,15$

2. MÁY LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ MÁY PHÁT (S < 0)

Do $S < 0$ nên $P_{co} = m_1 I_2^2 \left(\frac{1-s}{s} \right) r_2' < 0$

Nghĩa là máy lấy công suất cơ từ lưới vào $\text{tg} \Psi_2 = \frac{x_2'}{r_2'} < 0$

Mà $90^\circ < \Psi_2 < 180^\circ$ nên $\varphi_1 > 90^\circ$

Nghĩa là $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$ máy phát công suất điện tác dụng vào lưới và

$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 > 0$ nên máy nhận công suất phản kháng từ lưới.

3. MÁY LÀM VIỆC Ở CHẾ ĐỘ Hãm (S > 1)

Do $s > 1$ nên $P_{co} = m_1 I_2^2 \left(\frac{1-s}{s} \right) r_2' < 0$ máy lấy công suất cơ từ lưới vào

Mặt khác: $P_{dt} = m_1 I_2^2 \frac{r_2'}{s} > 0$ máy lấy công suất điện từ lưới vào

Công suất cơ và điện lấy vào đều biến thành tổn hao đồng trên mạch rotor nên máy phát nóng

$$P_{dt} + (-P_{co}) = m_1 I_2^2 \frac{r_2'}{s} - m_1 I_2^2 \left(\frac{1-s}{s} \right) r_2' = m_1 I_2^2 r_2' = P_{Cu2}$$

IV. BIỂU THỨC MOMENT ĐIỆN TỬ VÀ ĐẶC TÍNH CƠ CỦA MĐKĐB

1. THÀNH LẬP BIỂU THỨC

Từ mạch điện thay thế hình T, ta biến đổi sang mạch hình Γ để dễ tính toán.

Trong đó: - C_1 : là hệ số phức với $C_1 = 1 + \frac{z_1}{z_m} \approx 1$

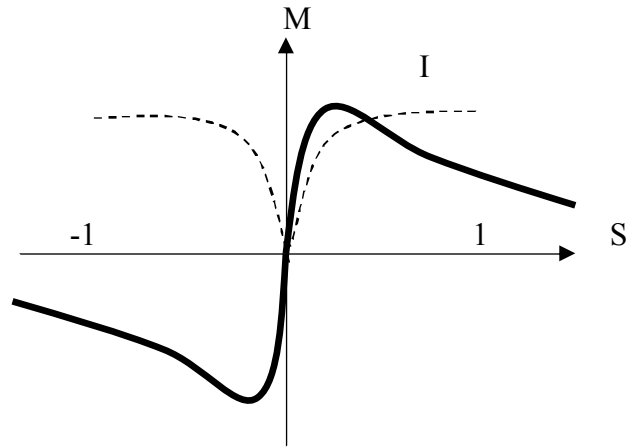
- I_0 : dòng điện không tải lý tưởng tức là dòng điện không tải ở MĐKĐB khi quay với tốc độ lý tưởng $n = n_1$ (hay $s = 0$ tức $\frac{1-s}{s} r_2' \approx \infty$)

$$I'_2 = \frac{I'_2}{C_1} \approx I'_2 \quad I_{00} \approx I_0 \quad \text{Hình 2.3. đồ thị } M(s)$$

Từ mạch điện thay thế đơn giản ta có:

$$I'_2 = I'_2 = \frac{U_1}{Z_1 + Z_2 + \frac{1-s}{s} r'_2}$$

$$I'_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(r + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2}}$$



từ phương trình vẽ đồ thị $I = f(S)$

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} \quad \text{mà } P_{dt} = m_1 I'^2_2 \cdot \frac{r'_2}{s}$$

$$\text{nên } M_{dt} = \frac{m_1 I'^2_2 \cdot \frac{r'_2}{s}}{\omega_1} = \frac{m_1 U_1^2 \cdot P \cdot \frac{r'_2}{s}}{2\pi \cdot f_1 \cdot \left[\left(r + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]} \quad \text{vẽ quan hệ } M = f(S)$$

đặc tính cơ có dạng như hình vẽ trên.

2. NHẬN XÉT

Từ phương trình $M = f(S)$ khi tần số không đổi và các tham số cho trước ta có:

-Moment động cơ tỷ lệ với bình phương điện áp, tỷ lệ với điện trở rotor và tỷ lệ nghịch với điện kháng.

-Moment mở máy tỉ lệ với bình phương điện áp:

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

-Moment cực đại: Lấy đạo hàm $\frac{dM}{ds} = 0$ giải ra được hệ số trượt S_m ứng với

$$\text{moment cực đại: } s_m = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1 + (x_1 + x'_2)^2}} \quad \text{và } M_{max} = \frac{m_1 \cdot U_1^2 \cdot P}{4\pi \cdot f_1 \cdot \left[r_1 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}$$

Moment cực đại của động cơ luôn tỷ lệ với bình phương điện áp, không phụ thuộc vào điện trở rotor và tỷ lệ nghịch với điện kháng.

Điện trở r'_2 khi thay đổi thường là lớn hơn điện trở tự nhiên, khi đó moment cực đại không thay đổi nhưng hệ số trượt S_m tăng.

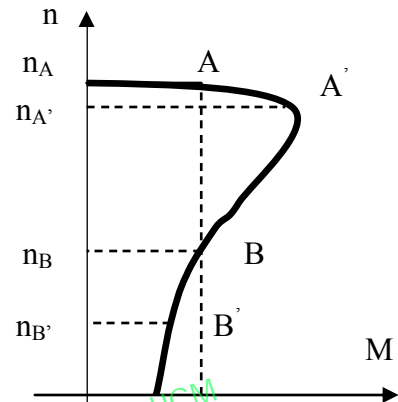
Thường trong lý lịch máy cho biết năng lực quá tải của động cơ (khả năng quá tải mà động cơ điện có thể chịu được): $K_m = \frac{M_{max}}{M_{dm}}$ và hệ số trượt ứng với công

suất định mức. Sử dụng công thức Klox tính được moment theo hệ số trượt

Công thức Klox:

$$\frac{M}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$

Hình 2.4. Quan hệ $n(M)$



3. SỰ LÀM VIỆC ỔN ĐỊNH CỦA ĐỘNG CƠ

Từ đặc tính $M_{dt} = f(s)$ giả sử động cơ đang làm việc với moment tải M_C , ứng với M_C động cơ có thể làm việc ở hai điểm A và B ứng với S_A và S_B .

-Khi máy làm việc tại A: giả sử moment tải tăng, lúc đó $M_C > M_{dt}$ nên tốc độ động cơ giảm hay hệ số trượt tăng. Trên đặc tính thấy khi hệ số trượt tăng thì moment điện từ tăng. Như vậy moment tăng cân bằng với M_C , do vậy động cơ làm việc ổn định ở thế cân bằng mới.

-Khi động cơ làm việc tại B: giả sử moment tải tăng, lúc đó $M_C > M_{dt}$ nên tốc độ động cơ giảm hay hệ số trượt tăng. Trên đặc tính thấy khi hệ số trượt tăng thì moment điện từ giảm. Vậy moment giảm đến khi động cơ dừng lại tại $n = 0$. Như vậy động cơ làm việc không ổn định tại B.

Kết luận: Trên đặc tính đoạn từ 0 đến M_{max} là nhánh làm việc ổn định. Vậy điều kiện để động cơ làm việc ổn định là: $\frac{dM}{ds} > \frac{dM_C}{ds}$ hay $\frac{dM}{dn} < \frac{dM_C}{dn}$

V. CÁC ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC KHÁC CỦA ĐCKĐB

1. ĐẶC TÍNH TỐC ĐỘ $N = F(P_2)$

$$\text{Từ } n = (1 - s)n_1 \text{ mà } s = \frac{P_{Cu2}}{P_{dt}} = \frac{m_1 I_2'^2 r_2'}{m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s}}$$

Khi không tải: tổn hao đồng trên rotor rất nhỏ so với công suất điện từ nên $s \approx 0$ nên $n \approx n_1$

Khi tải tăng, tổn hao đồng tăng nên tốc độ động cơ giảm một ít. Thường khi tải định mức hệ số trượt $s = 1,5 \div 5\%$

2. ĐẶC TÍNH MOMENT $M = f(P_2)$

Theo đặc tính $M = f(s)$ thì moment thay đổi rất nhiều theo hệ số trượt. Nhưng động cơ thường làm việc trong khoảng $0 < s < s_m$, mà hệ số trượt S_m lại rất nhỏ, vì vậy đặc tính $M = f(s)$ trong đoạn này gần như là đường thẳng nên đường $M = f(P_2)$ cũng gần như đường thẳng.

3. TỔN HAO VÀ HIỆU SUẤT $\eta = f(P_2)$

Tổn hao trong máy điện gồm: $P_{Cu1}, P_{Fe1}, P_{Cu2}, P_{Fe2}, P_{cơ}, P_f$

Trong đó:

-Tổn hao P_{Fe2} rất nhỏ (do f_2 thấp) nên bỏ qua.

-Tổn hao phụ: gồm tổn hao phụ trong dây quấn và trong lõi thép. Tính tổn hao phụ phức tạp nên thường lấy bằng $0,5\% P_1$.

Trong đó tổn hao đồng thay đổi theo tải còn các tổn hao khác không thay đổi theo tải.

Hiệu suất của máy: $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} \cdot 100\%$ với $\sum P$ là tổng tổn hao trong máy

Thường thiết kế máy để đạt hiệu suất cực đại trong khoảng $(0,5 \div 0,75\%)P_{2dm}$

4. HỆ SỐ CÔNG SUẤT

Vì máy điện không đồng bộ lấy công suất kích từ lưới vào nên $\cos \varphi < 1$. Khi không tải $\cos \varphi$ thấp, thường $\cos \varphi < 0,2$. Khi có tải I_2 tăng nên $\cos \varphi$ tăng và lớn nhất khi tải xấp xỉ định mức.

5. NĂNG LỰC QUÁ TẢI: $K_m = \frac{M_{max}}{M_{dm}}$

Khi máy điện làm việc bình thường thì $M \leq M_{dm}$. Nhưng trong một thời gian ngắn máy có thể chịu đựng quá tải mà không xảy ra hư hỏng. Đối với động cơ không đồng bộ cỡ nhỏ $K_m = 1,6 \div 1,8$; đối với động cơ vừa và lớn $K_m = 1,8 \div 2,5$.

VI. ĐCKĐB LÀM VIỆC TRONG ĐIỀU KIỆN KHÁC ĐỊNH MỨC

1. ĐIỆN ÁP NHỎ HƠN ĐỊNH MỨC

Thực tế thường gặp $U < U_{dm}$

Khi điện áp đặt vào động cơ thấp hơn định mức, moment sẽ giảm bình phương lần ($M \equiv U^2$). Nếu bỏ qua điện áp rơi trong dây quấn stato thì $U_1 \approx E_1 \equiv \Phi$ (vì $E = 4,44.f_1.w_1.K_{dq} \cdot \Phi$). Do đó, khi U_1 giảm thì E_1 giảm và từ thông cũng giảm theo.

Nếu moment tải trên trục không thay đổi, thì I_2 phải tăng lên tỷ lệ nghịch với sự biến thiên của từ thông (vì $M_C = M_{dt} = C_m \cdot \Phi I_2 \cdot \cos \psi_2 = const$). Dòng điện qua động cơ tăng sẽ làm cho máy nóng.

Mặt khác khi I_2 tăng làm tổn hao đồng trong máy tăng (vì $P_{Cu2} = m_1 I_2^2 r_2'$) nên hệ số trượt tăng (vì $s = \frac{P_{Cu2}}{P_{dt}}$) nghĩa là tốc độ động cơ giảm, do đó sự làm mát động cơ giảm nên động cơ nóng hơn

2. TẦN SỐ KHÁC ĐỊNH MỨC

ở những trạm phát điện nhỏ, khi tải thay đổi có thể làm tốc độ quay của động cơ kéo thay đổi, làm tần số lưới thay đổi. Thường là $f < f_{dm}$.

Nếu không kể đến điện áp rơi trên dây quấn stato thì coi như $U = E \equiv f \cdot \Phi$ hay $\Phi \equiv \frac{1}{f}$. Khi tần số giảm, từ thông tăng lên làm mạch từ bão hòa nên tổn hao sắt tăng nghĩa là tổng tổn hao trong máy tăng làm máy phát nóng.

Mặt khác, khi tần số giảm thì tốc độ động cơ giảm (vì $n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}$ và $n = (1 - s)n_1$), điều kiện làm mát động cơ giảm nên động cơ nóng hơn.

Ban quyền © Trương Đình Phạm Kỹ thuật TP.HCM

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Tần số dòng điện roto khi roto đứng yên.
2. Hệ số qui đổi dòng điện và điện áp trong MĐKĐB.
3. Hệ số qui đổi điện trở, điện kháng.
4. So sánh các hệ số qui đổi của MĐKĐB với các hệ số qui đổi của MBA.
5. Tần số dòng điện roto khi roto quay phụ thuộc vào yếu tố nào. Tần số đó lớn hay nhỏ.
6. Phân tích những điểm giống nhau và khác nhau trong nguyên lý làm việc của MĐKĐB và MBA.
7. Những đại lượng nào có trị số phụ thuộc vào tốc độ quay của động cơ.
8. Ở tải định mức tốc độ của động cơ thường bằng bao nhiêu tốc độ đồng bộ.
9. Dây quấn stato đặt điện áp thứ tự thuận có f_1 và dây quấn roto đặt điện áp thứ tự nghịch có f_2 . Roto sẽ quay theo chiều nào và tốc độ là bao nhiêu. Khi tải thay đổi tốc độ có thay đổi không.
10. Dòng điện không tải lớn ảnh hưởng như thế nào đến tính năng của máy. Làm thế nào để giảm dòng điện không tải của máy.
11. Dựa vào đâu để vẽ mạch điện thay thế.
12. Ý nghĩa của điện trở giả tưởng.
13. Từ mạch điện thay thế có thể tính toán được những trị số nào.
14. Trong MĐKĐB có những tổn hao nào
15. Khi ĐCKĐB chạy không tải, hệ số công suất lớn hay nhỏ. Vì sao

16. Khi ĐCKĐB làm việc ở chế độ máy phát máy có tiêu thụ công suất phản kháng không.
17. MĐKĐB làm việc ở chế độ động cơ tiêu thụ nhiều hay ít công suất phản kháng.
18. Momen điện từ, momen cực đại và momen mở máy của MĐKĐB phụ thuộc vào những đại lượng nào.
19. Để có momen mở máy lớn phải tăng hay giảm điện trở mạch roto. Trị số điện trở bằng bao nhiêu thì momen mở máy là cực đại.
20. Động cơ có thể làm việc ổn định tại điểm b không. Giải thích.
21. Từ công thức Klox có thể xác định được những trị số nào.
22. Tốc độ quay của từ trường sóng bậc 5, bậc 7.
23. Nguyên nhân sinh momen phụ đồng bộ
24. Phân tích để vẽ được đường đặc tính $M_5 = f(s)$ và $M_7 = f(s)$ từ đó nhận xét về ảnh hưởng của các momen M_5 và M_7 đối với M tổng.
25. Biện pháp hạn chế momen phụ không đồng bộ
26. Nguyên nhân gây momen phụ đồng bộ.
27. Ảnh hưởng của momen phụ đồng bộ đến sự làm việc của máy.
28. Làm thế nào để hạn chế momen phụ đồng bộ.
29. Những điều kiện để hạn chế momen sinh ra chấn động và tạp âm
30. Khi tăng tải tốc độ động cơ có thay đổi không. Vì sao
31. Khi máy làm việc với tải nhỏ, hiệu suất của máy lớn hay nhỏ. Hiệu suất lớn nhất ứng với tải nào
32. Ý nghĩa năng lực quá tải.
33. Khi điện áp giảm các tổn hao trong máy thay đổi như thế nào.
34. Khi điện áp giảm hệ số công suất của máy có thay đổi không.
35. Thay đổi tần số lưới điện bằng cách nào.
36. Khi tần số giảm ảnh hưởng như thế nào đến các thông số của máy.
37. Khi điện áp không đối xứng sẽ ảnh hưởng như thế nào đến sự làm việc của máy.
38. Động cơ điện KĐB thiết kế với tần số $f = 60$ Hz nếu đem dùng ở tần số 50 Hz và giữ nguyên điện áp không đổi thì $\cos \varphi$, M_{max} , M_{mm} và tổn hao không tải sẽ thay đổi như thế nào? Có ảnh hưởng đến công suất của máy không?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn có số đôi cực từ của stato $p = 3$, tần số lưới điện $f = 50$ Hz. Từ thông chính trong từ trường động cơ là $\Phi = 3,12 \cdot 10^{-2}$ Wb, số vòng dây stato $w_1 = 124$ vòng và rotor $w_2 = 98$ vòng, hệ số dây quấn stato $k_{dq1} = 0,95$ và rotor $k_{dq2} = 0,96$. Hãy xác định sức điện động cảm ứng trong dây quấn stato và rotor khi rotor đứng yên và khi rotor quay với hệ số trượt $s = 3\%$. Tìm tốc độ quay n của rotor động cơ.

Gợi ý:

Công thức tính sức điện động cảm ứng dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44.f.k_{dq}.w_1. \Phi \quad (V).$$

Φ : từ thông dưới mỗi cực từ của dây quấn stato.

k_{dq} : hệ số dây quấn phụ thuộc vào kiểu quấn dây stato và rotor.

Hệ số trượt s: độ chênh lệch giữa tốc độ quay từ trường n_1 và tốc độ quay rotor n .

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

Hệ số biến đổi sức điện động trong động cơ:

$$k_E = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1.k_{dq1}}{w_2.k_{dq2}}$$

Sức điện động trong dây quấn rotor khi động cơ có hệ số trượt s là:

$$E_{2s} = s. E_{20} \quad (V).$$

(E_{20} : sức điện động khi rotor hở mạch khi động cơ quay).

BÀI GIẢI

Sức điện động cảm ứng dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44.f.k_{dq}.w_1. \Phi = 4,44.50.0,95.124.3.12.10^{-2} = 816 \quad (V).$$

Khi rotor còn đứng yên thì động cơ giống như máy biến áp: dây quấn stato như sơ cấp và dây quấn rotor như thứ cấp của máy biến áp. Sức điện động trong dây quấn rotor:

$$\begin{aligned} E_{20} &= \frac{E_1}{k_E} = \frac{E_1}{\frac{w_1.k_{dq1}}{w_2.k_{dq2}}} = E_1 \cdot \frac{w_2.k_{dq2}}{w_1.k_{dq1}} \\ &= 816 \cdot \frac{98.0,96}{124.0,95} = 652 \quad (V). \end{aligned}$$

Sức điện động trong dây quấn rotor khi quay với hệ số trượt $s = 3\%$:

$$E_{2s} = s. E_{20} = 0,03.652 = 20 \quad (V).$$

Tốc độ quay của động cơ là:

$$n = n_1.(1 - s) = \frac{60.f}{p} .(1 - s) = \frac{60.50}{3} .(1 - 0,03) = 970 \quad (vg/ph).$$

BÀI TẬP 2

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn khi để rotor hở mạch và cho điện áp định mức vào stato thì điện áp trên vành trượt là 250 V. Khi động cơ làm việc với tải định mức thì tốc độ $n = 1420$ vg/ph. Tính:

1. Tốc độ đồng bộ.
2. Tốc độ từ trường quay do dòng điện rotor sinh ra so với tốc độ rotor.
3. Tần số dòng điện ở rotor.
4. Sức điện động của rotor khi tải định mức.

Gợi ý

Động cơ ở trạng thái hở mạch xem như trạng thái của máy biến áp không tải và điện áp trên thứ cấp rotor là 250 V.

Khi cấp điện stato thì từ trường quay với tốc độ đồng bộ:

$$n_1 = \frac{60.f}{p}$$

Tần số dòng điện rotor: $f_2 = \frac{p.n_2}{60}$ (n_2 : tốc độ từ trường quay của rotor).

Hệ số trượt trong động cơ: $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$

Công thức liên hệ: $f_2 = s.f_1$,
 $E_{2s} = s.E_{20}$.

E_{20} : điện áp dây quấn rotor hở mạch khi động cơ quay.

BÀI GIẢI

a/ Vì hệ số trượt của động cơ rất bé $s = 3\% \div 6\%$ nên tốc độ từ trường quay $n_1 = 1500$ vg/ph, tức là có hai đôi cực khi tần số là 50 Hz.

b/ Tốc độ của từ trường quay của rotor:

$$n_2 = n_1 - n = 1500 - 1420 = 80 \quad (\text{vg/ph}).$$

c/ Tần số dòng điện rotor:

$$f_2 = \frac{p.n_2}{60} = \frac{2.80}{60} = 2,66 \quad (\text{Hz}).$$

Hay $f_2 = s.f_1 = 0,053.50 = 2,26 \quad (\text{Hz}).$

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:

$$E_{2s} = s.E_{20} = 0,053.250 = 13,4 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP 3

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc có các số liệu sau: $P_{dm} = 11,9$ kW, $U_{fdm} = 220$ V; $I_{fdm} = 25$ A; $f = 50$ Hz; $2p = 6$; $P_{cu1} = 745$ W; $P_{cu2} = 480$ W; $P_{Fe} = 235$ W; $P_{cơ} = 180$ W; $P_f = 60$ W. Tính công suất điện từ, mômen điện từ và tốc độ quay của động cơ.

Gợi ý

P_{dm} : Công suất cơ ở đầu trục của động cơ.

U_{fdm} , I_{fdm} : giá trị điện áp và dòng điện trong mỗi pha dây quấn.

P_{cu1} , P_{cu2} , P_{Fe} , $P_{cơ}$, P_f : các thành phần tổn công suất trong động cơ.

Khi cấp điện stato thì từ trường quay với tốc độ đồng bộ:

$$n_1 = \frac{60.f}{p} \quad (\text{vg/ph}).$$

Công suất điện từ được tính từ công thức:

$$P_{dt} = P_2 + P_{cơ} + P_f + P_{cu2}$$

$P_2 = P_{dm}$: công suất trên đầu trục của động cơ.

Công thức tính mômen điện từ:

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1}$$

Với tốc độ góc từ trường quay

$$\omega_1 = \frac{2\pi.n_1}{60}$$

BÀI GIẢI

a/ Công suất điện từ của động cơ:

$$P_{dt} = P_2 + P_{c\sigma} + P_f + P_{cu2} \\ = 11900 + 180 + 60 + 480 = 12620 \text{ (W)}.$$

Mômen điện từ của động cơ:

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} = \frac{P_{dt}}{2\pi \cdot n_1} = \frac{12620}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60}} = 120 \text{ (Nm)}.$$

Trong đó: $n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ (vg/ph)}.$

c/ Tốc độ quay n của động cơ:

Hệ số trượt: $s = \frac{P_{cu2}}{P_{dt}} = \frac{480}{12620} = 0,038$

Nên $n = n_1 \cdot (1 - s) = 1000(1 - 0,038) = 962 \text{ (vg/ph)}.$

BÀI TẬP TỰ GIẢI**Bài 1**

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn có $E_2 = 157 \text{ V}$, $p = 4$, $f = 50 \text{ Hz}$, $n_{đm} = 728 \text{ vg/ph}$, $R_2 = 0,105 \Omega$, $X_2 = 0,525 \Omega$. Hãy tính mômen điện từ của động cơ.

ĐS: $M_{dt} = 257,34 \text{ Nm}.$

Bài 2

Xác định sức điện động cảm ứng trong dây quấn stato và rotor của động cơ điện không đồng bộ 3 pha khi rotor đứng yên và khi rotor quay với hệ số trượt $s = 6\%$. Biết từ thông chính $\Phi = 0,782 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$, $w_1 = 128$ vòng, $w_2 = 24$ vòng, hệ số dây quấn stato $k_{dq1} = 0,933$ và rotor $k_{dq2} = 0,92$, $f = 50 \text{ Hz}$.

ĐS: $E_1 = 206 \text{ V}$; $E_2 = 41,5 \text{ V}$; $E_{2s} = 2,6 \text{ V}.$

Bài 3

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha ở tình trạng làm việc định mức tiêu thụ công suất $P_1 = 3,2 \text{ kW}$. Tổn hao đồng khi phụ tải định mức $P_{cu1} + P_{cu2} = 0,3 \text{ kW}$. Tổn hao sắt từ $P_{Fe} = 0,2 \text{ kW}$, điện trở qui đổi của rotor $R_2' = 1,5 \Omega$, dòng điện qui đổi $I_2' = 1,5 \text{ A}$.

1. Tính tốc độ quay n của động cơ biết tần số lưới điện $f = 50 \text{ Hz}$ và $2p = 4$.
2. Tính mômen quay trên trục động cơ nếu xem tổn hao cơ và phụ không đáng kể.

ĐS: 1/ $n = 1440 \text{ vg/pg}.$
2/ $M_q = 1,83 \text{ kG.m}.$

Bài 4

Một máy điện không đồng bộ ba pha 6 cực, 50 Hz. Khi đặt điện áp định mức lên stato còn rotor hở mạch thì s.d.đ cảm ứng trên mỗi pha dây quấn rotor là 110 V. Giả thuyết tốc độ lúc làm việc định mức là $n = 980 \text{ vg/ph}$; rotor quay cùng chiều với từ trường quay. Hỏi:

1. Máy làm việc ở chế độ nào ?
2. Lúc đó s.d.đ rotor E_{2s} bằng bao nhiêu ?

3. Nếu giữ chặt rotor lại và đo được $r_2 = 0,1 \Omega$; $x_2 = 0,5 \Omega$, hỏi ở chế độ làm việc định mức I_2 bằng bao nhiêu ?

ĐS: 1/ Chế độ động cơ.

2/ $E_{2S} = 2,2 \text{ V}$.

3/ $I_2 = 21,89 \text{ A}$.

Bài 5

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha đấu Y, 380 V, 50 Hz; $n_{đm} = 1440 \text{ vg/ph}$.
Tham số như sau: $r_1 = 0,2 \Omega$; $r_2' = 0,25 \Omega$, $x_2 = 1 \Omega$, $x_2' = 0,95 \Omega$, $x_m = 40 \Omega$, bỏ qua r_m .
Tính số đôi cực; tốc độ đồng bộ; hệ số trượt định mức; tần số dòng điện rotor lúc tải định mức. Hãy vẽ mạch điện thay thế, căn cứ vào đó tính ra trị số thực và tương đối của dòng điện I_1 , I_2 , I_2' .

ĐS: $p = 2$; $n = 1500 \text{ vg/ph}$; $s_{đm} = 0,04$; $f_2 = 2 \text{ Hz}$; $I_1 = 33 \text{ A}$; $I_2 = 5 \text{ A}$; $I_2' = 31,92 \text{ A}$.

Ban quyen © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

3. Nếu giữ chặt rotor lại và đo được $r_2 = 0,1 \Omega$; $x_2 = 0,5 \Omega$, hỏi ở chế độ làm việc định mức I_2 bằng bao nhiêu ?

ĐS: 1/ Chế độ động cơ.

2/ $E_{2S} = 2,2 \text{ V}$.

3/ $I_2 = 21,89 \text{ A}$.

Bài 5

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha đấu Y, 380 V, 50 Hz; $n_{đm} = 1440 \text{ vg/ph}$.
Tham số như sau: $r_1 = 0,2 \Omega$; $r_2' = 0,25 \Omega$, $x_2 = 1 \Omega$, $x_2' = 0,95 \Omega$, $x_m = 40 \Omega$, bỏ qua r_m .
Tính số đôi cực; tốc độ đồng bộ; hệ số trượt định mức; tần số dòng điện rotor lúc tải định mức. Hãy vẽ mạch điện thay thế, căn cứ vào đó tính ra trị số thực và tương đối của dòng điện I_1 , I_2 , I_2' .

ĐS: $p = 2$; $n = 1500 \text{ vg/ph}$; $s_{đm} = 0,04$; $f_2 = 2 \text{ Hz}$; $I_1 = 33 \text{ A}$; $I_2 = 5 \text{ A}$; $I_2' = 31,92 \text{ A}$.

Ban quyen © Truong DH Su pham Ky thuat TP. HCM

Chương 3. MỞ MÁY VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐCKĐB

Mục tiêu : Sau khi học xong chương này SV phải :

- Phân tích được những ảnh hưởng không tốt khi dòng điện mở máy lớn và những yêu cầu khi áp dụng các phương pháp hạn chế dòng điện mở máy.
- Vẽ được sơ đồ nguyên lý các phương pháp mở máy có hạn chế dòng điện
- Đánh giá được ưu nhược điểm của từng phương pháp mở máy.
- Phân tích được cơ sở lý luận của các phương pháp điều chỉnh tốc độ.
- So sánh và đánh giá được ưu nhược điểm của các phương pháp điều chỉnh tốc độ từ đó có kết luận về phạm vi ứng dụng của từng phương pháp.
- Vẽ được sơ đồ nguyên lý các mạch hãm nhanh động cơ.
- Trình bày được nguyên lý làm việc của các mạch hãm.

Nội dung:

I. QUÁ TRÌNH MỞ MÁY ĐCKĐB

Khi mở máy điện áp đặt vào bằng định mức (điện áp lưới), tốc độ động cơ $n = 0$ nghĩa là hệ số trượt $s = 1$, nên điện trở giả tưởng $\frac{1-s}{s}r'_2 = 0$. Tình trạng này giống như ngắn mạch động cơ với dòng điện mở máy bằng dòng điện ngắn mạch sự cố.

$$I_{nm} = I_{nmsuco} = \frac{U_{dm}}{z_n} \quad \text{với } z_n = r_n + jx_n; \quad r_n = r_1 + r'_2; \quad x_n = x_1 + x'_2$$

$$I_{nm} = \frac{U}{\sqrt{r_n^2 + x_n^2}} = (5 \div 7)I_{dm}$$

với dòng điện mở máy lớn phải có biện pháp giảm dòng điện mở máy vì khi dòng điện lớn sẽ làm bản thân động cơ bị nóng. Đối với lưới điện công suất nhỏ, dòng điện ngắn mạch lớn sẽ làm cho sụt điện áp mạng, gây ảnh hưởng đến sự làm việc của các thiết bị khác.

Khi mở máy cần xét đến những yêu cầu sau:

- Có moment ngắn mạch đủ lớn
- Dòng điện mở máy càng nhỏ càng tốt.
- Thiết bị mở máy đơn giản, rẻ tiền, chắc chắn
- Tổn hao công suất khi mở máy ít

II. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐCKĐB

1. MỞ MÁY TRỰC TIẾP

Đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện

- Ưu điểm: Mở máy đơn giản do không tốn thiết bị
- Nhược điểm: Dòng điện mở máy lớn. Nếu quán tính tải lớn, thời gian mở máy lâu, máy nóng và ảnh hưởng đến điện áp lưới (điện áp giảm)

-Ứng dụng: Dùng khi nguồn điện có công suất lớn và động cơ công suất nhỏ (vì động cơ công suất nhỏ có tổng trở lớn nên dòng điện mở máy nhỏ. Thường $I_{mm}=(2 \div 3)I_{dm}$.

2. HẠ ĐIỆN ÁP MỞ MÁY

-Dùng cuộn kháng: Khi mở máy nối điện kháng vào mạch stato (cuộn kháng thông thường là lõi sắt, với động cơ công suất lớn hay làm việc ở tần số cao, cuộn kháng có lõi không khí). Kết thúc mở máy, cắt điện kháng ra khỏi mạch.

Khi điện áp đặt vào động cơ là U_{dm} thì dòng điện và moment mở máy là: I_{mm} và M_{mm} .

Khi có thêm điện kháng, điện áp đặt lên động cơ là:
 $U'_{mm} = K.U_{dm}$ (với K là hệ số giảm áp và $K < 1$)

Do đó: $I'_{mm} = K.I_{mm}$ và $M'_{mm} = K^2.M_{mm}$

Ví dụ: ứng với $K=0,6$ thì $I'_{mm} = K.I_{mm} = 0,6.I_{mm}$ và

$M'_{mm} = K^2.M_{mm} = 0,36.M_{mm}$

Ưu điểm: Thiết bị đơn giản

Hình 3.1. Mở máy dùng cuộn kháng

Nhược điểm: Làm giảm moment mở máy.

-Dùng biến áp tự ngẫu: Khi mở máy hạ điện áp đặt vào động cơ, bằng cách nối động cơ thông qua máy biến áp tự ngẫu. Điều chỉnh điện áp tăng dần từ 0 đến định mức. Khi tốc độ ổn định loại trừ biến áp tự ngẫu ra khỏi động cơ.

Điện áp pha đặt vào động cơ khi mở máy: $U'_{mm} = K_T.U_{dm}$
 (với K_T là hệ số biến áp của máy biến áp tự ngẫu và $K_T < 1$)

Dòng điện mở máy của động cơ lúc có biến áp:

$$I'_{mm} = \frac{U'_{mm}}{Z_n} = \frac{K_T.U_{dm}}{Z_n} = K_T.I_{mm}$$

Trong đó: Z_n là tổng trở động cơ lúc mở máy.

Dòng điện lấy từ lưới vào (dòng điện sơ cấp của MBA):

$$I_{mm} = K_T.I'_{mm} = \frac{K_T^2.U_{dm}}{Z_n} \quad (1)$$

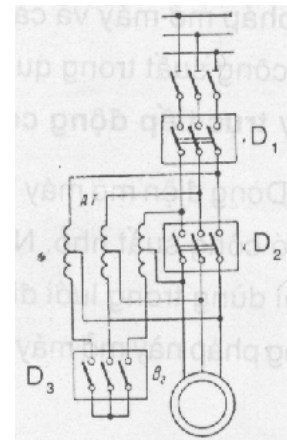
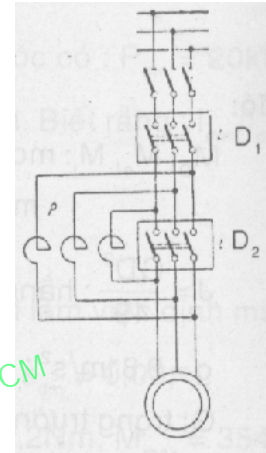
Mà khi mở máy trực tiếp: $I_{mm.tructiep} = \frac{U_{dm}}{Z_n} \quad (2)$

So sánh (1) và (2) ta thấy khi có biến áp dòng điện qua lưới giảm K^2 lần.

Moment mở máy của động cơ: $M'_{mm} = K^2.M_{mm}$

Ưu điểm: moment mở máy lớn hơn so với phương pháp dùng điện kháng

Nhược điểm: thiết bị đắt tiền



Hình 3.2. mở máy dùng BATN

-Dùng mạch tiristo: Tiristo là mạch chỉnh lưu có điều khiển. Khi mở máy ta điều chỉnh tiristo để điều khiển điện áp đặt vào động cơ theo ý muốn.

-Đổi nối Y-Δ: Phương pháp này ứng dụng đối với động cơ khi làm việc đấu tam giác.

Ví dụ: Một động cơ ghi 10 kw - 380V/220V - Y/Δ. Nghĩa là động cơ này khi làm việc ở lưới điện 3 pha 380V đấu sao và khi làm việc trong lưới 3 pha 220V phải đấu tam giác.

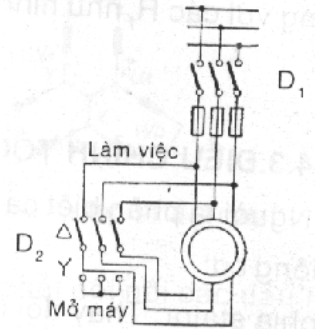
Hoặc động cơ khác ghi 10 kw - 380V - Δ. Nghĩa là khi động cơ đấu tam giác khi làm việc trong lưới 3 pha 380V.

Nếu khi mở máy đấu động cơ hình sao, điện áp đặt vào đầu mỗi pha giảm chỉ còn $U_1 / \sqrt{3}$. Kết thúc mở máy chuyển về đấu tam giác để động cơ làm việc với điện áp định mức.

Khi đấu sao, các trị số điện áp pha, dòng điện pha và moment mở máy là:

$$U_{mmfa} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot U_1;$$

$$I'_{mmfa} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot I_1; \quad M'_{mm} = \frac{1}{3} M_{mm}$$



Ban quyền © Trường DH Su phạm Kỹ thuật TP. HCM

Hình 3.2. Mở máy dùng thiết bị đổi nối Y/Δ

Do khi đấu sao để mở máy thì dòng điện pha bằng dòng điện dây mà khi mở máy trực tiếp thì máy đấu tam giác (khi ấy $U_{mmfa} = U_1; \quad I_{mm} = \sqrt{3} \cdot I_{mmfa}$) nên khi

$$\text{mở máy đấu sao thì dòng điện } I_1 = I'_{mmfa} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{mmfa} = \frac{1}{3} I_{mmfa}$$

Ưu điểm: Dòng điện giảm 1/3 lần

Hạn chế: Chỉ sử dụng đối với động cơ khi làm việc đấu tam giác.

3. MỞ MÁY BẰNG THÊM ĐIỆN TRỞ PHỤ VÀO MẠCH ROTOR

Các phương pháp mở máy của động cơ rotor lồng sóc có thể áp dụng cho động cơ rotor dây quấn. Nhưng các phương pháp hạ điện áp đều làm cho moment mở máy giảm. Để có moment mở máy lớn, người ta thêm điện trở vào mạch rotor. Khi đó moment cực đại không đổi nhưng hệ số trượt ứng với moment cực đại tăng (vì

$$S_m = \frac{r'_2}{x_1 + x'_2}) \text{ nên đặc tính dịch chuyển về phía } S_m \text{ lớn (trên hình vẽ ta thấy đặc}$$

tính chuyển từ đường 1 → 2 → 3) nghĩa là moment mở máy tăng. Đồng thời khi thêm điện trở vào mạch rotor sẽ làm cho dòng điện mở máy giảm.

Khi động cơ quay phải cắt dần điện trở và kết thúc quá trình khởi động, toàn bộ điện trở phụ được cắt ra khỏi mạch rotor

Ưu điểm: Giảm dòng điện mở máy nhưng moment mở máy lớn

Hạn chế: Chỉ dùng đối với động cơ rotor dây quấn là động cơ có cấu tạo phức tạp nên giá thành cao. Mặt khác khi khởi động có thêm điện trở phụ nên tổn hao năng lượng lớn.

III. ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐCKĐB

Khi moment cản là hằng số ($M_C = \text{const}$) thì thay đổi moment điện từ sẽ làm

thay đổi tốc độ động cơ:

$$M_{dt} = \frac{m_1 P_1 U_1^2 \cdot \frac{r'_2}{s}}{2\pi \cdot f_1 \cdot \left[\left(r_1 + \frac{r'_2}{s} \right)^2 + (x_1 + x'_2)^2 \right]}$$

Từ biểu thức ta thấy có thể thay đổi moment điện từ bằng cách thay đổi điện áp đặt động cơ, thay đổi số đôi cực, thay đổi tần số nguồn điện và thay đổi điện trở rotor.

1. THAY ĐỔI SỐ ĐÔI CỰC

Bằng cách thay đổi cách nối giữa các bố dây (cuộn dây) ta có thể làm thay đổi số cực của động cơ. Khi số cực thay đổi sẽ làm thay đổi tốc độ từ trường quay

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{P} \text{ và thay đổi tốc độ động cơ vì } n = (1 - s)n_1$$

Khi thay đổi số đôi cực, do cách đấu làm cho chiều từ trường quay thay đổi. Vì vậy, khi đổi nối để đổi số đôi cực phải đổi 2 trong 3 pha của lưới điện đưa vào động cơ để giữ nguyên chiều từ trường quay.

Tùy theo cách đấu dây, thường chế tạo hai loại động cơ: Moment không đổi và công suất không đổi

-Loại moment không đổi, đổi nối từ đấu sao sang sao kép (Y/YY): Gọi công suất động cơ ứng với số cực ít là P_1 và với số cực nhiều là P_2 , ta có:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot I_f \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1 \quad \text{và}$$

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot I_f \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1$$

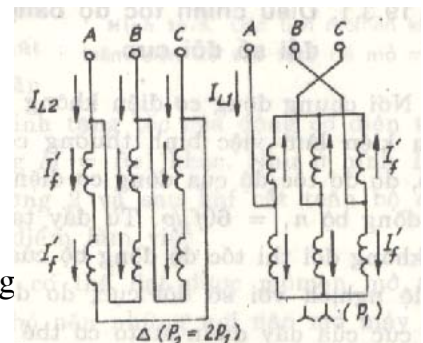
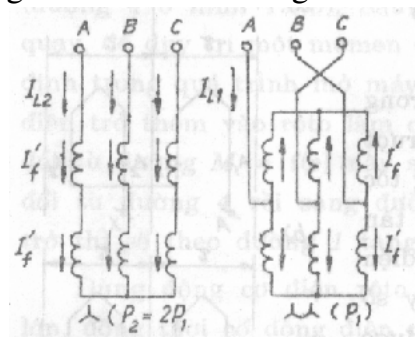
Khi đổi tốc độ, $\omega_1 = 2\omega_2$. Giả thiết hiệu suất η và hệ số công suất $\cos \varphi$ không đổi thì

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_1 \cdot M_1}{\omega_2 \cdot M_2} = \frac{2M_1}{M_2} = 2$$

Nghĩa là $M_1 = M_2$

Hình 3.3. Đổi tốc độ với moment không đổi

-Loại công suất không đổi, đổi nối đấu tam giác sang công suất của máy là:



Hình 3.4. Đổi tốc độ với công suất không đổi

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot 2I_f \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1 \quad \text{và} \quad P_1 = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \sqrt{3} I_f \cdot \eta \cdot \cos \varphi_1$$

nên:
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15 \approx 1$$

2. THAY ĐỔI TẦN SỐ NGUỒN CUNG CẤP

Khi thay đổi tần số sẽ làm thay đổi tốc độ từ trường: $n_1 = \frac{60 \cdot f}{P}$ nên tốc độ động cơ sẽ thay đổi vì $n = (1-s) \cdot n_1$

Thay đổi tần số bằng cách:

- Dùng một máy phát cung cấp riêng cho ĐCKĐB. Điều chỉnh tốc độ quay của động cơ sơ cấp sẽ làm thay đổi tần số.

- Dùng bộ biến tần tiristo

Khi thay đổi tần số phải đồng thời điều chỉnh điện áp đặt vào động cơ. Tùy theo loại động cơ mà điều chỉnh điện áp theo quan hệ với tần số như sau:

- Loại động cơ có $M = \text{const}$ (như máy cắt kim loại):
$$\frac{U'_1}{U_1} = \frac{f'_1}{f_1}$$

- Loại có $P = \text{const}$ (như máy):
$$\frac{U'_1}{U_1} = \sqrt{\frac{f'_1}{f_1}}$$

- Loại moment tỉ lệ bình phương tốc độ (như quạt gió):
$$\frac{U'_1}{U_1} = \left(\frac{f'_1}{f_1} \right)^2$$

3. THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP

Khi thay đổi điện áp lưới (cụ thể là giảm điện áp) moment động cơ giảm. Nếu moment tải không đổi thì tốc độ giảm ($S_a \rightarrow S_b \rightarrow S_c$)

4. THÊM ĐIỆN TRỞ PHỤ VÀO MẠCH ROTOR

Phương pháp này dùng cho động cơ rotor dây quấn.

Khi thêm điện trở phụ vào mạch rotor, đặc tính thay đổi từ $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$. Với moment tải không đổi điện trở phụ càng lớn, tốc độ động cơ càng giảm (hệ số trượt tăng từ $S_a \rightarrow S_b \rightarrow S_c$)

Tốc độ điều chỉnh được nhiều hay ít tùy thuộc vào tải lớn hay nhỏ và khi không tải không thể dùng phương pháp này điều chỉnh tốc độ được.

5. NỐI CẤP CÁC ĐỘNG CƠ ROTOR DÂY QUẤN

Hai động cơ rotor dây quấn nối trực với nhau qua khớp ly hợp điện từ.....

III. HÃM ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA

Trong quá trình sản xuất, các động cơ phải thường xuyên mở máy, đảo chiều quay, dừng máy. Để tăng năng suất, yêu cầu sao cho khi cắt điện động cơ phải

ngừng quay một cách nhanh chóng. Để giải quyết vấn đề này thường các phương pháp hãm mà nguyên tắc là tạo moment ngược với moment của rotor.

1. HÃM ĐỔI THỨ TỰ PHA (HÃM NGƯỢC)

Khi làm việc, đóng cầu dao CD1, động cơ làm việc ở chiều thuận.

Khi hãm mở cầu dao CD1, đóng CD2 đổi thứ tự 2 pha nguồn đặt vào động cơ nên chiều từ trường quay đổi ngược lại. Khi đó, rotor theo quán tính vẫn quay theo chiều cũ nên động cơ làm việc ở chế độ hãm điện từ $s > 1$, moment điện từ sinh ra lúc này ngược chiều moment quán tính của rotor và hãm rotor lại.

2. HÃM ĐỘNG NĂNG

Khi cắt động cơ ra khỏi lưới điện 3 pha, đóng nguồn điện một chiều vào dây quấn stato, tạo từ trường một chiều trong máy. Rotor đang quay với quán tính sẽ cắt các đường sức của từ trường một chiều làm cảm ứng trong dây quấn rotor sẽ giống như một máy phát điện. Vì thanh dẫn rotor kín mạch nên trong thanh dẫn có dòng điện và tạo ra moment điện từ. Moment này như moment của máy phát bao giờ cũng ngược chiều với moment quán tính và hãm rotor lại.

Điều chỉnh moment hãm bằng cách điều chỉnh điện áp một chiều đặt vào dây quấn stato.

3. HÃM TÁI SINH

Dùng bộ đổi nối để thay đổi số đôi cực của động cơ (giống như cách điều chỉnh tốc độ động cơ)

Khi làm việc bình thường, máy có số đôi cực nhỏ. Muốn hãm động cơ ta đổi nối để tăng số đôi cực của dây quấn stato.

Giả sử động cơ làm việc bình thường với số cực $2P = 2$, ứng với tốc độ quay rotor là: $n \approx 3000$ vòng/phút. Khi hãm, đổi nối dây quấn stato để số cực $2P=4$, ứng với tốc độ từ trường quay $n_1=1500$ vòng/phút.

Như vậy rotor theo quán tính vẫn quay với tốc độ gần bằng 3000 vòng/phút trong từ trường quay 1500 vòng/ phút nên hệ số trượt $s < 1$, nghĩa là động cơ làm việc ở chế độ máy phát. Ở chế độ máy phát moment điện từ ngược chiều với moment cơ nên hãm động cơ lại.

Để áp dụng phương pháp này, động cơ phải có dây quấn, có thể thay đổi được số đôi cực và làm việc bình thường ở tốc độ cao.

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Ảnh hưởng của hiện tượng dòng điện mở máy lớn.
2. Các yêu cầu đối với mạch điện mở máy động cơ.
3. Phân tích ưu nhược điểm của từng phương pháp mở máy.

4. Tại sao khi thêm điện trở phụ vào mạch roto thì có thể cải thiện được đặc tính mở máy của động cơ roto dây quấn. Nếu thêm điện kháng vào thì có ảnh hưởng đến đặc tính mở máy không.
5. Vẽ các mạch nguyên lý điều khiển động cơ thực hiện các phương pháp mở máy hạn chế dòng điện.
6. Động cơ điện 3 pha ghi 380V / 220V – Y / Δ được đấu vào lưới điện 3 pha 380 V. Có thể sử dụng phương pháp mở máy đổi nối Y - Δ để hạn chế dòng điện mở máy không.
7. Có thể điều chỉnh tốc độ cho động cơ roto dây quấn bằng phương pháp thay đổi số đôi cực không.
8. Với một bộ dây quấn stato có thể thay đổi được mấy cấp tốc độ và tỉ lệ giữa các cấp tốc độ là bao nhiêu.
9. Phải quấn mấy bộ dây trên stato để có thể điều chỉnh tốc độ làm việc của động cơ tương ứng với các tốc độ đồng bộ 3000, 1500, 1000 vòng/phút.
10. Ưu nhược điểm của phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực.
11. Khi thay đổi tần số để điều chỉnh tốc độ tại sao phải điều chỉnh điện áp đưa vào động cơ. Quan hệ điều chỉnh giữa tần số và điện áp.
12. Có thể sử dụng phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách đấu thêm điện trở phụ vào mạch roto cho động cơ roto lồng sóc không.
13. Phạm vi điều chỉnh tốc độ của phương pháp trên phụ thuộc vào yếu tố nào
14. Điều kiện để có thể thực hiện hãm đổi thành máy phát.
15. Động cơ 2 tốc độ có số cực là 2 và 4, bình thường làm việc với 2 cực. Có thể thực hiện phương pháp hãm đổi thành máy phát cho động cơ được không?
16. Trong phương pháp hãm động năng việc điều chỉnh momen hãm thực hiện bằng cách nào.
17. Khi thực hiện hãm ngược nếu không cắt động cơ ra khỏi lưới điện sẽ có hiện tượng gì xảy ra.

BÀI TẬP ỨNG DỤNG:

BÀI TẬP 1

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor dây quấn, $R_1 = 0,46 \Omega$, $X_1 = 2,24 \Omega$, $R_2 = 0,02 \Omega$, $X_2 = 0,08 \Omega$, $k_{dq1} = 0,932$, $k_{dq2} = 0,955$, $w_1 = 192$ vòng, $w_2 = 36$ vòng. Dây quấn stato đấu tam giác, mạng điện $U = 220$ V, $f = 50$ Hz, số pha $m_1 = m_2 = 3$. Tính hệ số qui đổi s.đ.đ k_E , hệ số qui đổi dòng điện k_I , điện trở mở máy mắc vào mạch mở máy để mômen mở máy cực đại. Tính dòng điện trong dây quấn stato và rotor khi có biến trở mở máy và khi mở máy trực tiếp.

Gợi ý

Hệ số qui đổi s.đ.đ k_E và hệ số qui đổi dòng điện k_I dùng để tính toán các thông số của động cơ sau khi đưa về mạch tương đương, công thức tính như sau:

$$\text{Hệ số s.đ.đ } k_E: \quad k_E = \frac{w_1 \cdot k_{dq1}}{w_2 \cdot k_{dq2}}$$

Hệ số dòng điện k_I :
$$k_I = \frac{m_1 \cdot w_1 \cdot k_{dq1}}{m_2 \cdot w_2 \cdot k_{dq2}}$$

(với m_1, m_2 : số pha mạch stato và rotor).

Hệ số qui đổi của toàn mạch: $k = k_E \cdot k_I$

Công thức qui đổi nội trở thứ cấp về sơ cấp:

$$R_2' = k \cdot R_2 \quad (\text{điện trở}).$$

$$X_2' = k \cdot X_2 \quad (\text{điện kháng}).$$

$$R_f' = k \cdot R_f \quad (\text{điện trở phụ khi mở máy}).$$

Dòng điện mở máy khi có điện trở phụ:

$$I_{mmp} = \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_f')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

Khi mở máy trực tiếp thì không có điện trở phụ mắc vào mạch stato ($R_f = 0$).

BÀI GIẢI

Hệ số qui đổi sức điện động k_E :

$$k_E = \frac{w_1 \cdot k_{dq1}}{w_2 \cdot k_{dq2}} = \frac{192.0,932}{36.0,955} = 5,2$$

Hệ số qui đổi dòng điện k_I :

$$k_I = \frac{m_1 \cdot w_1 \cdot k_{dq1}}{m_2 \cdot w_2 \cdot k_{dq2}} = \frac{3 \cdot 192.0,932}{3 \cdot 36.0,955} = 5,2$$

Hệ số qui đổi của toàn mạch: $k = k_E \cdot k_I = 5,2 \cdot 5,2 = 27,04$

Điện trở rotor qui đổi về stato:

$$R_2' = k \cdot R_2 = 27,04 \cdot 0,02 = 0,54 \quad (\Omega).$$

Điện kháng rotor qui đổi về stato:

$$X_2' = k \cdot X_2 = 27,04 \cdot 0,08 = 2,163 \quad (\Omega).$$

Để mômen mở máy đạt cực đại thì hệ số trượt:

$$s_m = \frac{R_2' + R_f'}{X_2' + X_1} = 1$$

Từ đó suy ra giá trị điện trở mắc vào mạch stato:

$$R_f' = (X_2' + X_1) - R_2' = (2,163 + 2,24) - 0,54 = 3,86 \quad (\Omega).$$

Dòng điện pha stato khi mở máy bằng điện trở phụ ở mạch rotor:

$$\begin{aligned} I_{mmp} &= \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_f')^2 + (X_1 + X_2')^2}} \\ &= \frac{220}{\sqrt{(0,46 + 0,54 + 3,86)^2 + (2,24 + 2,163)^2}} = 33,54 \quad (\text{A}). \end{aligned}$$

Dòng điện dây lúc mở máy (do stato đấu tam giác):

$$I_{mm} = \sqrt{3} \cdot I_{mmp} = \sqrt{3} \cdot 33,54 = 58 \quad (\text{A}).$$

Dòng điện rotor khi mở máy (do rotor đấu sao):

$$I_2 = k_I \cdot I_{mmp} = 5,2 \cdot 33,54 = 174 \quad (\text{A}).$$

Dòng điện mở máy trực tiếp là:

$$I_{mm} = \sqrt{3} \cdot \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$= \sqrt{3} \cdot \frac{220}{\sqrt{(0,46 + 0,54)^2 + (2,24 + 2,163)^2}} = 84,4 \text{ (A)}.$$

Tỷ số dòng điện hai phương pháp mở máy:

$$\frac{84,4}{58} = 1,46$$

Nhận xét : Khi dùng điện trở mở máy thì dòng điện mở máy giảm 1,46 lần so với mở máy trực tiếp.

BÀI TẬP 2

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có các số liệu ghi trên nhãn máy như sau: $P_{đm} = 14 \text{ kW}$, tốc độ định mức $n_{đm} = 1450 \text{ vg/ph}$, hiệu suất định mức $\eta_{đm} = 0,885$, hệ số công suất định mức $\cos \varphi_{đm} = 0,88$; $Y/\Delta - 380/220 \text{ V}$; tỷ số dòng điện mở máy $I_{mm}/I_{đm} = 5,5$; mômen mở máy $M_{mm}/M_{đm} = 1,3$; mômen cực đại $M_{max}/M_{đm} = 2$. Điện áp mạng điện $U = 380 \text{ V}$. Tính:

- Công suất tác dụng và phản kháng động cơ tiêu thụ ở chế độ định mức.
- Dòng điện, hệ số trượt và mômen định mức.
- Dòng điện mở máy, mômen mở máy và mômen cực đại.

Gợi ý

$P_{đm}$: công suất ở đầu trục của động cơ. $P_{đm} = \eta \cdot \sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot I_{đm} \cdot \cos \varphi_{đm}$

$Y/\Delta - 380/220 \text{ V}$: khi đấu động dạng Y thì 2 cuộn dây pha có khả năng chịu điện áp dây 380 V và khi đấu động dạng Δ thì cuộn dây mỗi pha có khả năng chịu điện áp dây 220 V.

Các tỷ số: $I_{mm}/I_{đm}$, $M_{max}/M_{đm}$, $M_{mm}/M_{đm}$ là sự so sánh giữa lúc mở máy so với trạng thái làm việc lúc định mức. Cần tính thông số lúc định mức theo các biểu thức sau:

Hệ số trượt định mức:
$$s_{đm} = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ:
$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_{đm}$$

Mômen định mức:
$$M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} = 9,55 \cdot \frac{P_{đm}}{n_{đm}} \text{ (Nm)}.$$

BÀI GIẢI

a/ Công suất tác dụng động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \frac{P_{đm}}{\eta} = \frac{14}{0,885} = 15,82 \text{ (kW)}.$$

Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ:

$$Q_1 = P_1 \cdot \text{tg} \varphi = 15,82 \cdot 0,54 = 8,54 \text{ (kVAr)}.$$

b/ Dòng điện định mức:

$$I_{1đm} = \frac{P_{đm}}{\sqrt{3} \cdot U_{1đm} \cdot \cos \varphi_{đm} \cdot \eta_{đm}} = \frac{14 \cdot 10^3}{0,885 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 27,31 \text{ (A)}.$$

Hệ số trượt định mức:

$$s_{đm} = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0,0333$$

Sau khi tính $I_{1đm}$ có thể tính công suất phản kháng động cơ tiêu thụ như sau:

$$Q_1 = \sqrt{3} \cdot U_{1đm} \cdot I_{1đm} \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 27,31 \cdot 0,475 = 8,54 \text{ (kVAr)}.$$

Mômen định mức:

$$M_{đm} = 9550 \cdot \frac{P_{đm}}{n_{đm}} = 9,55 \cdot \frac{14 \cdot 10^3}{1450} = 92,2 \quad (\text{Nm}).$$

c/ Mômen mở máy:

$$M_{mm} = 1,3 \cdot M_{đm} = 1,3 \cdot 92,2 = 119,8 \quad (\text{Nm}).$$

Mômen cực đại:

$$M_{max} = 2 \cdot M_{đm} = 2 \cdot 92,2 = 184,4 \quad (\text{Nm}).$$

Dòng điện mở máy:

$$I_{mm} = 5,5 \cdot I_{đm} = 5,5 \cdot 27,31 = 150,2 \quad (\text{A}).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, dây quấn stato nối sao (Y), động cơ có các số liệu sau: $P_{đm} = 100 \text{ kW}$, $n_{đm} = 1460 \text{ vg/ph}$, $\eta_{đm} = 92 \%$, $\cos \varphi_{đm} = 0,89$; tỷ số dòng điện mở máy $I_{mm}/I_{đm} = 5$; mômen mở máy $M_{mm}/M_{đm} = 1$; mômen cực đại $M_{max}/M_{đm} = 2$. Điện áp mạng điện $U = 380 \text{ V}$. Hãy xác định:

1. $M_{đm}$, M_{mm} và M_{max} .
2. $I_{đm}$, I_{mm} .
3. Hệ số trượt định mức $s_{đm}$ khi số đôi cực $p = 2$.

ĐS: 1/ $M_{đm} = 654 \text{ Nm}$; $M_{mm} = 654 \text{ Nm}$; $M_{max} = 1308 \text{ Nm}$.

2/ $I_{đm} = 185,8 \text{ A}$; $I_{mm} = 929 \text{ A}$.

3/ $s_{đm} = 2,67 \%$.

Bài 2

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha kiểu rotor dây quấn có các số liệu sau: $P_{đm} = 40 \text{ kW}$; điện áp định mức $U_{đm} = 500 \text{ V}$; $p = 4$ đôi; $w_1 = 72$ vòng; $w_2 = 32$ vòng; $k_{dq1} = k_{dq2} = 0,96$; $R_1 = 0,129 \Omega$; $R_2 = 0,0278 \Omega$; $X_1 = 0,08 \Omega$; $X_2 = 0,0907 \Omega$; $\eta_{đm} = 0,89$; $\cos \varphi_{đm} = 0,86$. Dây quấn stato nối hình sao (Y), hệ số trượt $s_{đm} = 3\%$.

1. Xác định $I_{đm}$, $M_{đm}$.
2. Tính dòng điện và mômen mở máy khi không dùng biến trở mở máy. Tính tỷ số dòng điện $I_{mm}/I_{đm}$ và tỷ số mômen $M_{mm}/M_{đm}$.
3. Xác định trị số điện trở phụ mắc thêm vào mạch rotor để mở máy động cơ sao cho $M_{mm} = M_{max}$.

ĐS: 1/ $I_{đm} = 60,5 \text{ A}$; $M_{đm} = 53,8 \text{ kG.m}$.

2/ $I_{mm} = 2,95 \text{ A}$; $M_{mm} = 47,8 \text{ kG.m}$.

3/ $R_{mm} = 0,158 \Omega$.

Bài 3

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha kiểu rotor lồng sóc dây quấn stato nối tam giác có các số liệu sau: $U_{đm} = 220 \text{ V}$; $P_{đm} = 100 \text{ kW}$; tốc độ $n_{đm} = 1460 \text{ vg/ph}$; $\eta_{đm} = 0,92$; $\cos \varphi_{đm} = 0,89$. Biết lúc mở máy trực tiếp $M_{mm} = 66,7 \text{ kG.m}$; dòng điện mở máy $I_{mm} = 1600 \text{ A}$.

1. Tính dòng điện mở máy, mômen mở máy khi dùng phương pháp đổi nối Y/Δ.

2. Tính điện trở mở máy mắc thêm vào mỗi pha dây quấn stato để dòng mở máy $I_{mm} = 800$ A. Biết điện trở ngắn mạch $R_n = R_1 + R_2' = 0,06 \Omega$. Tính mômen mở máy M_{mm} trong trường hợp này.

ĐS: 1/ $M_{mm} = 22,2$ kG.m; $I_{mm} = 533,3$ A.

2/ $R_{mm} = 0,356 \Omega$; $M_{mm} = 0,25 \cdot M_{dm}$.

Bài 4

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha đấu sao nối vào lưới $U_d = 380$ V. Biết $R_n = 0,122 \Omega$; $X_n = 0,4 \Omega$; $f = 50$ Hz.

1. Tính dòng điện mở máy.
2. Dùng điện kháng mở máy với $I_{mmDK} = 300$ A. Tính điện cảm L của cuộn dây mở máy.

ĐS: 1/ $I_{mm} = 526$ A;

2/ $L = 1,029$ H.

Bài 5

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha 50 Hz; 6 cực, $P_{dm} = 100$ kW; tốc độ quay $n = 980$ vg/ph. Giả thiết tổn hao cơ của máy bằng 1% công suất định mức đưa ra và mômen tải luôn giữ không đổi. Trong mạch rotor nối thêm điện trở phụ để tốc độ giảm xuống còn 750 vg/ph. Hãy tính công suất tiêu hao trên điện trở phụ và công suất đưa ra của động cơ điện khi giảm tốc độ.

ĐS: $p_{cu2} = 23,7$ kW; $P_2 = 76,3$ kW.

Bài 6

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc: $P_{dm} = 14$ kW, $n_{dm} = 1450$ vg/ph, $\eta_{dm} = 0,885$, $\cos \varphi_{dm} = 0,88$; Y/ Δ - 220/380 V; tổn hao sắt từ $p_{Fe} = 400$ W; tổn hao cơ và tổn hao phụ $p_{cơ} + p_{phụ} = 124,5$ W. Điện trở dây quấn stato $R_1 = 0,69 \Omega$. Động cơ mắc vào lưới điện $U = 380$ V; $f = 50$ Hz. Tỷ số dòng điện mở máy $I_{mm}/I_{dm} = 5,5$; mômen mở máy $M_{mm}/M_{dm} = 1,3$; mômen cực đại $M_{max}/M_{dm} = 2$. Tính các phương pháp mở máy sau:

a/ Dùng máy biến áp từ ngẫu để giảm dòng điện mở máy 2,25 lần thì hệ số biến áp là bao nhiêu? Tính mômen cản tối đa để động cơ có thể mở máy trong trường hợp này.

b/ Nếu nối một cuộn điện cảm vào mạch stato để điện áp giảm đi 10%. Tính dòng điện mở máy và mômen mở máy. Xác định mômen cản tối đa để động cơ có thể mở máy trong trường hợp này.

ĐS: a/ $k = 1,5$; $M_c < 53,24$ Nm.

b/ $I_{mm} = 135,18$ A; $M_{mm} = 97$ Nm; $M_c < 97$ Nm.

Chương 4. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Mục tiêu : Sau khi học xong chương này SV phải :

- Chứng minh được trong từ trường 1 pha động cơ không thể tự khởi động.
- Trình bày được nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ 1 pha vòng ngắn mạch và động cơ không đồng bộ 1 pha mở máy bằng điện dung.
- Vẽ và giải thích được mạch ĐC 3 pha sử dụng trong lưới điện 1 pha.

Nội dung:

I. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

Cấu tạo: động cơ thường có rotor lồng sóc. Lõi thép stato giống động cơ 3 pha, dây quấn là cuộn dây một pha nối với nguồn điện xoay chiều một pha.

Dòng điện xoay chiều chạy vào dây quấn stato không tạo ra từ trường quay. Do sự biến thiên của dòng điện, chiều và trị số từ trường thay đổi nhưng phương của từ trường cố định trong không gian. Đó là từ trường đập mạch. Phân tích từ trường đập mạch thành 2 từ trường quay có cùng tốc độ quay nhưng ngược chiều nhau và biên độ bằng một nửa từ trường đập mạch.

$$n_1 = \frac{60.f}{P} \quad \text{và} \quad B_{l.\max} = B_{ll.\max} = \frac{B_{\max}}{2} \quad \text{với} \quad \vec{B} = \vec{B}_I + \vec{B}_{II}$$

Hệ số trượt ứng với từ trường quay thuận: $s_I = \frac{n_1 - n}{n_1} = s$

Và với từ trường quay ngược: $s_{II} = \frac{n_1 + n}{n_1} = \frac{n_1 + (1 - s_I)n_1}{n_1} = 2 - s_I = 2 - s$

Tác dụng của từ trường quay thuận nghịch đó với dòng điện ở rotor do chúng sinh ra tạo thành hai moment ngược nhau M_A và M_B . Khi động cơ đứng yên ($s=1$), hai moment đó bằng nhau và ngược chiều nhau nên moment tổng bằng không nên động cơ không thể khởi động được.

-Nếu dùng lực bên ngoài quay rotor theo một chiều nào đó (giả sử chiều thuận), do tốc độ quay thuận $n_{\text{thuận}} \neq 0$ nên hệ số trượt ứng với từ trường quay thuận là

$s_I = \frac{n_1 - n}{n_1} = s < 1$. Moment điện từ khác 0 nên rotor tiếp tục quay thuận và

động cơ làm việc ở tốc độ ứng với moment cân bằng moment động.

-Nếu quay động cơ theo chiều ngược, do tốc độ quay ngược $n_{\text{ngược}} \neq 0$ nên hệ số trượt ứng với từ trường quay ngược là $s_{II} = 2 - s > 1$. Moment điện từ khác 0 (theo chiều ngược) nên rotor tiếp tục quay ngược và tăng tốc đến tốc độ ổn định.

Vậy: nếu ĐCKĐB một pha mà mở máy được thì động cơ có thể làm việc được và muốn tạo moment mở máy thì lúc mở máy phải biến động cơ một pha thành hai pha để tạo từ trường quay.

II. PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY VÀ CÁC LOẠI ĐCKĐB MỘT PHA

1. PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY

Về lý thuyết để tạo từ trường ta cần có hai dây quấn đặt lệch nhau trong không gian góc θ và dòng hay áp đặt vào hai dây quấn phải lệch nhau góc β .

Cấu tạo thực tế của động cơ một pha thường có hai dây quấn nên

$M = I_A I_B \cdot \sin \beta \cdot \sin \theta$. Để có moment lớn thì

$\beta = 90^\circ$ và $\theta = 90^\circ$. Nghĩa là, hai dây quấn lệch nhau góc 90° ($\theta = 90^\circ$) và để $\beta \neq 0$ phải

có thiết bị dịch pha đặt trong dây quấn thứ hai *Hình 4.1. vị trí không gian dây quấn một pha*

Dây quấn thứ nhất: dây quấn làm việc (dây quấn chính, dây quấn chạy)

Dây quấn thứ hai: dây quấn khởi động (dây quấn phụ, dây quấn đề)

Muốn tạo ra I_A lệch pha với I_B thì $Z_{mm} \neq Z_{LV}$ và bộ dịch pha sẽ làm thay đổi tổng trở để $Z_{mm} \neq Z_{LV}$

-*Mắc điện trở vào cuộn mở máy:* khi đó cuộn mở máy có tổng trở lớn hơn cuộn làm việc $Z_{mm} > Z_{LV}$. Phương pháp này chỉ tạo góc lệch β nhỏ và có tổn hao trên điện trở nên thực tế không mắc điện trở mà tính toán sao cho dây quấn phụ có điện trở tương đương lớn (giảm nhỏ tiết diện dây quấn phụ)

-*Mắc cuộn kháng:* tổng trở mở máy có tính chất cảm lớn hơn tổng trở làm việc $Z_{mm} > Z_{LV}$. Phương pháp này góc β nhỏ nên moment mở máy nhỏ, đồng thời $\cos \varphi$

thấp nên thực tế không dùng.

-*Mắc tụ điện:* Tổng trở mở máy có tính chất dung. Có thể tạo góc lệch pha $\beta = 90^\circ$. Phương pháp này có moment mở máy lớn đồng thời $\cos \varphi$ cao. Thực tế thường dùng phương pháp này.

2. CÁC LOẠI ĐCKĐB MỘT PHA

1.*Động cơ mở máy bằng điện trở:* (động cơ điện trở hay dây quấn mở máy)

R: Điện trở tương trưng trên sơ đồ, nhưng trong thực tế là dây quấn có tiết diện nhỏ hơn để tăng điện trở.

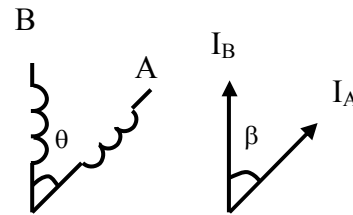
K: Công tắc ly tâm hoặc rơ le dòng điện. Dùng cắt cuộn dây phụ ra khỏi mạch khi tốc độ động cơ gần đạt định mức

Khi động cơ đứng yên, công tắc K đóng nên động cơ làm việc ở chế độ hai pha cho đến khi tốc độ đạt khoảng 80 đến 90% tốc độ định mức thì công tắc mở, động cơ làm việc ở chế độ một pha với cuộn dây làm việc

Ưu điểm: động cơ loại này cấu tạo đơn giản, nhưng moment mở máy nhỏ và hệ số công suất thấp.

2.*Động cơ mở máy bằng tụ điện:* Làm việc như động cơ dây quấn mở máy
Ưu điểm: Moment mở máy lớn

3.*Động cơ dùng tụ thường trực:* Thực chất đây là động cơ hai pha, làm việc ở nguồn điện một pha. Tụ C được tính sao cho từ trường tròn ở chế độ định mức.



Hình 4.1. vị trí không gian dây quấn một pha

Ưu điểm: Moment mở máy lớn, moment định mức lớn, hệ số công suất cao.

4. Động cơ có tụ mở máy và tụ thường trực: ở thời điểm mở máy cả hai tụ tham gia vào mạch: $C_{mm} = C_{LV} + C_1$. Kết thúc khởi động, cắt tụ C_1 và động cơ làm việc ở chế độ hai pha.

Ưu điểm: Moment mở máy lớn, moment định mức lớn, khả năng quá tải lớn và hệ số công suất cao.

5. Động cơ có vòng ngắn mạch: (vòng chập) Vòng ngắn mạch là vòng đồng được nối ngắn mạch và ôm lấy 1/3 cực từ.

Đặt điện áp xoay chiều một pha vào dây quấn stato sẽ sinh ra từ trường đập mạch Φ_{chinh} gồm hai thành phần:

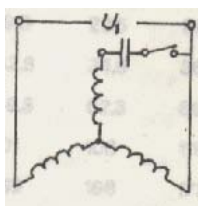
-Phần qua cực từ lớn (không có vòng ngắn mạch): Φ'

-Phần qua cực từ có vòng ngắn mạch: Φ'' . Trong vòng ngắn mạch sẽ sinh ra dòng điện ngắn mạch I_n . Dòng điện này lại sinh ra từ thông Φ_n . Từ thông Φ_n cùng với từ thông Φ'' tạo ra từ thông tổng đi trong vùng cực từ nhỏ Φ_f .

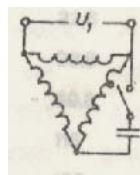
Như vậy, ở dưới phần cực từ không có vòng ngắn mạch có từ thông $\Phi' = \Phi_{ch} - \Phi''$ đi qua, còn ở phần có vòng ngắn mạch có Φ_f đi qua giữa chúng có góc lệch pha nhau về thời gian và không gian tạo nên từ trường quay và máy có moment ban đầu làm động cơ quay.

Ưu điểm: Kết cấu đơn giản, giá thành rẻ nhưng hiệu suất động cơ thấp.

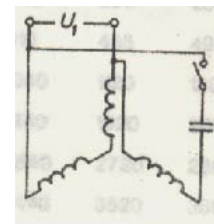
3. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 PHA DÙNG TRONG LƯỚI ĐIỆN 1 PHA



a



b



c

Hình 4.2a,b,c. sơ đồ động cơ 3pha dùng trong lưới 1 pha

CHỦ ĐỀ GỢI Ý THẢO LUẬN

1. Từ trường của động cơ điện xoay chiều 1 pha?
2. Đặc điểm của từ trường dòng điện 1 pha. So sánh với từ trường của dòng điện xoay chiều 3 pha.
3. Phân tích từ trường dòng điện xoay chiều 1 pha thành từ trường quay.
4. Tác động của từ trường quay thuận lên động cơ
5. Tác động của từ trường quay ngược lên động cơ
6. Biểu diễn momen tổng

7. Nhận xét momen tổng tại điểm khởi động ($S = 1$)
8. Kết luận về khả năng tự khởi động của động cơ.
9. Động cơ không đồng bộ 1 pha có thể tự khởi động với điều kiện nào
10. Tạo góc lệch pha giữa dòng điện pha chính và pha phụ bằng cách nào.
11. Trong các loại động cơ điện 1pha, loại nào có momen khởi động lớn nhất.
12. Độ lớn của momen khởi động phụ thuộc vào yếu tố nào
13. Nhiệm vụ của dây quấn pha phụ.
14. So sánh công suất, momen, hệ số quá tải của động cơ 1 pha với động cơ 3 pha
15. Đổi chiều quay của động cơ 1 pha vòng ngắn mạch và động cơ điện dung.
16. So sánh momen khởi động của động cơ vòng ngắn mạch với động cơ dùng tụ.
17. Nguyên lý làm việc của động cơ vòng ngắn mạch. Nếu vòng ngắn mạch bị hở thì động cơ có khởi động được không.
18. Có bao nhiêu khả năng đấu 6 đầu của 3 cuộn dây thành 3 đầu dây. Từ các khả năng đó nhận xét về trị số điện áp đặt lên cuộn dây.
19. So sánh giữa điện áp thực tế và điện áp cho phép đặt lên cuộn dây. Trên cơ sở đó phân loại thành các nhóm có đặc điểm về điện áp giống nhau.
20. Đổi chiều quay của động cơ được tiến hành bằng cách nào.
21. Khi dùng động cơ 3 pha trong lưới điện 1 pha, công suất và momen động cơ thay đổi thế nào.

Ban quyền © Trường ĐH Su pham Ky Thuong TP HCM

PHẦN V: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Máy điện đồng bộ (MĐĐB) được sử dụng trong công nghiệp làm máy phát điện đồng bộ (MPĐĐB), động cơ điện đồng bộ (ĐCĐĐB), máy bù đồng bộ (MBĐB). Chẳng hạn như các tổ máy phát điện trong nhà máy phát thủy điện Sông Đà, Đa Nhim, nhà máy phát nhiệt điện Uông Bí, Phả Lại, Phú Mỹ, ... ở nước ta. Các động cơ điện đồng bộ dùng trong các nhà máy sản xuất xi măng, giấy, hoá chất. Các máy bù đồng bộ thường đặt ở gần các trung tâm công nghiệp lớn để phát ra công suất phản kháng bù hệ số công suất $\cos\phi$ cho lưới điện.

Các động cơ đồng bộ công suất nhỏ (đặc biệt là các động cơ kích từ bằng nam châm vĩnh cửu) cũng được dùng rất rộng rãi trong các trang bị tự động và điều khiển.

CHƯƠNG 1 : ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Mục tiêu:

- Sinh viên hiểu kết cấu, nguyên tắc hoạt động của máy điện đồng bộ
- Đọc và hiểu được ý nghĩa các trị số định mức của MĐĐB ghi trong sổ tay kỹ thuật hoặc trên nhãn máy
- Ứng dụng tính toán các thông số kỹ thuật đặc trưng cho MĐĐB

I. KẾT CẤU CHUNG CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

1. CÁC LOẠI MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ (MĐĐB)

Theo chức năng, có thể chia MĐĐB thành ba loại chủ yếu sau:

a. Máy phát điện đồng bộ

Máy phát điện đồng bộ thường được kéo bởi tuabin hơi hoặc tuabin nước.

Máy phát tuabin hơi có tốc độ quay cao, do đó được chế tạo theo kiểu cực ẩn và có trục máy đặt nằm ngang (kết cấu cực ẩn và cực lồi sẽ được đề cập tới ở phần sau).

Máy phát điện tuabin nước thường có tốc độ quay thấp nên có kết cấu theo kiểu cực lồi và nói chung trục máy được đặt thẳng đứng.

Trong trường hợp máy phát điện có công suất nhỏ và cần di động thì thường dùng điêzen. Máy phát điện điêzen thường có cấu tạo cực lồi.

b. Động cơ điện đồng bộ

Động cơ điện đồng bộ thường được chế tạo theo kiểu cực lồi và được sử dụng để kéo các tải không đòi hỏi phải thay đổi tốc độ, với công suất chủ yếu từ 200 kW trở lên.

c. Máy bù đồng bộ

Máy bù đồng bộ chủ yếu dùng để cải thiện hệ số công suất $\cos\phi$ của lưới điện.

Ngoài các loại trên còn có các máy điện đồng bộ đặc biệt như máy biến đổi một phần ứng, máy đồng bộ tần số cao, ... và các máy đồng bộ công suất nhỏ dùng trong tự động, như động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu, động cơ đồng bộ phản kháng, động cơ đồng bộ từ trễ, động cơ bước ...

Theo kết cấu, có thể chia máy điện đồng bộ thành hai loại :

Máy đồng bộ cực ẩn (máy có rôto kết cấu kiểu cực ẩn) thích hợp với tốc độ quay cao (thường số cực $2p = 2$)

Máy đồng bộ cực lồi (máy có rôto kết cấu kiểu cực lồi) thích hợp khi tốc độ quay thấp ($2p \geq 4$).

2. KẾT CẤU CỦA MĐDB

Kết cấu chung của máy điện đồng bộ bao gồm những phần chi tiết như sau:

a. Stator

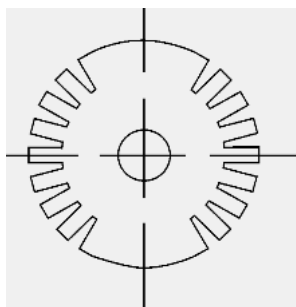
Stator của máy điện đồng bộ bao gồm lõi thép (thép kỹ thuật điện tương tự như trong máy điện không đồng bộ), trong có đặt dây quấn ba pha và thân máy, nắp máy. Lõi thép stator được ép bằng các lá tôn silic dày $0,5 \text{ mm}$, hai mặt có phủ sơn cách điện. Dọc chiều dài lõi thép stator cứ cách khoảng $3 \div 6 \text{ cm}$ lại có một rãnh thông gió ngang trục, rộng 10 mm . Nó được đặt cố định trong thân máy. Trong các máy đồng bộ công suất trung bình và lớn, thân máy được chế tạo theo kết cấu khung thép, mặt ngoài bọc bằng các tấm thép dát dày. Thân máy phải thiết kế và chế tạo để sao cho trong nó hình thành hệ thống đường thông gió, làm lạnh máy điện. Nắp máy cũng được chế tạo từ thép tấm hoặc từ gang đúc. Ở các máy đồng bộ công suất trung bình và lớn, ổ trục không đặt ở nắp máy mà ở giá đỡ ổ trục đặt cố định trên bệ máy.

b. Rôto

MĐDB có hai loại rôto : rôto kiểu cực ẩn và rôto kiểu cực lồi

➤ **Rôto kiểu cực ẩn.** Rôto kiểu cực ẩn làm bằng thép hợp kim chất lượng cao, được rèn thành khối hình trụ, sau đó gia công và phay rãnh để đặt dây quấn kích từ. Phần không phay rãnh của rôto hình thành mặt cực từ. Mặt cắt ngang trục lõi thép rôto như hình 1.

Các máy điện đồng bộ hiện đại cực ẩn thường được chế tạo với số cực $2p = 2$, tốc độ quay của rôto là 3000 vg/ph và để hạn chế lực ly tâm, trong phạm vi an toàn đối với thép hợp kim chế tạo thành lõi thép rôto, đường kính D của rôto không vượt quá $1,1 \div 1,15 \text{ m}$. Để tăng công suất máy, chỉ có thể tăng chiều dài l của rôto. Chiều dài tối đa của rôto vào khoảng $6,5 \text{ m}$.



Hình 1. Mặt cắt ngang trục lõi thép rôto

Dây quấn kích từ đặt trong rãnh rôto được chế tạo từ dây đồng trần tiết diện chữ nhật quấn theo chiều mỏng thành các bối dây đồng tâm. Các vòng dây của bối dây này được cách điện với nhau bằng một lớp mica mỏng. Để cố định và ép chặt dây quấn kích từ trong rãnh, miệng rãnh được nện kín bởi các thanh nện bằng thép không từ tính.

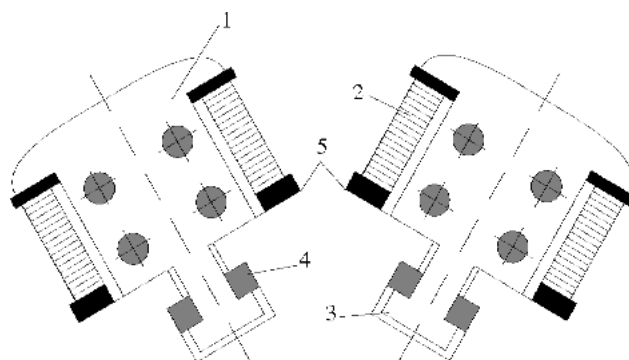
Phần đầu nổi (nằm ngoài rãnh) của dây quấn kích từ được đai chặt bằng các ống trụ thép không từ tính.

Hai đầu của dây quấn kích từ đi luôn trong trục và nối với hai vành trượt đặt ở đầu trục thông qua hai chổi điện để nối với dòng kích từ một chiều bên ngoài

rôto. Máy kích từ này thường được nối trực với trục máy đồng bộ hoặc có trục chung với máy đồng bộ.

➤ **Rôto kiểu cực lõi.**

Máy có hình dạng cực từ lõi như hình 1.2 Máy đồng bộ cực lõi thường có tốc độ



Hình 1.2. Cực từ của máy đồng bộ cực lõi

1. Lá thép cực từ; 2. Dây quấn kích thích;
3. Đầu hình T; 4. Nêm; 5. Lõi thép rôto

quay thấp, vì vậy khác với máy đồng bộ cực ẩn, đường kính rôto Được của nó có thể lớn tới 15 m trong khi chiều dài l lại nhỏ với tỷ lệ $l/D = 0,15 \div 0,2$.

Rôto của máy điện đồng bộ cực lõi 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 (kiểu bánh xe) trên mặt có đặt các cực từ. Ở các máy lớn, lõi thép đó được hình thành bởi các tấm thép dày 1 ÷ 6 mm, được dập hoặc đúc định hình sẵn để ghép thành các khối lăng trụ và lõi thép này thường không trực tiếp lồng vào trục máy mà được đặt trên giá đỡ của rôto. Giá này lồng vào trục máy. Cực từ đặt trên lõi thép rôto được ghép bằng những lá thép dày 1 ÷ 1,5 mm.

Việc cố định cực từ trên lõi thép được thực hiện nhờ đầu hình T (một kiểu chi tiết ghép nối cơ khí) hoặc bằng các bulông xuyên qua mặt cực và ghép chặt vào lõi thép rôto.

Dây quấn kích từ được chế tạo từ dây đồng trần tiết diện chữ nhật quấn uốn theo chiều mỏng thành từng cuộn dây. Cách điện giữa các vòng dây là các lớp mica hoặc amiăng. Các cuộn dây sau khi đã gia công được lồng vào các thân cực.

Dây quấn cản (trường hợp máy phát động bộ) hoặc dây quấn mở máy (trường hợp động cơ đồng bộ) được đặt trên các đầu cực. Các dây quấn này giống như dây quấn kiểu lồng sóc của máy điện không đồng bộ, nghĩa là làm bằng các thanh đồng đặt vào rãnh, các đầu cực và được nối hai đầu bởi hai vòng ngắn mạch.

Dây quấn mở máy chỉ khác dây quấn cản ở chỗ điện trở các thanh dẫn của nó lớn hơn.

➤ **Stato của máy đồng bộ cực lõi** có cấu tạo tương tự như stato của máy đồng bộ cực ẩn.

c. Phân cơ và các chi tiết khác

Trục của máy đồng bộ có rôto cực lồi có thể đặt nằm ngang như ở các động cơ đồng bộ, máy bù đồng bộ, máy phát điện điêzen hoặc máy phát tuabin nước công suất nhỏ và tốc độ quay tương đối lớn (khoảng trên 200 vg/ph). Ở trường hợp máy phát tuabin nước, tuabin nước công suất lớn, tốc độ chậm, trục của máy được đặt thẳng đứng. Khi trục máy đặt thẳng đứng, ổ trục đỡ rất quan trọng. Nếu ổ trục đỡ đặt ở đầu trên của trục thì gọi là máy đồng bộ kết cấu kiểu treo, còn nếu đặt ở đầu dưới của trục thì máy thuộc kiểu dầm .

Ở máy phát tuabin nước kiểu treo, xà đỡ trên tựa vào thân máy, do đó tương đối dài và phải rất khỏe vì nó chịu toàn bộ trọng lượng của rôto máy phát, rôto tuabin nước và xung lực của nước đi vào tuabin. Như vậy kích thước xà đỡ trên rất lớn tốn nhiều sắt thép, đồng thời bản thân máy cũng cao lớn do đó tăng thêm chi phí xây dựng buồng đặt máy. Ở máy phát tuabin nước kiểu dầm, ổ trục đỡ tựa trên xà dưới. Xà đỡ dưới được cố định trên nền của gian máy, do đó ngắn hơn và ở một số máy, ổ trục đỡ được đặt ngay trên nắp của tuabin nước.

Trên cùng trục với máy phát, thường có đặt thêm các máy phụ đó chính là máy kích thích (máy phát điện một chiều), dùng để cung cấp dòng điện một chiều cho cực từ của máy phát đồng bộ và máy phát điều chỉnh để làm nguồn cung cấp điện cho bộ điều chỉnh tự động của tuabin.

II. NGUYÊN TẮC LÀM VIỆC CƠ BẢN

1. MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ(MPĐDB)

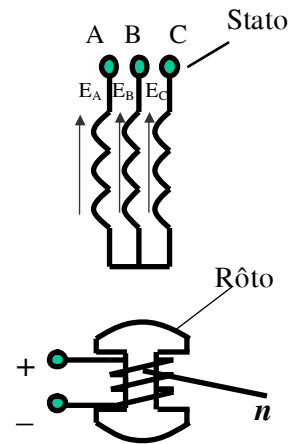
Khi cho rôto quay(bằng động cơ sơ cấp) và cho dòng điện kích từ (một chiều) vào dây quấn kích từ sẽ tạo nên từ trường rôto. Từ trường này cắt qua dây quấn phần ứng (stato) và cảm ứng trong đó sức điện động xoay chiều hình sin, có trị số hiệu dụng $E_o = 4,44.f.w_1.k_{dq}.\phi_o$.

Trong đó: E_o, w_1, k_{dq}, ϕ_o lần lượt là: s.đ.đ pha, hệ số dây quấn , từ thông kích từ rôto. Nếu rôto có p đôi cực, khi rôto quay 1 vòng thì s.đ.đ phần ứng sẽ biến thiên p chu kỳ. Do đó, tần số f của s.đ.đ stato sẽ là :

$$f = p.n \text{ (vg/s) hay } f = p.n/60 \text{ (vg/ph, hz)}$$

ở MPĐ xoay chiều ba pha, dây quấn phần ứng là dây quấn 3 pha đối xứng, nên s.đ.đ trong dây quấn phần ứng stato cũng là s.đ.đ 3 pha đối xứng (trị số bằng nhau, lệch pha nhau 120^0).

Khi có tải, dòng điện trong dây quấn stato sẽ tạo nên từ trường quay như trong máy điện không đồng bộ, với tốc độ từ trường xác định $n_1 = 60 f/p$, ta thấy tốc độ từ trường $n_1 = n$ (tốc độ rôto) . Do đó, loại máy này gọi là máy điện đồng bộ (MĐDB).



Hình 13. nguyên tắc MPĐ

2. ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ (ĐCĐDB)

Kết cấu ĐCĐDB tong tự MPĐDB. Khi hoạt động, nếu ta đưa dòng xoay chiều vào dây quấn stato và dòng kích từ 1 chiều vào dây quấn kích từ rôto, thì từ trường quay 3pha phía stato cắt qua dây quấn rôto có dòng 1 chiều. tác động của từ trường stato và dòng trong dây quấn kích từ rôto tạo nên lực điện từ và mômen quay làm rôto quay. Điều chỉnh (tăng) dòng kích từ, tốc độ động cơ (n) tăng bằng tốc độ từ trường quay ($n = n_1$)

3. MÁY BÙ ĐỒNG BỘ (MBĐB)

MBĐB được xem như ĐCĐDB hoạt động ở chế độ không tải. Khi điều chỉnh dòng kích từ I_t , MBĐB hoạt động như một tải (điện cảm L hoặc điện dung C tùy theo trị số điều chỉnh của dòng kích từ) của lưới điện, nó sẽ làm tính chất tải thay đổi kéo theo điện áp, góc lệch pha, $\cos\varphi$ của hệ thống (lưới điện) thay đổi có nghĩa là MBĐB có thể tham gia vào việc cải thiện việc bù điện áp và $\cos\varphi$ của lưới điện.

III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Các trị số định mức của máy điện đồng bộ bao gồm:

Công suất có ích nghĩa là công suất đầu ra của máy tính toán theo các điều kiện phát nóng và làm việc lâu dài mà không bị hư hỏng được gọi là công suất định mức của máy.

Đối với MPĐDB, công suất xác định như sau:

Công suất biểu kiến (thường ghi trên nhãn máy) :

$$S_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \text{ (VA, KVA)}$$

$$\text{Công suất tác dụng : } P_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos\varphi_{dm} \text{ (W, KW)}$$

$$\text{Công suất phản kháng } Q_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \sin\varphi_{dm} \text{ (VA, KVA)}$$

Hiệu suất η_{dm}

Đối với ĐCĐDB, Công suất ĐCĐDB là công suất cơ trên trục động cơ hay công suất tác dụng của động cơ điện đồng bộ (thường ghi trên nhãn máy): $P_{dm} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos\varphi_{dm} \eta_{dm} \text{ (W, KW)}$.

Với U_{dm} , I_{dm} , $\cos\varphi_{dm}$, η_{dm} là điện áp dây, dòng điện dây định mức, hệ số công suất, hiệu suất định mức của máy điện đồng bộ.

Đối với máy bù đồng bộ (MBĐB), công suất và các lượng định mức thường ghi như trong MPĐDB

Các đại lượng đó có liên quan với nhau và biểu thị cho chế độ làm việc ổn định, lâu dài với công suất lớn nhất cho phép được gọi là các lượng định mức và đều ghi trên nhãn máy.

Thông thường, trên nhãn của máy điện đồng bộ thường ghi các số liệu sau đây : Kiểu máy; Số pha; Tần số (Hz); Công suất định mức (kW hay kVA); Điện áp dây (V); Sơ đồ nối các pha của phần tĩnh; Các dòng điện dây stato và dòng một chiều rôto (A); Hệ số công suất; hiệu suất. Tốc độ quay (vg/ph); Cấp cách điện của dây quấn stato và rôto.

Ngoài ra trên nhãn máy còn ghi tên nhà máy chế tạo, năm chế tạo, trọng lượng máy...

CÂU HỎI

1. Máy điện đồng bộ có mấy loại phân theo kết cấu và chức năng ?
2. Nguyên lý làm việc của máy điện đồng bộ là gì ?
3. Các trị số định mức của máy điện đồng bộ là gì và ý nghĩa của chúng ?
4. Lõi thép rotor của máy điện đồng bộ có thể chế tạo bằng khối thép rèn hoặc bằng các lá thép dày mà không cần phải dùng đến tôn silic như ở lõi thép stato có được không ? Vì sao ?
5. Thử vẽ cách nối các cuộn dây của cực từ trong máy đồng bộ cực ẩn và cực lộ ?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG**BÀI TẬP 1**

Máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn có $P_{\text{đm}} = 30 \text{ MW}$, $U_{\text{đm}} = 10,5 \text{ kV}$, $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8$; số đôi cực $p = 1$. Hiệu suất định mức $\eta_{\text{đm}} = 98,32 \%$; ; tần số nguồn phát $f = 50 \text{ Hz}$.

1. Tính tốc độ quay rotor và dòng điện định mức.
2. Tính công suất biểu kiến $S_{\text{đm}}$ của máy; công suất phản kháng $Q_{\text{đm}}$ của máy.
3. Tính công suất mà động cơ sơ cấp cung cấp cho máy phát và tổng các tổn hao?.

Gợi ý

$P_{\text{đm}}$: công suất điện trên hai đầu cực của máy phát, thường được ghi trên nhãn máy:

$$P_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi_{\text{đm}} .$$

Tốc độ quay của rotor bằng tốc độ đồng bộ:

$$n = n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Công suất biểu kiến của máy phát được tính theo công thức:

$$S_{\text{đm}} = \sqrt{P_{\text{đm}}^2 + Q_{\text{đm}}^2}$$

Hiệu suất máy phát điện: $\eta = \frac{P_{\text{đm}}}{P_1}$

Tổn hao công suất trên điện trở một pha dây quấn: $\Delta P_{\text{cu}} = R \cdot I^2$

BÀI GIẢI

1/ Tốc độ quay của rotor máy phát:

$$n = n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \quad (\text{vg/ph}).$$

Dòng điện định mức của máy phát:

$$I_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi_{\text{đm}}} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 2,064 \quad (\text{kA}).$$

2/ Công suất biểu kiến của máy phát:

$$S_{dm} = \frac{P_{dm}}{\cos \varphi_{dm}} = \frac{30}{0,8} = 37,5 \quad (\text{MVA}).$$

Công suất phản kháng của máy phát:

$$Q_{dm} = S_{dm} \cdot \sin \varphi_{dm} = 37,5 \cdot 0,6 = 22,5 \quad (\text{MVar}).$$

$$\sin \varphi_{dm} = 0,6 \text{ suy ra từ } \cos \varphi_{dm} = 0,8$$

3/ Công suất cung cấp cho trục máy phát bởi động cơ sơ cấp là:

$$P_1 = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = \frac{30}{0,9832} \cdot 100 = 30,51 \quad (\text{MW}).$$

$$4/\text{tổng tổn hao: } \Delta P_{\Sigma} = P_1 - P_{dm} = 30,51 - 30 = 0,51 \quad (\text{MW}).$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI:

Bài 1

Cho máy phát điện đồng bộ ba pha có $2p = 4$, công suất biểu kiến $S_{dm} = 50$ kVA, $220/380 \text{ V } \Delta/Y$, $\eta_{dm} = 0,85$, $\cos \varphi_{dm} = 0,8$, $f = 50 \text{ Hz}$. Tính:

1. Tính dòng điện định mức, công suất cơ, mômen cơ động cơ sơ cấp.
2. Tính công suất phản kháng máy phát khi $\cos \varphi = 0,8$ (trễ pha khi tải có tính điện cảm, sớm pha khi tải có tính dung).

Bài 2

Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn đấu sao, $S_{dm} = 10000 \text{ kVA}$; $U_{dm} = 6,3 \text{ kV}$; $f = 50 \text{ Hz}$; $\cos \varphi_{dm} = 0,8$; số đôi cực $p = 2$; điện trở dây quấn stato $R = 0,04 \Omega$; điện kháng đồng bộ xem như không đáng kể; tổn hao kích từ $\Delta P_{KT} = 2\%P_{dm}$, tổng tổn hao cơ, sắt từ và tổn hao phụ là $2,4\%P_{dm}$.

1. Tính tốc độ quay rotor, dòng điện định mức.
2. Tính công suất tác dụng và phản kháng máy phát ra. Công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát và hiệu suất máy phát.

$$\text{ĐS: } 1/n = 1500 \text{ vg/ph; } I_{dm} = 916,5 \text{ A.}$$

$$2/P = 8000 \text{ kW; } Q = 6000 \text{ kVar; } P_{cơ} = 8452,8 \text{ kW; } \eta = 0,946.$$

Bài 3

Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn có $S_{dm} = 1500 \text{ kVA}$; $U_{dm} = 6600 \text{ V}$; $f = 50$ $\cos \varphi_{dm} = 0,8$, tiêu thụ dòng điện bằng định mức. Tính dòng điện, công suất tác dụng và phản kháng của tải.

Bài 4

Một động cơ điện không đồng bộ rotor dây quấn stato nối hình tam giác, điện áp lưới 220 V ; $f = 50 \text{ Hz}$. Số liệu động cơ: $p = 2$ đôi, dòng điện tiêu thụ $I_1 = 21 \text{ A}$, $\cos \varphi_1 = 0,82$; $\eta = 0,837$; $s = 0,053$.

Tính tốc độ động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ P_1 , tổng các tổn hao, công suất cơ hữu ích P_2 và mômen quay động cơ.

CHƯƠNG 2: CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Mục tiêu :

- Sinh viên hiểu được các loại từ trường và tác dụng của nó trong máy điện đồng bộ
- Hiểu các quan hệ điện từ trong MĐĐB và tác động của nó trong máy phát và động cơ đồng bộ
- Ứng dụng tính toán được các đại lượng điện từ tương ứng

I. TỪ TRƯỜNG CỦA DÂY QUẤN KÍCH THÍCH (dây quấn kích từ)

1. ĐỐI VỚI MÁY ĐIỆN CỰC LỒI

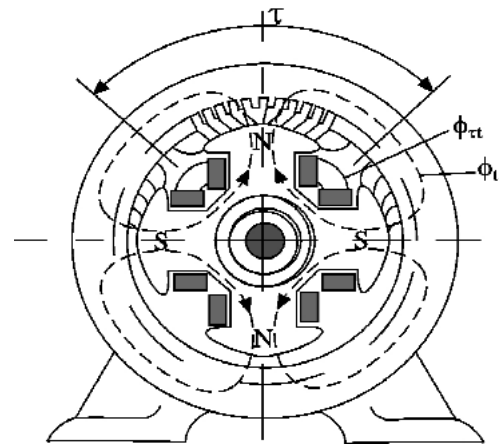
a. Từ trường và phân bố từ trường dưới mỗi cực từ

Máy điện đồng bộ có p đôi cực. Nếu ta gọi w_t là tổng số các vòng dây quấn trên các cực từ và i_t là dòng điện kích thích chạy trong dây quấn đó, thì sức từ động của một cực từ là :

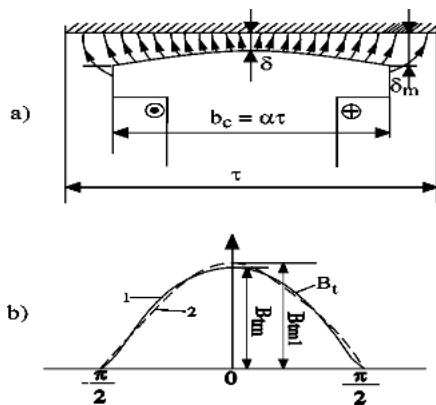
$$F_t = \frac{w_t i_t}{2p}$$

Từ thông do s.đ.đ. đó sinh ra trong trường hợp $p = 2$ được trình bày trên hình 2-1, trong đó Φ_t – từ thông chính đi qua khe hở δ và móc vòng với dây quấn stato; $\Phi_{\sigma t}$ – từ thông tản của cực từ.

Sự phân bố của các đường từ lực ở mặt cực được trình bày trên hình 2-2a. Do khe hở giữa mặt cực và phần ứng không đều : nhỏ ở giữa cực và lớn ở mỏm cực, nên mật độ từ thông ở giữa mặt cực lớn hơn ở mỏm cực. Như vậy, từ cảm B_t ở từng điểm dọc mặt cực tỷ lệ nghịch với chiều dài khe hở δ ở điểm đó và vẽ được tương đối chính xác đường biểu diễn của B_t dọc theo bước cực τ như trên hình 2-2b (gần với hình sin). Do những khó khăn về gia công độ cong của mặt cực, nên không chế tạo được sự phân bố của từ cảm



Hình 2-1. Từ trường của dây quấn kích thích của máy điện đồng bộ



Hình 2-2. Từ trường do dây quấn kích thích ở khe hở của máy điện đồng bộ cực lồi

B_t theo hình sin, nhưng đường phân bố từ cảm không sin đó có dạng một hàm điều hoà (gần sin) và do đó có thể phân tích thành sóng cơ bản (hình sin bậc 1) và sóng bậc cao.

Trong máy đồng bộ, sóng cơ bản là chủ yếu và sẽ tạo nên các s.đ.đ. có tần số cơ bản ở dây quấn stato, còn các từ trường bậc cao của cực từ thường rất nhỏ, hơn nữa s.đ.đ. do chúng sinh ra còn bị giảm đi nếu chọn chính xác bước ngắn y và số rãnh của một pha ở một cực q của

dây quấn stato. Sự khác nhau giữa sóng cơ bản (*hình sin bậc 1*) với từ cảm B_t (sóng điều hoà) được biểu thị bằng hệ số dạng sóng của từ trường.

$$k_t = \frac{B_{tm1}}{B_{tm}}$$

trong đó : B_{tm1} – biên độ của sóng cơ bản.

B_{tm} – trị số cực đại của từ cảm. trị số này phụ thuộc vào trị số sức từ động cực từ và khe hở không khí δ :

$$B_{tm} = \frac{\mu_o F_t}{k_\delta k_{\mu d} \delta} ; \text{ với } k_\sigma - \text{ hệ số khe hở. } k_{\mu d} - \text{ hệ số bão hòa dọc trục cực từ.}$$

Trị số của k_t phụ thuộc vào tỷ số δ_m/δ và vào hệ số mặt cực $\alpha = b_c/\tau$. Thông thường $\delta_m/\delta = 1 \div 2,5$; $\alpha = 0,67 \div 0,75$ và $k_t = 0,95 \div 1,15$.

b. Quan hệ giữa các đại lượng từ (B_{tm} , F_t , ϕ):

Theo lý thuyết kỹ thuật điện, từ cảm cực đại B_{tm} do từ trường kích từ gây nên trong mạch từ của MĐĐB có trị số:

$$B_{tm} = \frac{\mu_o F_t}{k_\delta k_{\mu d} \delta}$$

Từ quan hệ giữa từ trường sóng cơ bản (*hình sin bậc nhất*) với từ trường kích từ trên, ta có:

$$\begin{aligned} B_{tm1} &= k_t B_{tm} = \frac{\mu_o F_t}{k_\delta k_{\mu d} \delta} k_t \\ &= \frac{\mu_o}{k_\delta k_{\mu d} \delta} \frac{w_r i_t}{2p} k_t \end{aligned}$$

trong đó k_δ - hệ số khe hở;

$k_{\mu d}$ - hệ số bão hòa dọc trục cực từ.

k_t - hệ số dạng sóng (*lựa chọn khi thiết kế*)

Từ thông cực từ (theo tính toán kỹ thuật điện) ứng với sóng cơ bản của cực từ bằng :

$$\Phi_{t1} = \frac{2}{\pi} B_{tm1} \tau l_\delta = \frac{\mu_o}{\pi} \frac{\tau l_\delta}{k_\delta k_{\mu d} \delta} \frac{w_t k_t}{p} i_t$$

c. Tác động của từ trường kích từ:

➤ Tạo s.đ.đ hồ cảm ở dây quấn stato

Khi rôto quay với vận tốc góc $\omega = 2\pi f$ thì từ thông móc vòng do sóng cơ bản của từ trường kích từ đó với dây quấn stato (có w vòng dây một pha và hệ số dây quấn k_{dq}) sẽ biến đổi theo quy luật hình sin, có trị số tức thời :

$$\psi_{tqd} = w k_{dq} \Phi_{t1} \cos \omega t$$

Vậy s.đ.đ trong dây quấn phần ứng stato chính là **s.đ.đ. hồ cảm** có trị số:

$$e_o = - \frac{d\psi_{tqd}}{dt} = \omega w k_{dq} \Phi_{t1} \sin \omega t = E_{om} \sin \omega t$$

trong đó :

$$E_{om} = \omega w k_{dq} \frac{\mu_o \tau l_\delta}{\pi k_\delta k_{\mu d} \delta} \frac{w_t k_t}{p} i_t = \omega M_{td} I_t = x_{td} i_t$$

Vậy hệ số hồ cảm của dây quấn kích thích và dây quấn phần ứng.

$$M_{\text{ud}} = \frac{\mu_0 \tau l_{\delta}}{\pi k_{\delta} k_{\mu d} \delta} \frac{w k_{dq} w_t k_t}{p}$$

và điện kháng hồ cảm tương ứng:

$$X_{\text{ud}} = \omega M_{\text{ud}}$$

Như vậy, khi MĐĐB làm việc không tải, từ trường dây quấn kích từ tạo nên *sđđ không tải* E_o do hiện tượng hồ cảm.

$$\begin{aligned} \text{Trị số } E_o &= E_{\text{om}} / \sqrt{2} = \omega w k_{dq} \Phi_{t1} / \sqrt{2} = 2\pi f w k_{dq} \Phi_{t1} / \sqrt{2} \\ &= 4,44 w f k_{dq} \Phi_o. \end{aligned}$$

với $\Phi_o = \Phi_{t1}$ (thường gọi là từ trường không tải)

➤ **Tạo Sđđ tự cảm trong dây quấn kích từ (rôto) :**

Nếu xét đến hiện tượng tự cảm xảy ra trong dây quấn kích từ rôto, ta xét như sau: do từ thông tản của cực từ và từ thông khe hở không khí khi máy làm việc cũng biến thiên qua dây quấn kích từ, nên trong dây quấn kích từ cũng xuất hiện sức điện động (sđđ tự cảm) do hai từ thông đó gây nên

Hiện tượng tự cảm này tạo nên sđđ tự cảm E_t trong dây quấn kích từ rôto, có trị số:

$$E_t = (\omega L_t) i_t = X_t i_t. \text{ với } X_{t1} \text{ là điện kháng của dây quấn kích từ}$$

Hệ số tự cảm của dây quấn kích thích được suy ra từ toàn bộ từ thông móc vòng với bản thân dây quấn kích thích và bằng :

$$L_t = L_{t\delta} + L_{\sigma t}$$

Trong đó :

$L_{\sigma t}$ – hệ số tự cảm của dây quấn kích thích ứng với từ thông tản của cực từ. Biểu thức của nó cho trong các tài liệu thiết kế.

$L_{t\delta}$ – hệ số tự cảm của dây quấn kích thích ứng với từ thông khe hở $\Phi_{t\delta}$ của cực từ.

Nếu gọi k_{ϕ} là hệ số có trị số bằng tỷ số giữa các diện tích giới hạn bởi các đường cong 1 và 2 trên hình 2-2 với trục ngang thì:

$$\Phi_{t\delta} = k_{\phi} \Phi_{t1}$$

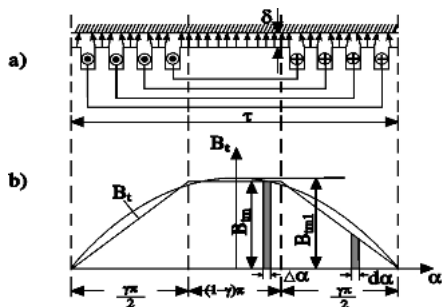
Kết hợp các biểu thức trên có thể suy

ra:

$$L_{t\delta} = \frac{w_t \Phi_{t\delta}}{i_t} = \frac{\mu_0 \tau l_{\delta}}{\pi k_{\delta} k_{\mu d} \delta} \frac{w_t^2 k_t k_{\phi}}{p}$$

từ đó tính được trị số sđđ E_t .

Tuy rằng ảnh hưởng của E_t không lớn đối với quá trình làm việc của máy điện, nhưng cần xem xét trong những trường hợp cần thiết.



Hình 2-3. Từ trường ở khe hở của máy điện đồng bộ cực ẩn và cách xác định biên độ sóng cơ bản của từ trường đó

2. ĐỐI VỚI MÁY ĐIỆN CỰC ẨN

Phương pháp phân tích từ trường tương tự như trường hợp cực lộ. Điểm khác biệt chủ yếu là đường phân bố từ cảm cực ẩn, và do đó cách tính toán xác định các đại lượng từ phù hợp được tiến hành như sau:

Do đường biểu diễn từ cảm B_t của cực từ có dạng hình thang như trên *hình 2-3*, nên biên độ sóng cơ bản của từ trường đó được tính bằng:

$$B_{tm1} = \frac{\pi}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} B_t \cos \alpha d\alpha = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{(1-\gamma)\pi}{2}} B_{tm} \cos \alpha d\alpha + \frac{4}{\pi} \int_{\frac{(1-\gamma)\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{2}{\gamma\pi} B_{tm} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \cos \alpha d\alpha = \frac{4}{\pi} \frac{\sin \frac{\gamma\pi}{2}}{\frac{\gamma\pi}{2}} B_{tm} \quad \text{Do}$$

$$\text{đó} \quad k_t = \frac{B_{tm1}}{B_{tm}} = \frac{4}{\pi} \frac{\sin \frac{\gamma\pi}{2}}{\frac{\gamma\pi}{2}}$$

trong đó γ là tỷ số giữa phần có quấn dây của bước cực và bước cực. Thường $\gamma = 0,6 \div 0,85$, vậy $k_t = 1,065 \div 0,965$.

Hệ số hở cảm M_{ud} của dây quấn kích thích của máy đồng bộ cực ẩn cũng tính theo biểu thức tương tự máy điện cực lộ.

Hệ số tự cảm của dây quấn kích thích ứng với từ thông khe hở L_{δ} cũng có thể tính được theo biểu thức tương tự máy cực lộ, trong đó k_t tính theo k_{ϕ} có trị số:

$$k_{\phi} = \frac{\pi}{2} \frac{1 - \frac{2}{3}\gamma}{k_t}$$

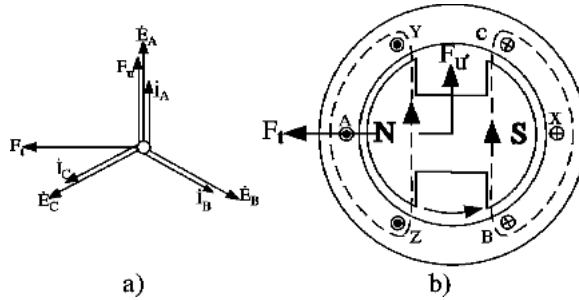
II. TỪ TRƯỜNG CỦA PHẦN ỨNG VÀ PHẦN ỨNG PHẦN ỨNG

1. TỪ TRƯỜNG PHẦN ỨNG

Khi máy phát điện làm việc có tải, dòng điện trong dây quấn stato sẽ sinh ra từ trường của dây quấn stato hay từ trường phần ứng. Tùy theo tính chất của tải mà trục từ trường phần ứng sẽ tăng thêm hay giảm đi từ trường cực từ (từ trường không tải). Như vậy tác dụng của từ trường phần ứng với từ trường cực từ hay phản ứng phần ứng sẽ mang tính chất khác nhau tùy theo tính chất (*trở, dung hay cảm*) của tải. Ngoài ra vì trong máy điện cực ẩn khe hở là đều, còn trong máy điện cực lộ khe hở dọc trục và ngang trục khác nhau, nên s.đ.đ. cảm ứng trong dây quấn phần ứng do từ trường phần ứng và các điện kháng của từ trường phần ứng ở hai loại máy đó hoàn toàn không giống nhau và cần được nghiên cứu riêng biệt.

2 PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG

a. *Tải thuận trở*. Dòng điện ba pha trong dây quấn stato trùng pha với s.đ.đ. tương

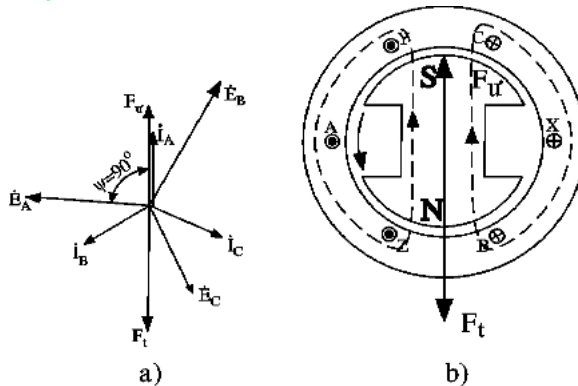


Hình 2-4. Đồ thị vectơ s.đ.đ (a) và quan hệ về không gian giữa các từ trường cực từ và từ trường phần ứng (b) ở tải thuận trở ($\psi = 0$)

ứng $\psi = \Psi(\vec{E}, \vec{i}) = 0^\circ$. Giả sử các s.đ.đ và dòng điện trong ba pha là hình sin và nếu xét ở thời điểm $i_A = I_m$ thì đồ thị vectơ dòng điện và s.đ.đ như ở hình 2-4a. Ta hãy xét tương quan về không gian giữa từ trường phần ứng và từ trường cực từ trong trường hợp máy điện hai cực có $m = 3$ và mỗi pha được tượng trưng bởi một vòng dây. Trị số của các dòng điện bằng:

$$i_A = I_m; i_B = i_C = -\frac{I_m}{2}$$

và chiều của chúng trong các dây quấn $A - X, B - Y, C - Z$ như trên hình 2-4b. Như vậy vị trí không gian của từ trường quay của phần ứng F_U trong trường hợp



Hình 2-5. Đồ thị vectơ (a) và quan hệ về không gian giữa các từ trường cực từ và từ trường phần ứng (b) ở tải thuận cảm ($\psi = +90^\circ$)

chiều trùng với trục của dây quấn pha A là pha có dòng điện cực đại. Vì từ thông xuyên qua pha A cực đại trước s.đ.đ trong pha đó một phần tư chu kỳ nên khi s.đ.đ của pha A cực đại ($e_A = E_m$) thì cực từ đã quay được góc $\pi/2$ so với vị trí trục cực từ trùng với trục pha A là lúc từ thông xuyên qua pha A có trị số cực đại. Như vậy vị trí không gian của trục cực từ là thẳng góc với trục của pha A, tức là thẳng góc với chiều của từ trường F_U (hình 2-4b). Ta có kết luận ở tải thuận trở, phương của F_U thẳng góc với phương của F_T và phản ứng phần ứng là ngang trục. Hình 2-4a cũng trình bày các vectơ không gian F_U, F_T cũng vẽ trên đồ thị vectơ thời gian của dòng điện và s.đ.đ.

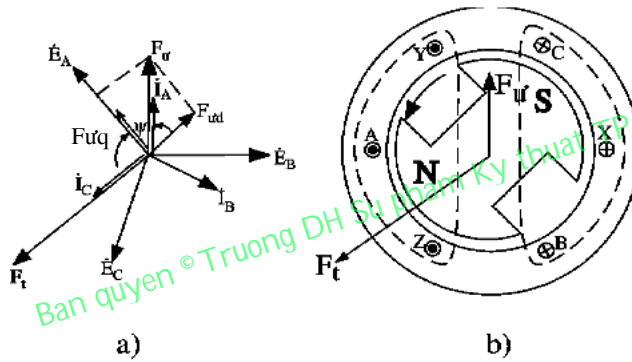
b. Tải thuần cảm

Ở tải thuần cảm, S.Đ.Đ. E vượt trước dòng điện I góc $\psi = +90^\circ$, nên ở thời điểm $I_A = I_m$ thì cực từ đã quay thêm góc $\pi/2$ so với vị trí của nó ở trường hợp tải thuần trở và được trình bày trên hình 2-5b. Ta thấy ở đây F_r và F_t cùng phương (nghĩa là dọc theo trục cực từ) nhưng ngược chiều nhau và phản ứng phần ứng là dọc trục khử từ. Đồ thị véctơ thời gian I, E và không gian F_r, F_t ở trường hợp này trình bày trên hình 2-5a

c. Tải thuần dung

Ở tải thuần dung, S.đ.đ E chậm sau I góc 90° nghĩa là $\psi = -90^\circ$, nên khi $i_A = I_m$ thì cực từ còn phải quay thêm góc $\pi/2$ nữa mới đến vị trí của nó ở hình 2-4b, nghĩa là có vị trí như trên hình 2-6b.

Ở đây chiều của F_r trùng với chiều F_t và phản ứng là dọc trục trợ từ. Đồ thị véctơ tương ứng như trên hình 2-6a.



Hình 2-7. Đồ thị véctơ s.t.d (a) và quan hệ về không gian giữa các từ trường cực từ và từ trường phản ứng (b) ở tải hỗn hợp ($0 < \psi < 90^\circ$)

d.
Tả
i
hỗ
n
hợ
p

T

rườ
ng
hợ
p

tải hỗn hợp (R, L, C)

Phản ứng phần ứng có thể phân tích F_r thành hai, thành phần dọc trục và ngang trục gồm:

$$F_{rd} = F_r \sin\psi$$

$$F_{rq} = F_r \cos\psi$$

như trên hình 2-7.

Ta thấy khi tải có tính cảm ($0 < \psi < \pi/2$) phản ứng vừa ngang trục vừa khử từ. Cũng phân tích tương tự ta thấy, khi tải có tính dung ($0 > \psi > -\pi/2$) thì phản ứng phần ứng là ngang trục và trợ từ

3. QUAN HỆ GIỮA CÁC ĐẠI LƯỢNG TỪ PHẦN ỨNG.

Ở trường hợp máy đồng bộ cực ẩn, khe hở giữa stato và rôto là đều và nếu mạch từ không bão hòa thì từ trở là hằng số. Như vậy nếu s.đ.đ. của dây quấn phần ứng phân bố hình sin thì từ cảm dọc khe hở cũng theo hình sin. Sự tương quan giữa các đại lượng từ phần ứng cũng tương tự như phần cảm(từ trường kích từ phía rôto). Vậy ta có:

$$B_{\text{um}} = \frac{\mu_0}{k_\delta k_\mu \delta} F_r = \frac{\mu}{k_\delta k_\mu \delta} \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \frac{wk_{dq}}{p} I \quad \text{và từ thông tương ứng:}$$

$$\Phi_r = \frac{2}{\pi} B_{\text{um}} \tau l_\delta = \frac{2\mu\tau l_\delta}{k_\delta k_\mu \delta} \frac{m\sqrt{2}}{\pi^2} \frac{wk_{dq}}{p} I$$

Từ thông Φ_r này quay đồng bộ với rôto và cảm ứng trong bản thân dây quấn phần ứng s.đ.đ:

$$E_r = \pi\sqrt{2} f w k_{dq} \Phi_r$$

và điện kháng tương ứng:

$$x_r = \frac{E_r}{I} = 4mf \frac{\mu_0 \tau l_\delta}{\pi k_\delta k_\mu \delta} \frac{w^2 k_{dq}^2}{p}$$

Thường $x_r^* = 1,1 \div 2,3$.

Ở máy đồng bộ cực lồi, khe hở giữa stato và rôto không đều nên tuy s.đ.đ. của phần ứng là hình sin nhưng từ cảm phân bố dọc khe hở là không sin. Sự phân bố không sin đó còn phụ thuộc vào góc ψ giữa E và I nghĩa là phụ thuộc vào tính chất của tải, vì với mỗi góc ψ khe hở dọc theo sóng s.t.đ F_r có khác nhau. Để việc nghiên cứu được dễ dàng, ta phân tích s.t.đ F_r ở tải bất kỳ có góc ψ nào đó thành hai thành phần dọc trục và ngang trục và xét từ cảm theo hai hướng có từ trở xác định đó. Ta có:

$$F_{rd} = F_r \sin \psi = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \frac{wk_{dq}}{p} I \sin \psi$$

$$= \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \frac{wk_{dq}}{p} I_d$$

$$F_{rq} = F_r \cos \psi = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \frac{wk_{dq}}{p} I \cos \psi$$

$$= \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \frac{wk_{dq}}{p} I_q$$

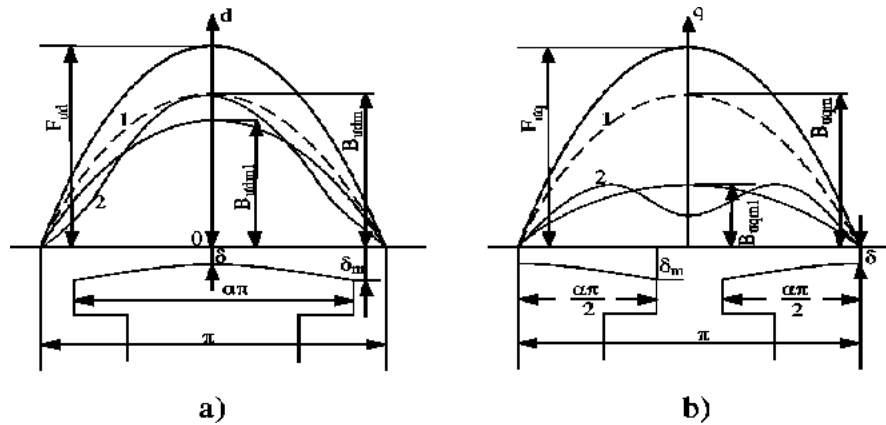
trong đó $I_d = I \sin \psi$ và $I_q = I \cos \psi$.

Biên độ của F_{rd} và F_{rq} trùng với trục dọc và trục ngang của cực từ như trên hình 2-8. Nếu khe hở là đều thì từ cảm do chúng sinh ra sẽ phân bố hình sin (đường 1 trên hình 2-8) và có biên độ:

$$B_{rdm} = \frac{\mu_0}{k_\delta k_{\mu d} \delta} F_{rd}$$

$$B_{rdm} = \frac{\mu_0}{k_\delta k_{\mu q} \delta} F_{rq}$$

Trên thực tế do khe hở không đều, từ cảm dọc và ngang trục B_{ud} và B_{uq} phân bố không sin (*đường 2*) và có thể phân tích thành các sóng cơ bản và các sóng bậc cao. Trong máy đồng bộ, các sóng bậc cao này rất nhỏ và có thể bỏ qua. Các sóng cơ bản có biên độ B_{udm1} , B_{uqm1} nhỏ hơn B_{udm} , B_{uqm} và được biểu thị bằng các hệ số từ trường dọc và ngang trục phân ứng:



Hình 2-8. Từ trường phân ứng dọc trục (a) và ngang trục (b) trong máy điện cực lồi

Ban quyền © Trường ĐH Su pham Ky thuat TP. HCM

$$k_{\text{ud}} = \frac{B_{\text{udm1}}}{B_{\text{udm}}}$$

$$k_{\text{uq}} = \frac{B_{\text{uqm1}}}{B_{\text{uqm}}}$$

Trị số của k_{ud} , k_{uq} phụ thuộc hệ số mặt cực α , $\frac{\delta_m}{\delta}$, $\frac{\delta}{\tau}$ đã được tính sẵn và cho trong các tài liệu thiết kế.

Cũng tính toán như đối với điện kháng của máy cực ẩn ta có:

$$x_{\text{ud}} = \frac{E_{\text{ud}}}{I_d} = 4mf \frac{\mu_o \tau l_\delta}{\pi k_\delta k_{\mu d} \delta} \frac{w^2 k_{dq}^2}{p} k_{\text{ud}}$$

$$x_{\text{uq}} = \frac{E_{\text{uq}}}{I_q} = 4mf \frac{\mu_o \tau l_\delta}{\pi k_\delta k_{\mu q} \delta} \frac{w^2 k_{dq}^2}{p} k_{\text{uq}}$$

Thường $x_{\text{ud}} = 0,5 \div 1,5$; $x_{\text{uq}} = 0,3 \div 0,9$.

4*. QUI ĐỔI CÁC S.T.Đ TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Ở chế độ xác lập của tải đối xứng, s.t.đ của phần ứng do dòng điện tải I sinh ra có tác dụng khử từ hoặc trợ từ đối với từ trường lúc không tải của cực do dòng điện i_t sinh ra. Tác dụng khử từ hoặc trợ từ tương đương với một s.t.đ nhất định của cực từ. Để xét vấn đề nói trên, ta qui đổi s.t.đ phần ứng về s.t.đ cực từ và như vậy khi xét đến đặc tính của máy, ta có thể dùng chung đường cong không tải $E = f(i_t)$. Ngược lại trong quá trình quá độ, s.t.đ. phần ứng thay đổi theo thời gian, dây quấn stato và rôto có quan hệ hổ cảm như trong m.b.a. Lúc đó dây quấn stato có thể coi như dây quấn sơ cấp và dây quấn kích thích như dây quấn thứ cấp và như vậy cần phải qui đổi dây quấn kích thích về dây quấn phần ứng. Dưới đây ta xét trường hợp qui đổi s.t.đ. của phần ứng về s.t.đ cực từ. Việc qui đổi dựa trên cơ sở từ cảm hình sin do s.t.đ. phần ứng và s.t.đ. cực từ sinh ra phải bằng nhau:

$$B_{tm1} = B_{um1}$$

Đối với máy cực ẩn ta có:

$$B_{tm1} = k_t B_{tm} = k_t \frac{\mu_o}{k_\delta k_\mu \delta} F_t$$

và
$$B_{um1} = B_{um} = \frac{\mu_o}{k_\delta k_\mu \delta} F_u$$

Kết hợp các biểu thức trên, có thể suy ra s.t.đ. phần ứng đã qui đổi về s.t.đ. cực từ (có thêm dấu phẩy):

$$F'_u = \frac{F_u}{k_t} = k_u F_u = F_t$$

trong đó :
$$k_u = \frac{1}{k_t}$$

Đối với máy cực lồi theo hướng dọc trục ta có:

$$B_{tm1} = k_t B_{tm} = k_t \frac{\mu_o}{k_\delta k_{\mu d} \delta} F_t$$

và
$$B_{udm1} = k_{ud} B_{udm} = k_{ud} \frac{\mu_o}{k_\delta k_{\mu d} \delta} F_{ud}$$

Ở trường hợp này, s.t.đ. phần ứng dọc trục đã qui đổi về s.t.đ. cực từ:

$$F'_{ud} = F_u \frac{k_{ud}}{k_t} = F_{ud} k_d = F_t$$

trong đó:
$$k_d = \frac{k_{ud}}{k_t}$$

Cũng như vậy, s.t.đ. phần ứng ngang trục đã qui đổi về s.t.đ. của cực từ:

$$F'_{ud} = F_{uq} \frac{k_{uq}}{k_t} = F_{uq} k_q = F_t$$

trong đó:
$$k_q = \frac{k_{uq}}{k_t}$$

Các lượng k_d , k_q được gọi là các hệ số qui đổi phản ứng phần ứng. Các hệ số này có thể biểu thị được bằng các biểu thức giải tích có liên quan với δ/τ , α , δ_m/δ đã được tính toán sẵn và lập thành các đường cong trong các tài liệu thiết kế.

III. PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VÉCTƠ CỦA MĐDB

1. TRƯỜNG HỢP MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Chế độ làm việc của máy điện đồng bộ ở tốc độ quay $n = const$ được thể hiện thông qua các quan hệ giữa các đại lượng E , U , I , I_b , $\cos\varphi$. Trong đó các quan hệ chính được suy ra từ phương trình cân bằng điện áp của máy. Ở tải đối xứng ta có thể xét riêng cho 1 pha và suy ra cho hai pha còn lại và phương trình cân bằng điện áp tổng quát của một pha có dạng sau đây:

Đối với máy phát điện đồng bộ:

$$\dot{U} = \dot{E}_s - \dot{I}(r_r + jx_{\sigma r})$$

Đối với động cơ điện đồng bộ (hoặc máy bù đồng bộ):

$$\dot{U} = \dot{E}_s + \dot{I}(r_r + jx_{\sigma r})$$

Trong đó:

U là điện áp ở đầu cực máy; r_r và $x_{\sigma r}$ – điện trở và điện kháng tản từ của dây quấn phần ứng; E_s – s.đ.đ. cảm ứng trong dây quấn do từ trường khe hở.

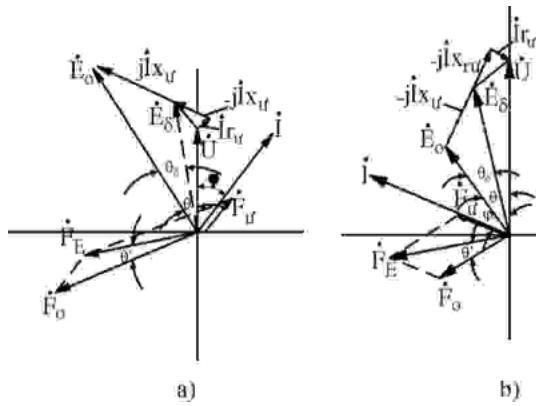
Như ta đã biết, từ trường khe hở lúc có tải là do từ trường cực từ F_t và từ trường phản ứng F_r sinh ra. Khi mạch từ của máy không bão hòa có thể xem như các từ trường F_t , F_r độc lập sinh ra trong dây quấn các s.đ.đ. E (sđđ không tải E_0), E_r và ứng dụng các nguyên lý xếp chồng ta có:

$$\dot{E}_s = \dot{E} + \dot{E}_r$$

(chú ý : Khi mạch từ của máy bão hòa thì nguyên lý xếp chồng nói trên không áp dụng được. Trong trường hợp đó phải xác định từ trường tổng $\dot{F}_0 + \dot{F}_r$ và từ thông tổng ở khe hở F_δ sau đó suy ra s.đ.đ. E_s).

Giả thử máy phát điện đồng bộ làm việc với tải đối xứng có tính cảm $0 < \psi < 90^\circ$.

a. Trong trường hợp máy phát điện cực ẩn đem kết hợp các biểu thức quan hệ trên, ta có phương trình cân bằng điện áp sau:



Hình 2-9. Đồ thị S.d.đ của máy phát điện đồng bộ cực ẩn ở tải có tính cảm (a) và ở tải có tính dung (b).

$$\dot{U} = \dot{E} + \dot{E}_u - \dot{I}(r_u + jx_{\sigma u})$$

Vì ta có $\dot{E}_u = -j\dot{I}_x \cdot X_u$, nên có thể viết thành:

$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{E} - j\dot{I}(x_u + x_{\sigma u}) - \dot{I}r_u \\ &= \dot{E} - j\dot{I}x_{db} - \dot{I}r_u \end{aligned}$$

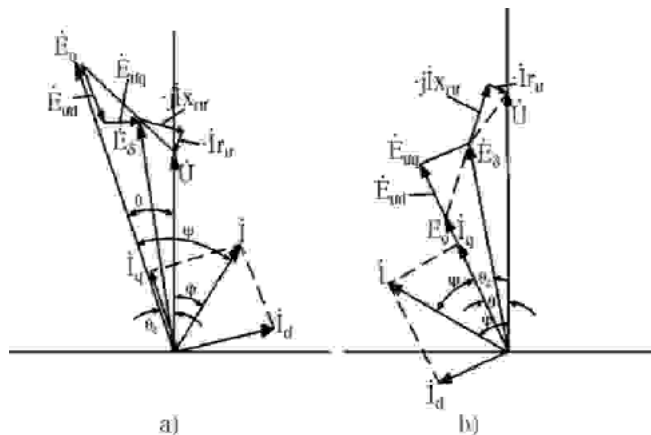
trong đó $x_{db} = x_u + x_{\sigma u}$ gọi là điện kháng đồng bộ. Đối với máy phát điện đồng bộ cực ẩn $x_{db}^* = 0,7 \div 1,6$.

Đồ thị véctơ s.d.đ tương ứng với phương trình trên trình bày trên hình 2-9a. Trên hình cũng vẽ véctơ $\dot{\Phi}_0 (F_0)$, vượt trước \dot{E} góc $\pi/2$ và véctơ $\dot{\Phi}_u (F_u)$ vượt trước $\dot{E}_u = -j\dot{I}x_u$ góc $\pi/2$.

Tổng hình học của $\dot{\Phi}_0 + \dot{\Phi}_u = \dot{\Phi}_\delta$ sinh ra \dot{E}_δ và cũng vượt trước véctơ \dot{E}_δ góc $\pi/2$. Từ hình 2-9a, ta cũng nghiệm đúng được kết luận : ở tải có tính cảm, phản ứng phần ứng là khử từ và dẫn đến kết quả là $E_\delta < E$.

b. Trong trường hợp máy phát điện cực lồi

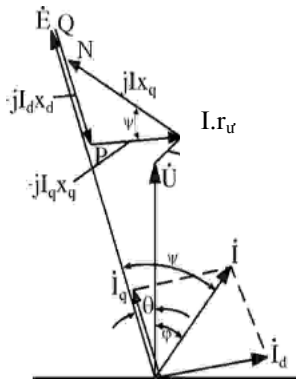
Ta phân s.t.đ phần ứng F_u thành hai thành phần dọc trục F_{ud} và ngang trục F_{uq} .



Hình 2-10. Đồ thị S.d.đ của máy phát điện cực lồi ở tải có tính cảm (a) và ở tải có tính dung (b).

Từ thông Φ_{ud} tương ứng với các s.t.đ. \dot{F}_{ud} , \dot{F}_{uq} sẽ sinh ra trong dây quấn phân ứng các s.đ.đ. $\dot{E}_{ud} = -j\dot{I}_d x_{ud}$ và $\dot{E}_{uq} = -j\dot{I}_q x_{uq}$ như đã phân tích ở phần từ trường phân ứng. Kết quả là ở đây phương trình cân bằng s.đ.đ. có dạng:

$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{E} + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} - \dot{I}(r_r + jx_{\sigma r}) \\ &= \dot{E} - j\dot{I}_d x_{ud} - j\dot{I}_q x_{uq} - j\dot{I}x_{\sigma r} - \dot{I}r_r \end{aligned}$$



Hình 2-11. Đồ thị s.đ.đ đã biến đổi của máy phát điện cực lồi

Đồ thị véctơ s.đ.đ. tương ứng được trình bày trên hình 2-10 và mang tên là đồ thị Blondel.

Véctơ $-\dot{I}x_{\sigma r}$ trong trường hợp này do từ thông tản sinh ra và không phụ thuộc vào từ dẫn của khe hở theo các hướng dọc trục và ngang trục. Tuy nhiên nếu phân tích nó thành các thành phần theo hai hướng đó ta có:

$$\begin{aligned} -\dot{I}x_{\sigma r} &= -j(\dot{I}x_{\sigma r} \cos \psi + \dot{I}x_{\sigma r} \sin \psi) \\ &= -j\dot{I}_d x_{\sigma r} - j\dot{I}_q x_{\sigma r} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{E} - j\dot{I}_d (x_{ud} + x_{\sigma r}) - j\dot{I}_q (x_{uq} + x_{\sigma r}) - \dot{I}r_r \\ &= \dot{E} - j\dot{I}_d x_d - j\dot{I}_q x_q - \dot{I}r_r \end{aligned}$$

trong đó : $x_d = x_{ud} + x_{\sigma r}$ là điện kháng đồng bộ dọc trục.

$x_q = x_{uq} + x_{\sigma r}$ là điện kháng đồng bộ ngang trục.

Thường thì $x_d^* = 0,7 \div 1,2$; $x_q^* = 0,46 \div 0,76$.

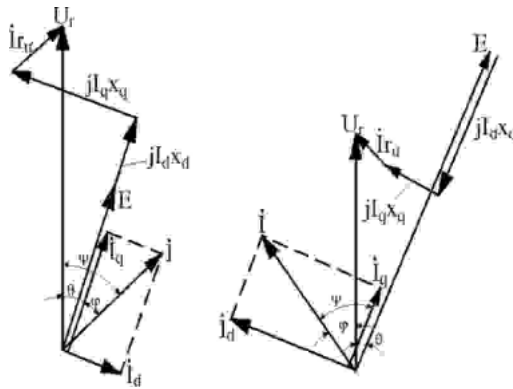
Đồ thị véctơ s.đ.đ. tương ứng trình bày trên hình 2-11.

Ta chú ý rằng ở hình 2-11, trên đường thẳng góc với I và qua điểm M thì đoạn $MN = I_q x_q / \cos \psi = I x_q$. Vì vậy trong trường hợp biết U, I, φ , r_r , x_d , x_q và cần xác định E ta lần lượt vẽ các véctơ U, $I r_r$ sau đó vẽ $MN = I x_q$ thì N sẽ nằm trên phương của E. Hạ đoạn thẳng thẳng góc MP với phương của E thì $MP = I_q x_q$ và vẽ $PQ = I_d x_d$ thì OQ chính là s.đ.đ. E.

Ở trên các đồ thị véctơ đều được thành lập ứng với tải có tính cảm. Nếu tải có tính dung $0 < \varphi < \pi/2$ thì các đồ thị véctơ có dạng như trên hình 2-9b và 2-10b, khi đó do tính chất trợ từ của phản ứng nên $E_\delta > E$.

2. TRƯỜNG HỢP ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ.

Khi chuyển sang làm việc ở chế độ động cơ điện đồng bộ, máy phát ra công suất âm đưa vào mạng điện hay nói khác đi tiêu thụ công suất điện lấy từ mạng để biến thành cơ năng. Như đã biết, động cơ đồng bộ thường có cấu tạo cực lồi nên nếu gọi điện áp lưới điện là U , từ phương trình cân bằng áp đối với máy cực lồi ta có:



Hình-12. Đồ thị vectơ của động cơ điện đồng bộ khi thiếu kích thích (a) và khi quá kích thích (b).

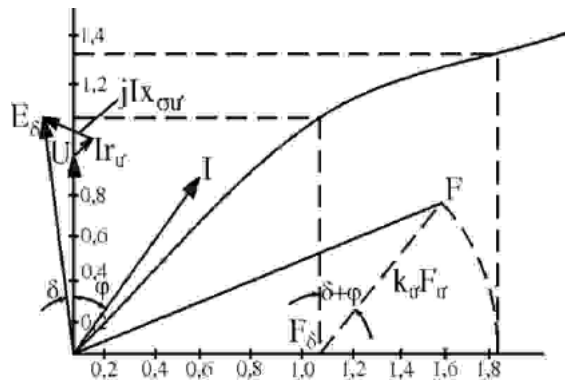
$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{E}_\delta + \dot{I}(r_r + jx_{\sigma r}) \\ &= \dot{E} + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} + \dot{I}(r_r + jx_{\sigma r}) \\ &= \dot{E} + j\dot{I}_d x_d + j\dot{I}_q x_q + \dot{I}r_r \end{aligned}$$

Đồ thị vectơ tương ứng được trình bày trên hình 2-12. từ đồ thị đó ta thấy công suất do động cơ tiêu thụ từ mạng điện $P = mUI \cos \varphi < 0$

3. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ LÀM VIỆC KHI MẠCH TỪ BẢO HÒA.

Các quan hệ điện từ thể hiện qua các phương trình cân bằng áp và đồ thị véc tơ trên ứng với trường hợp mạch từ không bão hòa, tuy nhiên vẫn có thể ứng dụng đối với trường hợp mạch từ bão hòa ở chế độ tải lúc đó.

Vì các hệ số bão hòa $k_{\mu d}$ và $k_{\mu q}$ rất khó tính được chính xác, nên trên thực tế các đồ thị vectơ điện áp của máy đồng bộ trong trường hợp mạch từ bão hòa được thành lập dựa vào các đồ thị s.t.đ. và s.d.đ. kết hợp với đường cong không tải (tức đường cong từ hoá) của máy.



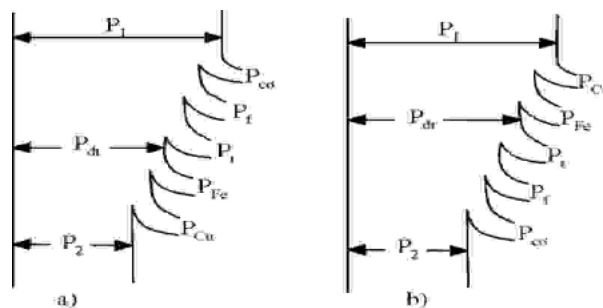
Hình 2-12. Đồ thị Pôchiê của máy phát điện đồng bộ

Đối với máy phát đồng bộ cực ẩn, đồ thị vectơ điện áp thành lập dựa theo cơ sở nói trên được gọi là đồ thị sức từ điện động (viết tắt là s.t.đ.đ) và có tên là **đồ thị Pôchiê**. Giả sử $U, I, \cos\varphi, r_r, x_{\sigma r}$ và đặc tính không tải đã cho trước. Để thành lập đồ thị s.t.đ.đ. trên trục tung của đường cong không tải vẽ vectơ U và vectơ I chậm sau U góc φ . Cộng vectơ U với các vectơ $I r_r$ và $j I x_{\sigma r}$ được E_δ hoặc dòng điện từ hóa tương ứng. Cộng hình học \dot{F}_δ và $\dot{F}_r k_r$ với sự chú ý rằng $F_r k_r$ làm thành với \dot{F}_r góc $90^\circ + (\varphi + \delta)$ như đã biết ta tìm được \dot{F}_0 . Từ đường cong không tải ứng với trị số của F_0 ta xác định được trị số của E lúc không tải. Đồ thị Pôchiê cho phép xác định $\Delta U = E - U_{dm}$ và dòng điện từ hóa I_t (hoặc F_0) ứng với tải định mức hoặc tải bất kỳ. Do đó rất cần thiết cho lúc thiết kế và vận hành. Tuy ở đây s.t.đ. của phản ứng không được phân thành F_{ud} và F_{uq} nhưng đôi khi đồ thị Pôchiê cũng được ứng dụng cho cả máy điện cực lồi. Sai số lúc đó về E vào khoảng $5 \div 10\%$.

IV. CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Giả sử rằng máy đồng bộ cấu tạo thông thường, nghĩa là cực từ đặt lên rôto và máy kích thích đặt trên cùng trục.

Ở trường hợp máy phát điện đồng bộ thì công suất điện từ P_{dt} chuyển từ rôto sang stato bằng công suất cơ P_1 đưa vào trừ các tổn hao cơ $p_{cơ}$, tổn hao kích từ p_t và tổn hao phụ p_f do các từ trường bậc cao trong sắt stato và rôto:



Hình 2-14 Giản đồ năng lượng của máy phát điện đồng bộ (a) và động cơ điện đồng bộ

$$P_{dt} = P_1 - (p_{cơ} + p_t + p_f)$$

Công suất điện P_2 ở đầu ra sẽ bằng công suất điện từ trừ đi tổn hao đồng p_{Cu} trên dây quấn phần ứng và tổn hao sắt từ p_{Fe} :

$$P_2 = P_{dt} - p_{Cu} - p_{Fe}$$

Đối với động cơ điện thì quá trình biến đổi năng lượng tiến hành ngược lại. Sơ đồ năng lượng của máy phát điện và động cơ điện đồng bộ trình bày trên hình 2-14. Ta thấy ở trường hợp động cơ điện, công suất điện từ P_{dt} truyền qua từ trường từ stato sang rôto, ngoài ra tổn hao kích từ p_t lấy từ công suất điện của mạng khác với ở trường hợp máy phát điện, lấy từ công suất cơ trên trục.

V. CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Giả thử tốc độ quay n của máy và điện áp U của mạng điện là không đổi, ta hãy xét các đặc tính góc công suất tác dụng và công suất phản kháng của máy điện đồng bộ.

1. ĐẶC TÍNH GÓC CÔNG SUẤT TÁC DỤNG

Đặc tính góc công suất tác dụng của máy điện đồng bộ là quan hệ $P = f(\theta)$ khi $E = \text{const}$, $U = \text{const}$, trong đó θ là góc tải giữa các vectơ s.d.đ E và điện áp U . Việc nghiên cứu đặc tính này cho phép giải thích được nhiều tính chất quan trọng của máy. Trong khi nghiên cứu đặc tính góc đó, để đơn giản ta bỏ qua r_{σ} vì trị số của nó rất nhỏ so với các điện kháng đồng bộ (x_{db} , x_d , x_q).

Như đã biết, công suất của máy đồng bộ ở đầu cực của máy bằng:

$$P = mUI \cos\varphi$$

Đối với máy cực lồi theo đồ thị vectơ, với $r_{\sigma} = 0$ ta có:

$$I_d = \frac{E - U \cos\theta}{x_d}$$

$$I_q = \frac{U \sin\theta}{x_q}$$

và $\varphi = \psi - \theta$

Do đó:

$$\begin{aligned} P &= mUI \cos\varphi = mUI \cos(\psi - \theta) \\ &= mU (I \cos\psi \cos\theta + I \sin\psi \sin\theta) \\ &= mU (I_q \cos\theta + I_d \sin\theta) \\ &= \frac{mU^2}{x_q} \sin\theta \cos\theta + \frac{mEU}{x_d} \sin\theta - \frac{mU^2}{x_d} \sin\theta \cos\theta \end{aligned}$$

hay là:

$$\begin{aligned} P &= \frac{mUE}{x_d} \sin\theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta \\ &= P_e + P_u \end{aligned}$$

Trong hệ đơn vị tương đối ta có:

$$P_* = \frac{E_* U_*}{x_{d*}} \sin\theta + \frac{U_*^2}{2} \left(\frac{1}{x_{q*}} - \frac{1}{x_{d*}} \right) \sin 2\theta$$

Trị số của P_u nhỏ hơn nhiều so với P_e .

Để thấy rõ điều đó ta lấy thí dụ của máy phát điện cực lồi có $x_d^* = 1,1$; $x_q^* = 0,75$. Khi máy làm việc với tải định mức ($U_* = 1$; $I_* = 1$; $\cos\varphi = 0,8$) qua đồ thị vectơ s.d.d. có thể suy ra $E_* = 1,87$; $\theta_{dm} = 22^\circ 27'$. Thay các trị số đó vào (24-14) được:

$$P_{dm^*} = \frac{1,87 \times 1}{1,1} \sin 2.22^\circ 27' + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{0,75} - \frac{1}{1,1} \right) \sin 2.22^\circ 27'$$

$$= 0,65 + 0,15 = 0,8$$

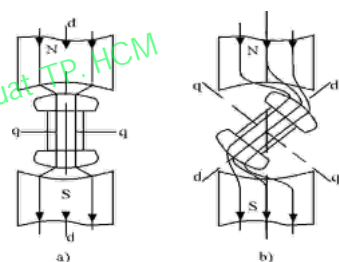
Ta thấy rằng $P_{u^*} = 0,15$ và chỉ chiếm 19% công suất của máy.

Ở trên là biểu thức toán học của công suất tác dụng $P = f(\theta)$ trong điều kiện E (hoặc i_t) không đổi và điện áp U của máy điện ở đầu cực máy không đổi. Cần chú ý rằng do bỏ qua tổn hao đồng trên dây quấn phần tĩnh và tổn hao sắt từ nên đó cũng chính là công suất điện từ của máy.

Từ biểu thức đó ta thấy công suất tác dụng của máy cực lồi gồm hai thành phần: thành phần P_c tỷ lệ với $\sin\theta$ và phụ thuộc vào E_o (hoặc i_t) và thành phần P_u tỷ lệ với $\sin 2\theta$ và không phụ thuộc vào E (hoặc i_t).

Như vậy trong máy đồng bộ cực lồi, khi mất hoặc không có kích thích $i_t = 0$; ($E = 0$) công suất $P = P_u \neq 0$.

Điều đó có thể được giải thích như sau: khi $i_t = 0$ trong máy chỉ có từ trường của phần ứng. Do cấu tạo cực lồi của rôto, từ trở dọc trục nhỏ hơn từ trở ngang trục nên các đường sức của từ trường quay của phần ứng luôn có xu hướng đi theo hướng dọc trục (hình 2-15a). Khi có sự xô dịch giữa trục từ trường phần ứng và trục cực (hình 2-15b), các đường sức đó bị uốn, tạo mômen và công suất điện. Do công suất P_u rất nhỏ nên kiểu máy có rôto cực lồi và không có dây quấn kích thích được dùng chủ yếu là động cơ điện có công suất vài chục oát và mang tên là động cơ điện phản kháng.



Hình 2-15 Đường sức từ trường trong máy điện đồng bộ phần kháng

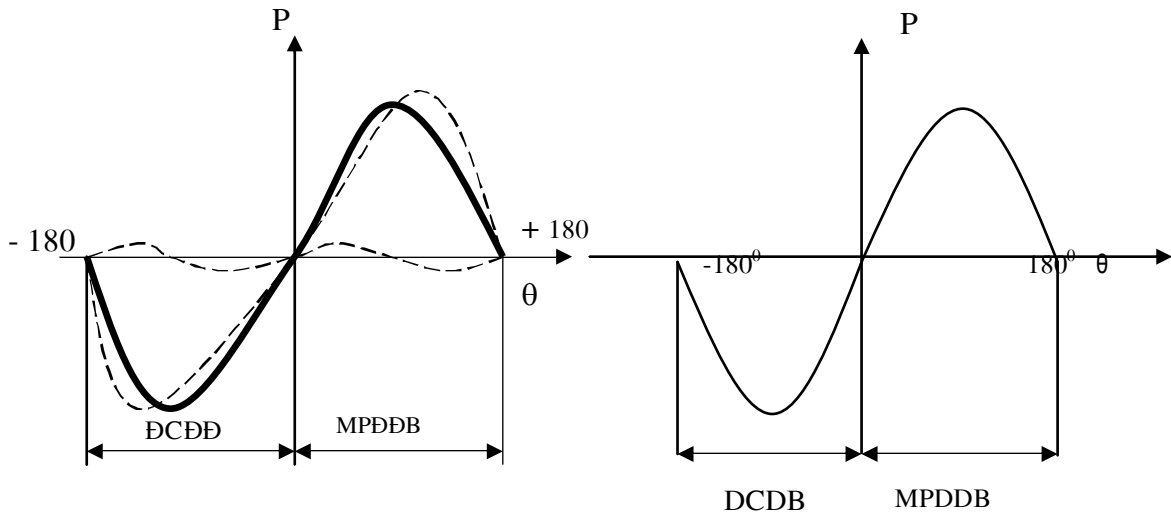
Đối với máy đồng bộ cực ẩn do $x_d = x_q$, nên từ biểu thức trên, ta có :

$$P = m \frac{UE}{x_d} \sin\theta$$

Đường biểu diễn đặc tính góc công suất tác dụng $P = f(\theta)$ của các máy đồng bộ cực lồi trình bày trên hình 2-16, trong đó $\pi > \theta > 0$ ứng với trường hợp làm việc như máy phát điện, còn $0 > \theta > -\pi/20$ ứng với trường hợp làm việc như động cơ điện.

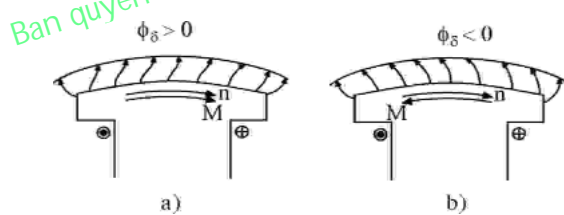
Ở trên ta đã nói θ là góc giữa các vectơ E và U. Khi θ thay đổi thì công suất P thay đổi. Để thấy rõ ý nghĩa vật lý của sự thay đổi của P theo θ ta chú ý rằng, nếu bỏ qua các điện áp rơi I_r và $I X_{\sigma r}$ thì $\theta = \theta_\delta$ và đó chính là góc không gian

Hình 2 –16 đặc tính góc công suất tác dụng của MPĐDB cực lồi (a) và cực ẩn(b)



a, b.

Stator sinh ra E_s . Góc không gian θ_s trong trường hợp máy cực ẩn và cực lồi được trình bày trên các hình 2-17 a và 2 – 17b. Khi làm việc như máy phát điện $\theta_s > 0$, rôto (hoặc F_o) vượt trước và kéo theo từ trường F_s trên mặt stator (hình 2-17);



Hình 2-17. Từ trường ở khe hở khi máy điện làm việc ở chế độ máy phát (a) và ở chế độ động cơ (b).

còn khi làm việc như động cơ điện $\theta_s < 0$, từ trường tổng F_s trên mặt stator kéo rôto (hoặc F_o) quay theo. Lực kéo đó biểu thị cho công suất P . Rõ ràng là công suất P thay đổi theo θ_s , vì khi θ_s thay đổi lực kéo giữa F_o và F_s sẽ thay đổi.

2. ĐẶC TÍNH GÓC CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

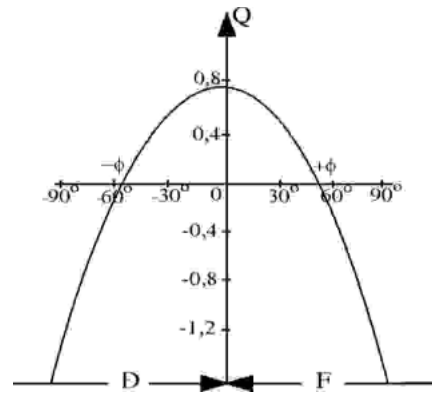
Công suất phản kháng của máy điện đồng bộ bằng:

$$\begin{aligned}
 Q &= mUI \sin\varphi = mUI \sin(\psi - \theta) \\
 &= mU (I \sin\psi \cos\theta - I \cos\psi \sin\theta) \\
 &= mU(I_d \cos\theta - I_q \sin\theta)
 \end{aligned}$$

Sau khi thay trị số của I_d, I_q theo đồ thị véc tơ, ta có:

$$Q = \frac{mUE}{x_d} \cos\theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos 2\theta - \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} + \frac{1}{x_d} \right)$$

Vì khi θ có trị số dương hoặc âm, trị số của Q theo trên vẫn không đổi nên đặc tính góc công suất phản kháng của máy phát điện và động cơ điện đồng bộ giống nhau và có dạng như trình bày trên hình 2-18



Hình 2 - 18. Đặc tính góc công suất phản kháng của máy điện đồng bộ cực lồi

CÂU HỎI

- Có bao nhiêu loại tải trong máy điện đồng bộ ? Nêu đặc điểm phản ứng phần ứng của từng loại tải ?
- Phương trình cân bằng điện áp của máy điện cực ẩn và máy điện cực lồi là gì ?
- Phản ứng phần ứng của máy điện đồng bộ phụ thuộc vào những yếu tố nào ? Tác dụng của nó ? So sánh với phản ứng phần ứng trong máy biến áp ?
- Vì sao trong máy điện đồng bộ cực lồi phải chia sức điện động thành hai thành phần dọc trục và ngang trục ?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG:

BÀI TẬP 1

Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn, dây quấn stato nối sao, điện áp không tải $U_{of} = 398,4$ V. Khi dòng điện không tải $I = 6$ A, $\cos \varphi = 0,8$, (chậm sau) thì điện áp $U_d = 380$ V. Thông số dây quấn stato như sau: điện trở $r_r \approx 0$, điện kháng tản $x_{\delta r} = 0,2 \Omega$.

Tính sức điện động pha máy phát khi không tải. Tính điện kháng đồng bộ x_{db} và điện kháng phần ứng x_r .

Gợi ý

U_o : điện áp dây không tải của 1 pha.

Điện kháng đồng bộ x_{db} : $x_{db} = x_r + x_{\delta r}$

Từ đó suy ra điện kháng phần ứng: $x_r = x_{db} - x_{\delta r} (\Omega)$.

(với x_r : điện kháng phần ứng; $x_{\delta r}$: điện kháng khe hở không khí).

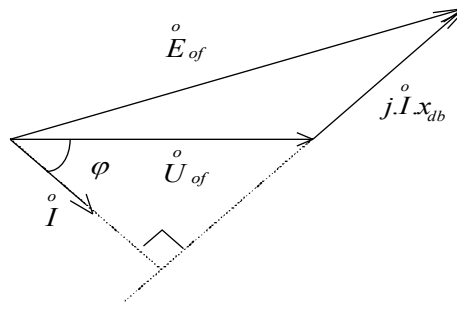
Chậm sau nghĩa là tải mang tính cảm, dòng điện chậm pha so với điện áp một góc φ .

BÀI GIẢI

Máy phát cực ẩn với phương trình cân bằng:

$$\overset{\circ}{U}_{of} = \overset{\circ}{E}_{of} - \overset{\circ}{I} \cdot (r_r + x_{db}).$$

Từ đó vẽ đồ thị vectơ dòng điện và điện áp với $r_r = 0$:



Do dòng điện $\overset{\circ}{I}$ chậm pha so với điện áp $\overset{\circ}{U}_{of}$ một góc φ .

$\overset{\circ}{E}_{of}$: sức điện động pha không tải, vì máy phát nối sao nên:

$$E_{of} = \frac{U_{of}}{\sqrt{3}} = \frac{398,4}{\sqrt{3}} = 230 \text{ (V)}.$$

Từ đồ thị vectơ suy ra giá trị điện áp trên điện kháng đồng bộ:

Với $U_d = 380 \text{ V}$ suy ra $U_f = 220 \text{ V}$ khi có tải.

$$I \cdot x_{db} = \sqrt{E_{of}^2 - (U_f \cdot \cos \varphi)^2} - U_f \cdot \sin \varphi$$

Từ $\cos \varphi = 0,8$ suy ra $\sin \varphi = 0,6$

Do đó:
$$I \cdot x_{db} = \sqrt{230^2 - (220 \cdot 0,8)^2} - 220 \cdot 0,6 = 16,8$$

(Ω).

Điện kháng đồng bộ khi dòng điện $I = 6 \text{ A}$ là:

$$x_{db} = \frac{16,8}{I} = \frac{16,8}{6} = 2,68 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

Điện kháng phản ứng là:

$$x_{ur} = x_{db} - x_{\delta ur} = 2,68 - 0,2 = 0,48 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

BÀI TẬP 2

Một máy phát điện đồng bộ ba pha cực ẩn có $S_{\text{đm}} = 1500 \text{ kVA}$, ; $U_{\text{đm}} = 6600 \text{ V}$; $f = 50 \text{ Hz}$, $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8$; dây quấn stato đấu sao, điện trở dây quấn stato $r = 0,45 \Omega$; điện kháng đồng bộ $x_{db} = 6 \Omega$.

a/ Một tải có $U = 6600 \text{ V}$, $\cos \varphi = 0,8$; tiêu thụ dòng điện bằng định mức.

Tính dòng điện, công suất tác dụng và phản kháng của tải.

b/ Nếu cắt tải và dòng điện kích từ chưa điều chỉnh vẫn giữ trị số như lúc có tải trên thì điện áp đầu cực máy phát bằng bao nhiêu ?

Gợi ý

Công thức tính công suất định mức của máy phát:

$$S_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}}.$$

Giá trị $U_{\text{đm}}$, $I_{\text{đm}}$ là điện áp và dòng điện dây.

Công suất tác dụng và phản kháng tải tiêu thụ:

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

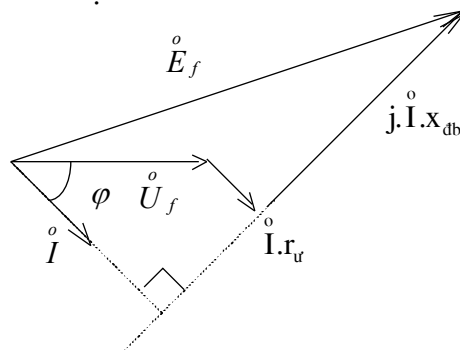
$$Q_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \sin \varphi_{\text{đm}} \cdot$$

Điện kháng đồng bộ x_{db} : $x_{db} = x_{ur} + x_{\delta ur}$.

Máy phát cực ẩn với phương trình cân bằng:

$$\overset{\circ}{U}_f = \overset{\circ}{E}_f - \overset{\circ}{I} \cdot (r_{\text{tr}} + x_{\text{db}}).$$

Từ phương trình vẽ đồ thị vectơ như sau:



BÀI GIẢI

a/ Dòng điện định mức của máy phát:

Từ công thức: $S_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}}$.

Suy ra:
$$I_{\text{đm}} = \frac{S_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}}} = \frac{1500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6600} = 131,2 \quad (\text{A}).$$

Điện áp pha của máy phát:

$$U_{f\text{đm}} = \frac{U_{\text{đm}}}{\sqrt{3}} = \frac{6600}{\sqrt{3}} = 3810 \quad (\text{V}).$$

Công suất tác dụng của tải tiêu thụ:

$$P_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 131,2 \cdot 0,8 = 1200$$

(kW).

Công suất phản kháng của tải tiêu thụ:

$$Q_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \sin \varphi_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 131,2 \cdot 0,6 = 900$$

(kVAr).

b/ Dựa vào phương trình cân bằng: $\overset{\circ}{U}_f = \overset{\circ}{E}_f - \overset{\circ}{I} \cdot (r_{\text{tr}} + x_{\text{db}}).$

Vẽ được đồ thị vectơ như hình trên và suy ra sức điện động pha là:

$$\begin{aligned} E_f &= \sqrt{(U_f \cdot \cos \varphi + I r)^2 + (I x_{\text{db}} + U_f \cdot \sin \varphi)^2} \\ &= \sqrt{(3810 \cdot 0,8 + 131,2 \cdot 0,45)^2 + (131,2 \cdot 6 + 3810 \cdot 0,6)^2} = 4370 \quad (\text{V}). \end{aligned}$$

Điện áp dây đầu cực khi cắt tải:

$$U_o = \sqrt{3} \cdot E_f = \sqrt{3} \cdot 4370 = 7659 \quad (\text{V}).$$

BÀI TẬP 3

Động cơ điện đồng bộ ba pha có các số liệu ghi trong nhãn máy: $P_{\text{đm}} = 1000$ kVA; $U_{\text{đm}} = 6000$ V; $I_{\text{đm}} = 113$ A; $p = 2$ đôi; $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,99$; $n_{\text{đm}} = 1500$ v/g/ph. Tổng tổn hao công suất $\Delta P_{\Sigma} = 170$ kW.

1. Tính công suất điện mà động cơ tiêu thụ.
2. Nếu mômen phụ tải bằng 25 % mômen định mức thì công suất phản kháng tối đa động cơ có thể phát ra cho mạng điện là bao nhiêu ?

Gợi ý

Công suất định mức ghi trên nhãn máy là công suất cơ:

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

Công suất điện: $P_1 = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi_{\text{đm}}$

Mômen định mức của động cơ:

$$M_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\omega_{\text{đm}}} \quad (\text{với } \omega_{\text{đm}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{đm}}}{60})$$

Tổng tổn hao công suất: $\Delta P_{\Sigma} = P_1 - P_{\text{đm}}$

Công suất biểu kiến của động cơ: $S_{\text{đm}} = \sqrt{P_{\text{đm}}^2 + Q_{\text{đm}}^2}$

BÀI GIẢI

1/ Công suất điện mà động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U_{\text{đm}} \cdot I_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi_{\text{đm}} = \sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 113 \cdot 0,99 = 1162587 \text{ (W)}$$

2/ Mômen định mức của động cơ:

$$M_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\omega_{\text{đm}}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\frac{2\pi \cdot n}{60}} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\frac{2\pi \cdot 1500}{60}} = 6366 \text{ (Nm)}$$

Cơ năng động cơ cung cấp cho phụ tải khi mômen phụ tải bằng 25% mômen định mức là:

$$P_{\text{cơ}} = \frac{25}{100} \cdot P_{\text{đm}} = \frac{25}{100} \cdot 1000 = 250 \text{ (kW)}$$

Công suất tác dụng động cơ tiêu thụ khi phụ tải bằng 25% mômen định mức:

$$P_1 = P_{\text{cơ}} + \Delta P_{\Sigma} = 250 + 170 = 420 \text{ (kW)}$$

Công suất phản kháng động cơ có thể phát ra cho mạng điện:

$$Q_1 = \sqrt{S_{\text{đm}}^2 - P_1^2} = \sqrt{1010^2 - 420^2} = 918,6 \text{ (kVAr)}$$

Với công suất biểu kiến:

$$S_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\cos \varphi} = \frac{1000}{0,99} = 1010 \text{ (kVA)}$$

BÀI TẬP 4

Một máy phát điện tuabin nước có các tham số $x_{d^*} = 0,843$; $x_{q^*} = 0,554$. Giả sử máy làm việc ở tải định mức với $U_{\text{đm}}$; $I_{\text{đm}}$; $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8$. Hãy tính s.đ.đ. E, góc tải $\theta_{\text{đm}}$ và độ thay đổi điện áp ΔU .

Giải

Để tính toán ta dựa vào đồ thị s.đ.đ. Lấy vectơ U làm gốc và biểu thị trong hệ đơn vị tương đối, ta có:

$$U_{\text{đm}} = 1 / \underline{0}$$

$$I_{\text{đm}} = 1 / \underline{-36^{\circ}9} \text{ (vì } \cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8; \varphi_{\text{đm}} = 36^{\circ}9)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{đm}} + j \dot{I}_{\text{đm}} x_{q^*} &= 1 / \underline{0^{\circ}} + \varphi (1 / \underline{-36^{\circ}9}) \cdot 0,554 \\ &= 1 + j(0,8 - j0,6)0,554 \\ &= 1,332 + j0,443 \end{aligned}$$

$$\theta_{dm} = \arctg \frac{0,443}{1,332} = 18^{\circ}5$$

Góc giữa các vectơ E và U có trị số:

$$\psi = \psi_{dm} + \theta_{dm} = 36^{\circ}9 + 18^{\circ}5 = 55^{\circ}4.$$

Từ đồ thị s.d.đ. , trị số E* được xác định như sau:

$$\dot{E}_* = \dot{U}_* \cos \theta + \dot{I}_{d*} x_{d*}$$

trong đó: $\dot{I}_{d*} = \dot{I}_* \sin \psi = 1 \times \sin 55^{\circ}4 = 0,823$

Kết quả là:

$$E_* = 1 \times \cos 18^{\circ}5 + 0,823 \cdot 0,844 = 1,643$$

và độ thay đổi điện áp:

$$\Delta U_{dm} \% = \frac{E - U_{dm}}{U_{dm}} 100 = 64,3\%$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Động cơ điện ba pha dây quấn stato nối hình sao, điện áp đặt vào động cơ là $U = 11 \text{ kV}$, dòng điện chạy trong dây quấn phần ứng của động cơ là $I_{\text{tr}} = 60 \text{ A}$, điện trở nội pha của dây quấn phần ứng là $R_{\text{tr}} = 1 \Omega$, điện kháng đồng bộ $x_{db} = 10 \Omega$.

Xác định công suất tác dụng của lưới điện cấp cho động cơ và sức điện động pha khi $\cos \varphi = 0,8$. Cho rằng dòng điện I chậm sau U.

ĐS: $P_1 = 913,4 \text{ kW}$; $E_0 = 5,97 \text{ kV}$.

Bài 2

Một máy phát điện đồng bộ ba pha dây quấn stato nối hình sao, dòng điện phụ tải là 250 A ; $\cos \varphi = 0,85$; $U_d = 6,3 \text{ kV}$; $E_d = 6,65 \text{ kV}$. Bỏ qua điện trở dây quấn stato. Hãy tính:

1. Điện kháng đồng bộ x_{db} của máy phát.
2. Góc lệch pha φ giữa sức điện động và điện áp pha của máy điện.

ĐS: 1/ $x_{db} = 1,36 \Omega$.

2/ $\varphi = 4,5^{\circ}$.

Bài 3

Máy phát điện đồng bộ ba pha có các trị số: $P_{dm} = 600 \text{ kW}$; $U_{dm} = 6,3 \text{ kV}$; điện trở của dây quấn phần ứng $R_{\text{tr}} = 2,15 \Omega$, $\Delta P_{Fe} = 16,3 \text{ kW}$, $\Delta P_{KT} = \Delta P_{cu} = 14,2 \text{ kW}$, $\Delta P_{cơ} + \Delta P_{phụ} = 5,9 \text{ kW}$; dây quấn stato nối hình sao.

Hãy xác định dòng điện phụ tải và hiệu suất của máy phát điện trong hai trường hợp $\cos \varphi = 0,8$ và $\cos \varphi = 1$ khi xem như các tổn hao $\Delta P_{cơ}$, $\Delta P_{phụ}$, ΔP_{KT} , ΔP_{Fe} là không đổi.

ĐS: $I_{dm \cos=1} = 55 \text{ A}$; $\eta_1 = 91,5 \%$; $I_{dm \cos=0,8} = 68,75 \text{ A}$; $\eta_2 = 90 \%$.

Bài 4

Cho một máy phát điện đồng bộ ba pha cực lồi $P_{\text{đm}} = 8750 \text{ kW}$; $U_{\text{đm}} = 6,3 \text{ kV}$; bộ dây quấn nối sao có $x_d = 17 \ \Omega$; $x_q = 9 \ \Omega$; $r_{\text{r}} = 0$, làm việc ở tải định mức $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8$. Hãy tính:

1. Trị số của x_d , x_q trong hệ đơn vị tương đối.
2. Sức điện động E_0 và góc pha ứng với tải định mức.

ĐS: 1/ $x_{d*} = 1,23$; $x_{q*} = 0,646$.

2/ $E_0 = 12,51 \text{ kW}$; $\varphi = 20^\circ 5'$.

Bài 6:

Cho máy phát điện đồng bộ ba pha $P_{\text{đm}} = 500 \text{ kW}$; $U_{\text{đm}} = 525 \text{ V}$; dây quấn nối sao (Y); $\cos \varphi_{\text{đm}} = 0,8$; $x_{\text{ud}*} = 0,84$; $x_{\text{uq}*} = 0,45$; $x_{\text{r}*} = 0,16$; $E_{\text{fa}} = 404 \text{ V}$; góc pha $\varphi = 42^\circ$; $r_{\text{r}} = 0$. Hãy xác định :

1. Điện áp và $\cos \varphi$ của máy khi làm việc ở nửa tải định mức.
2. Công suất điện từ khi làm việc ở nửa tải định mức.

ĐS: 1/ $U = 303 \text{ V}$; $\cos \varphi = 0,87$.

2/ $P_{\text{đt}} = 250 \text{ kW}$.

Ban quyên © Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

CHƯƠNG 3 : MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Mục tiêu:

- Sinh viên hiểu được qui luật làm việc của MPĐDB thông qua nghiên cứu các đặc tính
- Hiểu điều kiện và phương pháp cho các máy điện làm việc song song
- Hiểu cách phân phối tải giữa các máy phát điện
- Ứng dụng tính toán các thông số máy phát và phân phối tải các MPĐ

I.ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Qui luật làm việc của các máy phát điện thể hiện qua việc nghiên cứu các đặc tính của chúng. Đặc tính MPĐDB bao gồm :

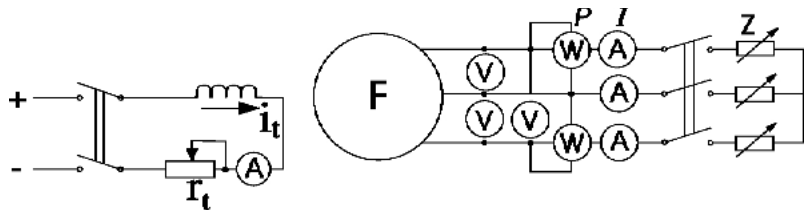
- ✓ Đặc tính không tải $U_o = E = f(i_t)$ khi $I = 0$; $f = f_{dm}$.
- ✓ Đặc tính ngắn mạch $I_n = f(i_t)$ khi $U = 0$; $f = f_{dm}$.
- ✓ Đặc tính ngoài $U = f(I)$ khi $i_t = const$; $cos\varphi = const$; $f = f_{dm}$.
- ✓ Đặc tính điều chỉnh $i_t = f(I)$ khi $U = const$; $cos\varphi = const$; $f = f_{dm}$.
- ✓ Đặc tính tải $U = f(i_t)$ khi $I = const$; $cos\varphi = const$; $f = f_{dm}$.

Các đặc tính trên có thể thành lập được theo tính toán dựa vào đồ thị vectơ s.d.d, hoặc bằng cách làm thí nghiệm trực tiếp.

Từ các đặc tính trên có thể suy ra các tính chất quan trọng của máy phát điện như tỷ số ngắn mạch K; độ thay đổi điện áp ΔU . Cũng từ các đặc tính trên chúng ta suy ra được các tham số x_d ; x_q ; x_{σ} của máy.

1. ĐẶC TÍNH KHÔNG TẢI : $E = U_o = f(i_t)$ khi $I = 0$; $f = f_{dm}$.

Sơ đồ nối dây của máy phát điện đồng bộ cần thiết để làm thí nghiệm lấy các đặc tính của máy phát điện đồng bộ được trình bày trên hình 3-1. Tải của máy phát điện là

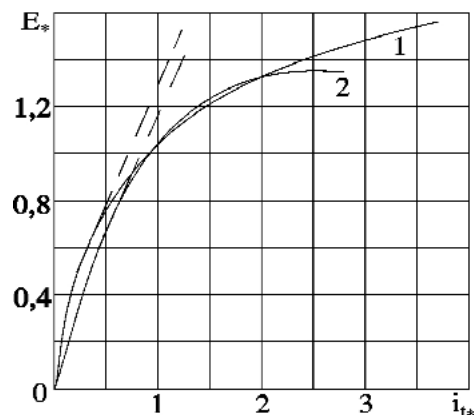


Hình 3-1. Sơ đồ nối dây xác định đặc tính của máy phát điện đồng bộ

tổng trở Z có thể biến đổi (ví dụ tải điện trở ba pha ghép song song với tải điện cảm ba pha). Dòng điện kích thích i_t của máy phát điện lấy từ nguồn điện bên ngoài và điều chỉnh được nhờ biến trở r_t .

Đặc tính không tải là quan hệ $E = U_o = f(i_t)$ khi $I = 0$; $f = f_{dm}$.

Đồ thị đặc tính không tải thể hiện trên hình 3.2



Hình 3-2. Đặc tính không tải của máy phát tuabin hơi (a) và máy phát tuabin nước (b)

Dạng đặc tính không tải của các máy phát điện đồng bộ cực ẩn và cực lồi khác nhau không nhiều và có thể biểu thị

theo đơn vị tương đối $E^* = E/E_{dm}$ và $i_1^* = i_1/i_{1dm0}$ như trên hình 3.2, trong đó i_{1dm0} là dòng điện không tải khi $U = U_{dm}$. Ta chú ý rằng, mạch từ của máy phát điện tuabin hơi bão hòa hơn mạch từ của máy phát điện tuabin nước. Khi $E = E_{dm} = 1$, đối với máy phát điện tuabin hơi $k_{\mu d} = k_{\mu} = 1,2$; còn đối với máy phát điện tuabin nước $k_{\mu d} = 1,06$.

2. ĐẶC TÍNH NGẮN MẠCH VÀ TỶ SỐ NGẮN MẠCH K:

$$I_n = f(i_1), \text{ khi } U = 0; f = f_{dm}.$$

Đặc tính ngắn mạch là quan hệ $I_n = f(i_1)$ khi $U = 0; f = f_{dm}$ (khi đó dây quấn phần ứng được nối tắt ngay ở đầu máy).

Nếu bỏ qua điện trở của dây quấn phần ứng ($r = 0$) thì mạch điện dây quấn phần ứng lúc ngắn mạch là thuần cảm ($\psi = 90^\circ$) như vậy $I_q = \cos\varphi = 0$ $I_d = I \sin\varphi = I$ và đồ thị vectơ của máy phát điện lúc như trên hình 3-3a. Theo biểu thức cân bằng áp, ta

$$E = +jIX_d$$

và mạch điện thay thế của máy có dạng như trên hình 3-3b.

Lúc ngắn mạch phản ứng phần ứng là khử mạch từ của máy không bão hòa, vì từ thông khe Φ_δ cần thiết để sinh ra $E_\delta = E - Ix_{ud} = ix_{\sigma r}$ rất nhỏ. đó quan hệ $I = f(i_1)$ là đường thẳng như trình bày trên hình 3-4.

Tỷ số ngắn mạch

Tỷ số ngắn mạch K theo định nghĩa là tỷ số giữa dòng điện ngắn mạch I_{no} ứng với dòng điện kích thích sinh ra s.đ.đ. $E = U_{dm}$ khi không tải với dòng điện định mức I_{dm} , nghĩa là

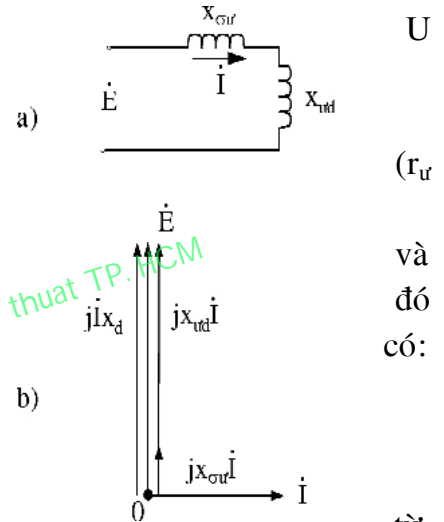
$$K = \frac{I_{no}}{I_{dm}}$$

Theo định nghĩa đó từ hình 3-5 ta có:

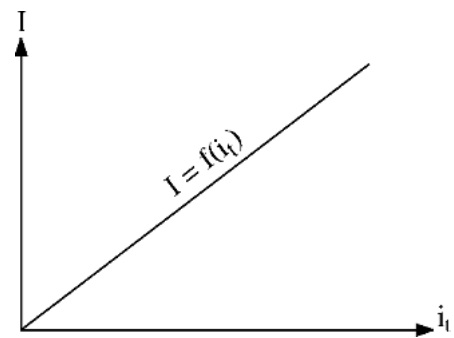
$$I_{no} = \frac{U_{dm}}{x_d}$$

trong đó x_d – trị số bão hòa của điện kháng đồng bộ dọc trục ứng với $E = U_{dm}$.

Thay trị số I_{no} theo trên, ta có:



Hình 3-3. Đồ thị vectơ và mạch điện thay thế của máy phát đồng bộ lúc ngắn mạch



Hình 3-4. Đặc tính ngắn mạch của máy phát đồng bộ

U
(r_r)
và
đó
có:
từ,
hở
Do

$$K = \frac{U_{\tilde{n}m}}{x_d I_{\tilde{n}m}} = \frac{1}{x_{d*}}$$

Thường $x_{d*} > 1$ do đó $K < 1$ và dòng điện ngắn mạch xác lập $I_{no} < I_{dm}$, vì vậy có thể kết luận rằng dòng điện ngắn mạch xác lập của máy phát điện đồng bộ không lớn. Sở dĩ như vậy là do tác dụng khử từ rất mạnh của phản ứng phần ứng.

Từ hình 3-5, dựa vào các tam giác đồng dạng OAA' và OBB' có thể biểu thị tỷ số ngắn mạch K theo các dòng điện kích thích như sau:

$$K' = \frac{I_{no}}{I_{\tilde{n}m}} = \frac{i_{to}}{i_m}$$

trong đó:

i_{to} - dòng điện kích thích khi không tải lúc $U_o = U_{dm}$.

i_m - dòng điện kích thích lúc ngắn mạch khi $I = I_{dm}$.

Tỷ số ngắn mạch K là một tham số quan trọng của máy điện đồng bộ. Máy với K lớn có ưu điểm cho độ thay đổi điện áp ΔU nhỏ và sinh ra công suất điện từ lớn khiến cho máy làm việc ổn định khi tải dao động. Nhưng muốn K lớn nghĩa là x_{d*} nhỏ, phải tăng khe hở δ và như vậy đòi hỏi phải tăng cường dây quấn kích thích từ và tương ứng phải tăng kích thước máy. Kết quả là phải dùng nhiều vật liệu hơn và giá thành của máy cao.

Thông thường đối với máy phát tuabin nước $K = 0,8 \div 1,8$, còn đối với máy phát tuabin hơi $K = 0,5 \div 1,0$.

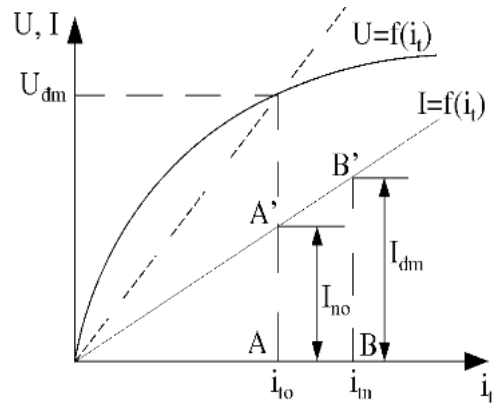
3. ĐẶC TÍNH NGOÀI VÀ ĐỘ THAY ĐỔI ĐIỆN ÁP ΔU CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ

a. Đặc tính ngoài

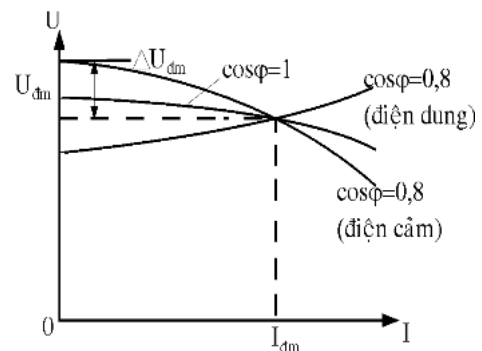
Đó là quan hệ $U = f(I)$ khi

$$i_t = \text{const}; \cos\varphi = \text{const} \text{ và } f = f_{dm}$$

Nó cho thấy lúc giữ kích thích không đổi, điện áp của máy thay đổi như thế nào theo tải. Khi lấy đặc tính này phải thay đổi tải I sao cho $\cos\varphi = \text{const}$ rồi đo U và I ứng với các trị số khác nhau của tải z . Dạng của các đặc tính ngoài ứng với các tính chất khác nhau của tải được trình bày trên hình 3-6. Chú ý rằng trong mỗi trường hợp phải điều chỉnh dòng điện kích thích sao cho khi $I = I_{dm}$ có $U = U_{dm}$, sau đó giữ nó không đổi khi thay đổi tải. Dòng điện i_t ứng với $U = U_{dm}$; $I = I_{dm}$; $\cos\varphi = \cos\varphi_{dm}$ và $f = f_{dm}$ được gọi là dòng điện từ hóa định mức.



Hình 3-5. Xác định tỷ số ngắn mạch K



Hình 3-6. Đặc tính ngoài của máy phát điện đồng bộ

Từ hình 3-6 ta thấy dạng của đặc tính ngoài phụ thuộc vào tính chất của tải. Nếu tải có tính cảm khi I tăng, phản ứng khử từ của phần ứng tăng, điện áp giảm và đường biểu diễn đi xuống. Ngược lại nếu tải có tính dung khi I tăng, phản ứng phần ứng là trợ từ, điện áp tăng và đường biểu diễn đi lên.

b. Độ thay đổi điện áp định mức ΔU_{dm}

Đó là sự thay đổi điện áp khi tải thay đổi từ không đến định mức với $\cos\varphi = \cos\varphi_{dm}$, trong điều kiện không thay đổi dòng điện kích thích. Trị số của ΔU_{dm} thường biểu thị theo phần trăm của điện áp định mức, nghĩa là:

$$\Delta U_{dm} \% = \frac{E - U_{dm}}{U_{dm}} 100 = \frac{U_0 - U_{dm}}{U_{dm}} 100$$

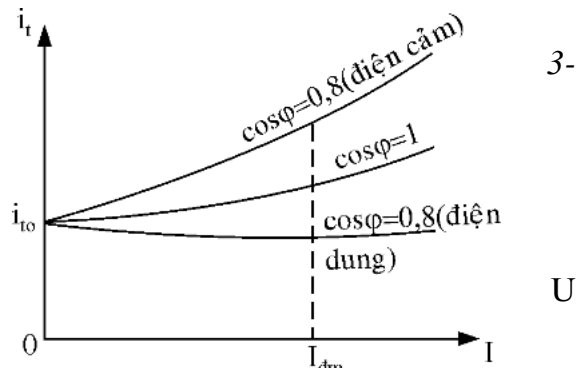
Máy phát điện tuabin hơi do có x_d lớn nên có ΔU lớn hơn so với máy phát điện tuabin nước. Thông thường $\Delta U\% = 25 \div 35$.

Trị số ΔU của máy phát điện có thể xác định được bằng thí nghiệm trực tiếp trên máy đã chế tạo. Lúc thiết kế để tính được ΔU có thể dựa vào cách vẽ đồ thị véctơ.

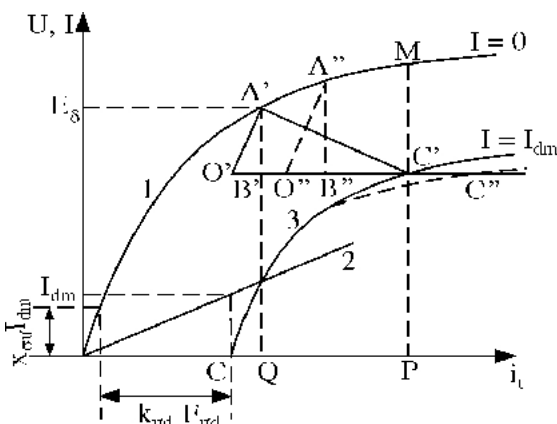
4. ĐẶC TÍNH ĐIỀU CHỈNH

Đó là quan hệ $i_t = f(I)$ khi $U = const; \cos\varphi = const$ và $f = f_{dm}$.

Nó cho biết chiều hướng điều chỉnh dòng điện i_t của máy phát đồng bộ để giữ cho điện áp U ở đầu máy không đổi. Khi làm thí nghiệm lấy đặc tính điều chỉnh theo sơ đồ hình 3-1, phải thay đổi z và đồng thời thay đổi i_t để có $\cos\varphi = const$ và $U = const$. Dạng của đặc tính ở các trị số $\cos\varphi$ khác nhau như trên hình 7. Ta thấy với tải cảm khi I tăng, tác dụng khử từ của phần ứng phần ứng cũng tăng làm cho U bị giảm. Để giữ cho U không đổi phải tăng dòng điện từ hóa i_t ; ngược lại ở tải dung khi I tăng, muốn giữ không đổi phải giảm i_t . Thông thường $\cos\varphi_{dm} = 0,8$ (thuần cảm), nên từ không tải ($U = U_{dm}; I = 0$) đến tải định mức ($U = U_{dm}; I = I_{dm}$) phải tăng dòng điện từ hóa i_t khoảng $1,7 \div 2,2$ lần.



Hình 3-7. Đặc tính điều chỉnh của máy phát điện đồng bộ



5. ĐẶC TÍNH TẢI

Đặc tính tải là quan hệ $U = f(i_t)$ khi $I = const; \cos\varphi = const$ và $f = f_{dm}$. Với các trị số khác nhau của I và $\cos\varphi$ sẽ có các đặc tính tải khác nhau, trong đó có ý nghĩa nhất là đặc tính tải thuần cảm ứng với $\cos\varphi = 0$ ($\varphi = \pi/2$) và $I = I_{dm}$.

Để có đặc tính đó phải điều chỉnh r_t và z (khi đó phải có cuộn cảm có thể điều chỉnh được) sao cho $I = I_{dm}$ (hình 3-1).

Dạng của đặc tính tải thuần cảm như đường 3 trên hình 3-8. Đồ thị vectơ tương ứng với chế độ làm việc đó khi bỏ qua trị số rất nhỏ của r_r như hình 3-9.

Đặc tính tải thuần cảm có thể suy ra được từ đặc tính không tải và tam giác điện kháng. Cách thành lập tam giác điện kháng như sau:

Từ đặc tính ngắn mạch (đường 2 trên hình 3-8) để có trị số $I_n = I_{dm}$, dòng điện kích thích i_m hoặc s.t.đ. F_m cần thiết bằng $F_m = i_m = OC$. Như đã biết, khi máy làm việc ở chế độ ngắn mạch, s.t.đ. của cực từ $F_m = OC$ gồm hai phần: một phần để khắc phục phản ứng khử từ của phần ứng $BC = k_{ud}F_{ud}$ sinh ra E_{ud} ; phần còn lại $OB = OC - BC$ sẽ sinh ra s.t.đ. tản từ $F_{\sigma t} = I_{dm}x_{\sigma t} = AB$. (điểm A nằm trên đoạn thẳng của đặc tính không tải (đường 1) vì lúc đó mạch từ không bão hòa). Tam giác ABC được hình thành như trên được gọi là tam giác điện kháng. Các cạnh BC và AB của tam giác đều tỷ lệ với dòng điện tải định mức I_{dm} .

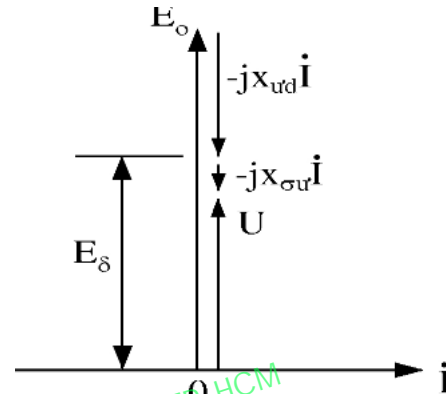
Dưới đây trình bày cách thành lập đặc tính tải thuần cảm từ đặc tính không tải và tam giác điện kháng.

Đem tịnh tiến tam giác ABC (hoặc tam giác OAC cũng được) sao cho đỉnh A tựa trên đặc tính không tải thì đỉnh C sẽ vẽ thành đặc tính tải thuần cảm (đường 3). Nếu các cạnh của tam giác điện kháng được vẽ tỷ lệ với dòng điện tải $I = I_{dm}$, thì đặc tính tải thuần cảm $U = f(i_t)$ trên là ứng với $I = I_{dm}$. Để chứng minh ta chú ý rằng, ở hai trường hợp ngắn mạch với $I = I_{dm}$ và tải thuần cảm với $I = I_{dm}$, s.t.đ. $E_{\sigma t}$ và phản ứng khử từ F_{ud} không thay đổi, do đó các cạnh $AB = E_{\sigma t}$ và $BC = k_{ud}F_{ud}$ của tam giác điện kháng đều không đổi. Như vậy với một s.t.đ. tùy ý của cực từ $F_o = OP$ lúc không tải, điện áp đầu cực máy $U_o = E = PM$, còn khi có tải thuần cảm với $I = I_{dm}$, điện áp đầu cực máy $U = PC'$. Sở dĩ như vậy vì lúc có tải thuần cảm như trên, s.t.đ. có hiệu lực chỉ bằng $OP - PQ = OQ$ (trong đó $PQ = B'C' = BC$ là phản ứng khử từ của phần ứng) và s.t.đ. $E_\delta = QA'$. Kết quả là $U = E_\delta - E_{\sigma t} = QA' - AB' = QA' - AB = QB' = PC'$.

Trên thực tế do ảnh hưởng của bão hòa, đặc tính tải thuần cảm có được bằng thí nghiệm tải trực tiếp hơn khác và có dạng như đường nét đứt. Nguyên nhân của sự sai khác đó ở chỗ, khi dòng điện kích từ tăng, cực từ của máy càng bão hòa do từ thông tản của dây quấn kích từ lớn hơn thì s.t.đ. của cực từ cần thiết để khắc phục phản ứng khử từ của phần ứng càng phải lớn hơn, nghĩa là cạnh BC của tam giác điện kháng càng phải dài hơn.

6 XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ CỦA MPĐĐB

Trong các chương trước đã nêu lên phương pháp tính toán các tham số x_d , x_q , $x_{\sigma t}$ của máy điện đồng bộ. Ở đây ta sẽ trình bày cách xác định các tham số đó từ các đặc tính của máy. Tuy nhiên cũng cần nói thêm rằng, ngoài hai phương pháp

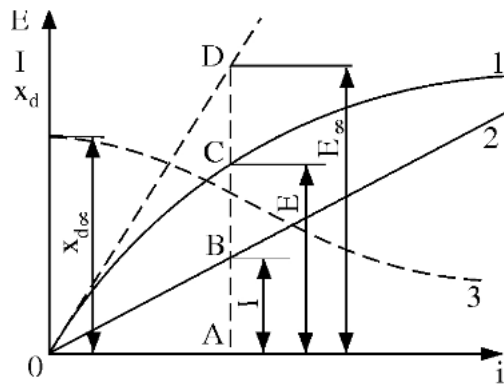


Hình 3-9. Đồ thị vectơ s.t.đ. của máy phát điện ở tải thuần cảm

trên còn có thể xác định các tham số đó bằng thí nghiệm trực tiếp và phương pháp trực tiếp này được đề cập đến trong các tài liệu thí nghiệm.

a. Xác định Điện kháng đồng bộ dọc trục và ngang trục

Các trị số của điện kháng đồng bộ dọc trục bão hòa x_d và không bão hòa $x_{d\infty}$ được suy ra từ các đặc tính không tải $E = f(i_t)$ và đặc tính ngắn mạch $I_n = f(i_t)$ như trên hình 3-10. Vì khi ngắn mạch theo đồ thị véctơ trên hình 3-3, $x_d = E/I_n$, nên ứng với mỗi trị số của i_t từ các đặc tính không tải (đường 1) và ngắn mạch (đường 2) sẽ có trị số của x_d bão hòa tương ứng:



Hình 3-10. Xác định điện kháng đồng bộ dọc trục

$$x_d = \frac{E}{I_n} = \frac{AC}{AB}$$

Quan hệ $x_d = f(i_t)$ có dạng như đường 3 trên hình 3-10.

Khi mạch từ không bão hòa, quan hệ $E = f(i_t)$ là đường thẳng, trị số của x_d không bão hòa $x_{d\infty}$ là không đổi và được xác định bởi tỷ số:

$$x_{d\infty} = \frac{E_\infty}{I_n} = \frac{AD}{AB}$$

Vì $\frac{E_\infty}{E} = k_{\mu d}$ nên:

$$x_d = \frac{x_{d\infty}}{k_{\mu d}}$$

Điện kháng đồng bộ ngang trục x_q tương ứng với từ thông của phản ứng phần ứng ngang trục và từ thông tản của dây quấn phần ứng. Trong máy cực lồi vì theo hướng ngang trục khe hở lớn, từ trở hướng ngang trục lớn, do đó mạch từ không bão hòa nên điện kháng đồng bộ ngang trục có trị số không đổi và bằng $x_q \approx 0,6x_d$. Đối với máy đồng bộ cực ẩn thì $x_d = x_q = x_{db}$.

b. Xác định điện kháng tản $x_{\sigma t}$

Với các suy ra đặc tính tải thuần cảm (đường 3 trên hình 3-8) bằng tam giác điện kháng và đặc tính không tải, thì nếu từ một điểm C' bất kỳ trên đặc tính tải thuần cảm đó vẽ $O'C' = OC$ song song với trục ngang, sau đó qua O' vẽ đường thẳng song song với OA cắt đặc tính không tải (đường 1) ở A' rồi hạ đoạn thẳng đứng A'B' xuống O'C' ta được:

$$x_{\sigma t} = \frac{A'B'}{I}$$

Trên thực tế như trên đã trình bày, đặc tính tải thuần cảm thành lập được bằng thí nghiệm trực tiếp (đường nét đứt trên hình 3-8) có khác với đặc tính tải thuần cảm suy từ đặc tính không tải và tam giác điện kháng (đường 2). Vì vậy nếu làm thí nghiệm trực tiếp để có đặc tính tải thuần cảm (đường nét đứt) sau đó từ điểm C" trên đường đó lấy đoạn $O"C" = O'C' = OC$ và tiếp tục như trên ta được:

$$x_p = \frac{A'' B''}{I}$$

Ở đây x_p được gọi là điện kháng Pôchiê. Rõ ràng $x_p > x_{ot}$.

Đối với máy đồng bộ cực ẩn $x_p \approx (1,05 \div 1,10)x_{ot}$; còn đối với máy đồng bộ cực lồi $x_p \approx (1,1 \div 1,3)x_{ot}$.

II. MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ LÀM VIỆC SONG SONG

Trong mỗi nhà máy điện thường có đặt nhiều tổ máy phát điện đồng bộ và nói chung các nhà máy điện đều làm việc trong một hệ thống điện lực.

Như vậy trong một hệ thống điện lực có rất nhiều máy phát điện đồng bộ làm việc song song. Việc cho các máy phát điện làm việc chung trong hệ thống điện lực nhằm bảo đảm công suất toàn hệ thống và việc điều chỉnh công suất (tác dụng và phản kháng) giữa chúng.

1. ĐIỀU KIỆN ĐỂ CÁC MPĐ LÀM VIỆC SONG SONG

Khi ghép một máy phát điện đồng bộ làm việc song song trong hệ thống điện lực hoặc với một máy phát điện đồng bộ khác, để tránh dòng điện xung và các mômen điện từ có trị số rất lớn có thể sinh ra sự cố làm hỏng máy và các thiết bị điện khác, gây rối loạn trong hệ thống điện lực thì các trị số tức thời của điện áp máy phát điện và hệ thống điện lực phải luôn bằng nhau. Muốn vậy phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

- 1) Điện áp của MPĐ U_F phải bằng điện áp của lưới điện U_L .
- 2) Tần số của máy phát f_F phải bằng tần số của lưới điện f_L .
- 3) Thứ tự pha của máy phát phải giống thứ tự pha của lưới điện.
- 4) Điện áp của máy và của lưới phải trùng pha nhau.

Nếu không đảm bảo các điều kiện nói trên, khi ghép song song máy phát điện có thể xảy ra các sự cố nghiêm trọng, thí dụ như khi đóng cầu dao mà điện áp của máy phát và của lưới lệch pha nhau 180° thì sẽ tương đương với nối ngắn mạch máy phát điện với điện áp $U_F - U_L = 2U_F$; dòng điện xung khi đóng cầu dao có thể lớn gấp hai lần dòng điện ngắn mạch thông thường; lực và mômen điện từ sẽ lớn gấp bốn lần, phá hỏng dây quấn, kết cấu thép, lõi thép, trục ... của máy phát điện.

Khi ghép song song, việc điều chỉnh điện áp U_F của máy phát đồng bộ 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 mômen hoặc tốc độ quay của động cơ sơ cấp kéo máy phát điện. Sự trùng pha giữa điện áp của máy phát điện và của lưới điện được kiểm tra bằng đèn vônmet có chỉ số không hoặc dụng cụ đo đồng bộ. Thứ tự pha của máy phát điện thường chỉ được kiểm tra một lần sau khi lắp ráp máy và hòa đồng bộ với lưới điện lần đầu. Việc ghép song song máy phát điện vào hệ thống điện theo các điều kiện nói trên gọi là hòa đồng bộ chính xác máy phát điện. Trong một số trường hợp có thể dùng phương pháp hòa đồng bộ không chính xác nghĩa là không phải so sánh tần số, trị số góc pha các điện áp của máy phát điện

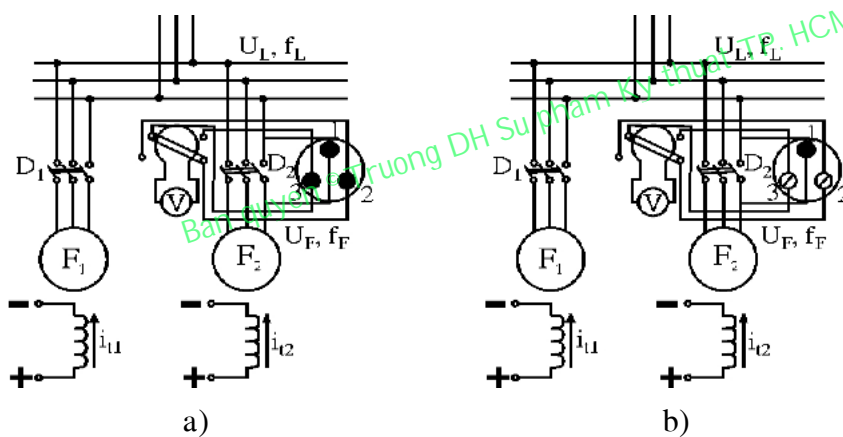
cần được ghép song song và của lưới điện. Phương pháp này còn được gọi là phương pháp tự đồng bộ.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP CHO MÁY PHÁT LÀM VIỆC SONG SONG

a. Phương pháp hòa đồng bộ chính xác kiểu ánh sáng.

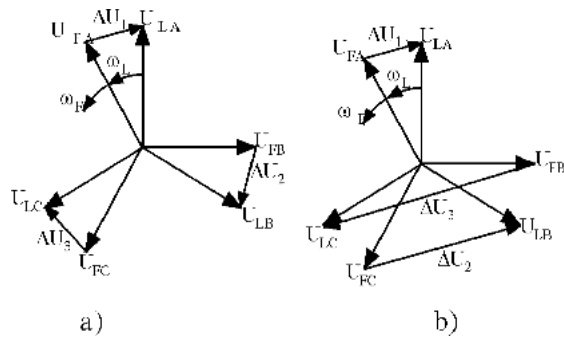
Để ghép máy phát điện vào làm việc song song với lưới điện bằng phương pháp hòa đồng bộ chính xác, có thể dùng bộ hòa đồng bộ kiểu ánh sáng (*dùng tín hiệu ánh sáng đèn kiểm tra điều kiện đồng bộ*).

Phương pháp này dùng cho các máy phát điện đồng bộ công suất nhỏ và được thực hiện hoặc với kiểu nối “tối” theo sơ đồ trên *hình 3-11a* hoặc với kiểu ánh sáng đèn “quay” theo sơ đồ trên *hình 3-11b*. Trong các sơ đồ trên *hình 3-11a* và *b*, F_1 là máy phát điện đang làm việc và F_2 là máy phát điện cần đem ghép song song với F_1 . Bộ đồng bộ kiểu ánh sáng được hình thành bằng các ngọn đèn 1, 2 và 3.



Hình 3-11. Sơ đồ hòa đồng bộ máy phát điện kiểu nối “tối” (a) và kiểu ánh sáng đèn “quay” (b)

Khi hòa đồng bộ theo kiểu nối tối (*hình 3-11a*), mỗi ngọn đèn 1, 2, 3 của bộ đồng bộ được nối giữa hai đầu tương ứng với cầu dao D_2 . Trong quá trình hòa đồng bộ thường phải điều chỉnh đồng thời điện áp U_F và tần số f_F của máy phát điện F_2 . Điện áp U_F của máy phát điện được kiểm tra theo điều kiện (trong đó U_L là điện áp của lưới điện và cũng là điện áp của máy phát điện F_1 đang làm việc) bằng vônmet V có cầu dao đổi nối. Tần số và thứ tự pha được kiểm tra bằng bộ đồng bộ với ba đèn 1, 2 và 3. Khi đo lúc đầu sẽ có tần số $f_F \neq f_L$ thì điện áp $U_F - U_L$ đặt vào các đèn 1, 2, 3 sẽ có tần số $f_F - f_L$. Nếu thứ tự pha của máy phát điện và của lưới điện giống nhau thì cả ba ngọn đèn sẽ lần lượt cùng tối và cùng sáng như nhau với tần số $f_F - f_L$ đó.



Hiệu-12. Đồ thị vectơ điện áp khi nối “tối” (a) và khi nối theo ánh sáng “quay” (b)

Sở dĩ như vậy là vì các điện áp ΔU đặt lên ba ngọn đèn chính là hiệu số các điện áp pha tương ứng của hai hình sao điện áp của máy phát điện F_2 và của lưới điện, quay với các tần số góc $\omega_F = 2\pi f_F$ và $\omega_L = 2\pi f_L$ như trên hình 3-12. Rõ ràng là khi $f_F \neq f_L$ thì các điện áp đặt vào ba ngọn đèn sẽ thay đổi giống nhau trong phạm vi $0 \leq \Delta U \leq 2U_F$ và ba ngọn đèn sẽ cùng sáng và tối với hiệu các tần số $f_F - f_L$ đó. Tiếp tục điều chỉnh tần số f_F của máy phát F_2 sao cho chu kỳ tối và sáng bằng 3 ÷ 5 giây (nghĩa là lúc đó $f_F \approx f_L$) và chờ cho lúc các đèn tắt hẳn ứng với lúc điện áp của máy phát điện F_2 và của lưới điện trùng pha nhau thì có thể đóng cầu dao D_2 và việc ghép song song máy phát điện vào lưới điện được hoàn chỉnh.

Khi hòa đồng bộ theo kiểu ánh sáng quay (hình 3-12b) thì hai trong ba ngọn đèn thí dụ các đèn 2, 3 phải được nối với các đầu không tương ứng của cầu dao D_2 . Trong quá trình ghép song song nếu thứ tự pha giống nhau thì khi $f_F \neq f_L$ các đèn 1, 2, 3 sẽ lần lượt sáng và tối tạo thành ánh sáng “quay”. Vì điện áp đặt vào các đèn đó sẽ không bằng nhau và thay đổi lần lượt trong phạm vi $0 \leq \Delta U \leq 2U_F$ như trên hình 3-12b. Khi nếu ánh sáng quay theo một chiều nhất định thì khi $f_F < f_L$ ánh sáng sẽ quay theo chiều ngược lại. Tốc độ quay nhanh hoặc chậm phụ thuộc vào sự khác nhau giữa f_F và f_L . Điều chỉnh cho $f_F = f_L$ và tốc độ ánh sáng quay thật chậm ($f_F \approx f_L$) và đợi cho khi đèn không nối chéo (đèn 1) tắt hẳn và các đèn nối chéo (2 và 3) sáng bằng nhau ứng với lúc các điện áp của máy phát điện và lưới điện trùng pha nhau thì có thể đóng cầu dao D_2 .

Cần chú ý rằng khi hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu đèn, nếu theo sơ đồ nối tối mà kết quả được ánh sáng quay hoặc nếu theo sơ đồ nối kiểu ánh sáng quay mà kết quả được đèn cùng sáng và tối thì như vậy thứ tự pha của máy phát điện khác với thứ tự pha của lưới điện. Trong những trường hợp đó phải trao đổi hai trong ba đầu dây tức là hai trong ba pha của máy phát điện với cầu dao D_2 .

b. Hòa đồng bộ bằng bộ đồng bộ kiểu điện từ

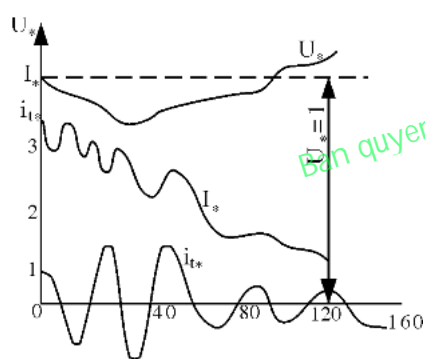
Trong các nhà máy điện có đặc các máy phát điện công suất lớn, để kiểm tra các điều kiện ghép song song máy phát điện vào lưới điện người ta thường dùng cột đồng bộ tức là bộ đồng bộ kiểu điện từ. Cột đồng bộ gồm ba dụng cụ đo sau: một vônmet có hai kim, một kim chỉ điện áp U_F của máy phát điện, một kim chỉ điện áp U_L của lưới điện; một tần số kế có hai dây phiên rung để chỉ đồng thời tần số f_F của máy và tần số f_L của lưới và một dụng cụ đo làm việc theo nguyên lý từ

trường quay có kim quay với tần số $f_F - f_L$. Tốc độ quay của kim phụ thuộc vào trị số $f_F - f_L$ và chiều quay của kim thuận hoặc ngược chiều kim đồng hồ tùy theo $f_L > f_F$ hoặc ngược lại. Khi $f_F - f_L$ và kim quay thật chậm ($f_F \approx f_L$) thì thời điểm đóng cầu dao là lúc kim trùng với đường thẳng đứng và hướng lên trên.

Việc hòa đồng bộ chính xác máy phát điện đòi hỏi nhân viên thao tác phải thật thành thạo và tập trung chú ý cao độ để tránh nhầm lẫn nhất là khi trong hệ thống điện lực đang có sự cố. Để giảm nhẹ công việc của nhân viên thao tác và tránh những nhầm lẫn có thể xảy ra sự cố, có thể dùng bộ hòa đồng bộ tự động giúp điều chỉnh tự động U_F và f_F của máy phát và tự động đóng cầu dao khi các điều kiện ghép song song đã được đảm bảo. Tuy nhiên vì khi trong lưới điện có sự cố, điện áp và tần số của lưới luôn thay đổi nên quá trình hòa đồng bộ tự động thường kéo dài từ năm đến mười phút hoặc lâu hơn nữa. Vì thế gần đây trong một số trường hợp người ta thường dùng phương pháp tự đồng bộ.

c. Phương pháp tự đồng bộ

Việc ghép máy phát điện làm việc song song với lưới điện theo phương pháp tự đồng bộ được tiến hành như sau: Dem quay máy phát điện không được kích thích ($U_F = 0$) với dây quấn kích thích được nối tắt qua điện trở triệt từ đến tốc độ sai



Hình 3-13. Sự biến đổi của U, I, I_t của máy phát 100000 kW khi hòa đồng bộ vào lưới điện

khác với tốc độ đồng bộ khoảng 2% rồi không cần kiểm tra tần số, trị số và góc pha của điện áp cứ việc đóng cầu dao ghép máy phát điện vào lưới điện. Sau đó lập tức cho kích thích máy phát điện và do tác dụng của mômen đồng bộ, máy phát điện được lôi vào tốc độ đồng bộ ($f_F = f_L$), quá trình ghép máy phát điện làm việc song song trong lưới điện được hoàn thành.

Cần chú ý rằng việc đóng cầu dao nối máy phát điện chưa được kích thích vào lưới điện có điện áp U_L tương ứng với trường hợp ngắn mạch đột nhiên của lưới điện. Vì ngoài tổng trở của bản

thân máy phát điện còn có tổng trở của các phần tử khác của lưới điện (m.b.a. tăng áp, đường dây, ...) nên dòng điện xung chạy trong máy phát điện không vượt quá ba hoặc bốn lần dòng điện định mức. Hơn nữa vì dây quấn kích thích được nối qua điện trở triệt từ nên dòng điện xung quá độ giảm rất nhanh. Hình 3-13 cho thấy sự biến đổi của U, I và i_t khi đóng cầu dao ghép máy phát điện vào lưới điện bằng phương pháp tự đồng bộ. Phương pháp tự đồng bộ được phép sử dụng trong trường hợp $I_{xg} < 3,5I_{dm}$.

III. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ

1. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT TÁC DỤNG P CỦA MPĐDB

a. Trường hợp MPĐ làm việc trong hệ thống điện

Ở trường hợp này U và f là không đổi nên nếu giữ dòng điện kích thích i_f không đổi thì E là hằng số và P là hàm số của góc θ và đường biểu diễn của nó có dạng như đã biết ở trên.

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 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 3-14.

Như vậy muốn điều chỉnh công suất tác dụng P của máy phát thì phải thay đổi góc θ , nghĩa là giao điểm A bằng cách thay đổi công suất cơ trên trục máy.

Công suất tác dụng cực đại P_m mà máy phát điện có thể cung cấp cho hệ thống điện ứng với khi $dP/d\theta = 0$. Áp dụng điều kiện đó đối với biểu thức của máy phát đồng bộ cực ẩn suy ra được $\theta_m = 90^\circ$ và:

$$P_m = \frac{mUE}{x_d}$$

Cũng như vậy đối với máy cực lồi, từ trên có thể suy ra được góc θ_m xác định

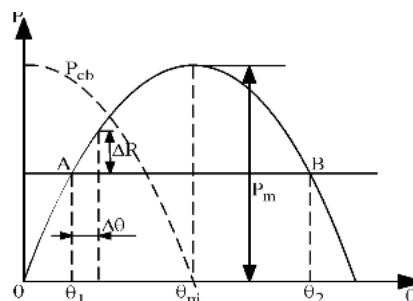
bởi:
$$\cos \theta_m = \frac{\sqrt{A^2 + 8B^2} - A}{4B}$$

trong đó:
$$A = \frac{mUE}{x_d}, \quad B = mU^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right)$$

và
$$P_m = \frac{mUE}{x_d} \sin \theta_m + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta_m$$

Khi điều chỉnh công suất tác dụng cần chú ý rằng máy phát điện đồng bộ chỉ làm việc ổn định tĩnh khi $0 < \theta < \theta_m$.

Để thấy rõ điều đó, giả sử 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 rôto của các máy phát điện sẽ quay nhanh lên. Như vậy góc θ sẽ tăng thêm $+\Delta\theta$ và tương ứng công suất P sẽ tăng thêm ΔP . Vì lúc đó công suất cơ $P_{cơ}$ đã trở về trị số ban đầu nên $P + \Delta P > P_{cơ}$, kết quả là rôto sẽ bị ghìm và 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 $\theta_2 >$



Hình 3-14. Công suất tác dụng và công suất chỉnh bộ của máy phát điện đồng bộ cực lồi

θ_m , ví dụ ở điểm B trên hình 3-14 thì khi công suất cơ thay đổi như trên, góc θ tăng thêm $\Delta\theta$ sẽ là cho P của máy phát điện giảm, như vậy $P < P_{cơ}$, kết quả là rôto quay nhanh thêm, góc θ càng tăng và máy phát điện sẽ mất đồng bộ với lưới điện.

Từ những điều nói trên ta thấy rằng, khi điều chỉnh công suất tác dụng mà muốn giữ cho máy phát điện làm việc ổn định thì phải có điều kiện sau : $\frac{dP}{d\theta} > 0$.

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 P_{cb} .

Từ các biểu thức trên suy ra được hệ số công suất chỉnh bộ đối với máy cực lồi:

$$P_{cb} = \frac{mUE}{x_d} \cos\theta + mU^2 \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos 2\theta$$

và đối với máy cực ẩn:

$$P_{cb} = \frac{mUE}{x_d} \cos\theta$$

Đường biểu diễn của công suất chỉnh bộ như trên hình 3-14. Ta thấy khi không 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 vào 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 $\theta \approx \theta_m$ 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 trì được đồng bộ, máy phát điện thường làm việc với công suất định mức P_{dm} ứng với $\theta < 30^\circ$.

Như vậy khả năng quá tải của máy phát điện đồng bộ được xác định tỷ số:

$$k_m = \frac{P_m}{P_{dm}}$$

gọi là hệ số năng lực quá tải.

Đối với máy cực ẩn:
$$k_m = \frac{1}{\sin\theta_{dm}}$$

Theo quy định thì cần đảm bảo $k_m > 1,7$ và muốn như vậy thì máy phải có tỷ 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 một số MPĐ làm việc song song

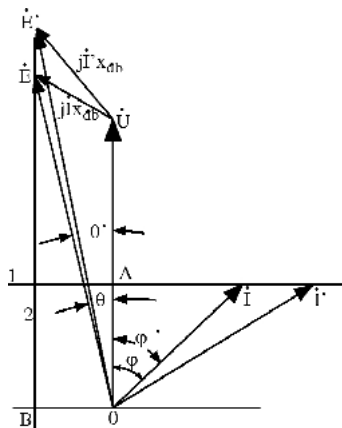
Giả thử có hai máy phát điện công suất bằng nhau làm việc song song. Ở trường hợp này, trong điều kiện tải của lưới điện không đổi, khi tăng công suất tác dụng của một máy mà không giảm tương ứng công suất tác dụng của máy kia thì tần số của lưới điện sẽ thay đổi cho đến khi có sự cân bằng mới và khiến cho hộ dùng điện phải làm việc trong điều kiện tần số khác định mức. Vì vậy, để giữ cho $f = \text{const}$ 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.

2. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CỦA MPĐDB

Ta hãy xét việc điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ làm việc trong lưới điện vô cùng lớn ($U, f = \text{const}$) khi công suất tác dụng của máy được giữ không đổi.

Giả thử máy có cực ẩn và để đơn giản, bỏ qua tổn hao trên dây quấn phần ứng ($r_r = 0$). Trong trường hợp đó, đồ thị vectơ s.đ.đ. có dạng như trên hình 3-15.



Hình 3-15 Điều chỉnh công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ

Vì $P = mUI \cos \varphi \equiv OA$ là không đổi và với điều kiện $U = \text{const}$ nên khi thay đổi Q , mút của vectơ I luôn nằm trên đường thẳng l , thẳng góc với U . Với mỗi trị số của I sẽ có một trị số của $\cos \varphi$ và vẽ đồ thị vectơ s.đ.đ. tương ứng sẽ xác định được độ lớn của vectơ E , từ đó suy ra được dòng điện kích thích i_t cần thiết để sinh ra E . Cũng cần chú ý rằng, $P = mUE \sin \theta / x_d \approx P_1 = \text{const}$, trong đó P, x_d không đổi nên $P \equiv E \sin \theta = OB = \text{const}$ và mút của vectơ E luôn nằm trên đường thẳng 2 thẳng góc với OB .

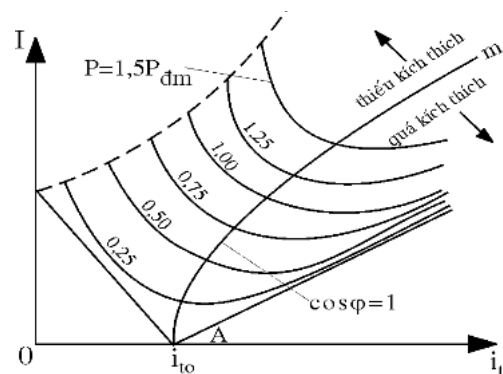
Kết quả phân tích cho thấy rằng, muốn điều chỉnh công suất phản kháng Q thì phải thay đổi dòng điện kích thích i_t của máy phát điện.

Đặc tính hình V

Với mỗi trị số của $P = \text{const}$, thay đổi Q và vẽ đồ thị vectơ s.đ.đ. như trên ta xác định được quan hệ $I = f(i_t)$, còn gọi là đặc tính hình V của máy phát điện đồng bộ. Thay đổi các trị số của P với phương pháp trên sẽ thành lập được một họ các đặc tính hình V như trên hình 3-16.

Trên hình 3-16, đường Am đi qua các điểm cực tiểu của họ đặc tính hình V tương ứng với khi $\cos \varphi = 1$. Khu vực bên phải của đường Am ứng với tải có tính cảm ($\varphi > 0$) và chế độ làm việc là kích thích của máy phát điện còn vực ở bên trái của đường đó ứng có tính dung ($\varphi < 0$) và chế độ làm việc thiếu kích thích của máy. Đường Bn với giới hạn làm việc ổn định với khi máy phát điện làm việc ở chế độ thiếu kích thích.

Ở trên ta xét đối với máy điện cực ẩn, nhưng tất cả những tích đó đều áp dụng được cho máy điện cực lồi.



Hình 3-16. Họ các đặc tính hình V của máy phát điện đồng bộ

quá khu vực làm việc là ứng lưới độ

phát phân phát

Trong trường hợp công suất của lưới điện nhỏ (thí dụ chỉ có hai máy phát điện công suất bằng nhau làm việc song song), nếu tăng dòng điện kích thích i_t của

một máy mà vẫn giữ dòng điện kích thích của máy thứ hai không đổi, thì do công suất phản kháng của máy 1 tăng, tổng công suất phản kháng sẽ tăng là thay đổi điện áp U của lưới điện, ảnh hưởng đến trạng thái làm việc bình thường của hệ dùng điện. Như vậy để duy trì trạng thái làm việc bình thường của lưới điện với $U = \text{const}$, khi tăng dòng điện kích thích của một máy thì phải giảm tương ứng dòng điện kích thích của máy thứ hai. Bằng phương pháp đó sẽ thực hiện được sự phân phối lại công suất phản kháng Q giữa hai máy phát điện.

CÂU HỎI

1. Đặc tính máy phát điện đồng bộ có bao nhiêu ? ý nghĩa, phạm vi ứng dụng của từng đặc tính ?
2. Làm thế nào để điều chỉnh công suất tác dụng và công suất phản kháng của máy phát điện đồng bộ ? Cách điều khiển P và Q trong lưới điện công suất nhỏ và công suất lớn khác nhau ở chỗ nào ?
3. Điều kiện để hòa hai máy phát điện làm việc song song là gì ?
4. Máy phát điện khi hòa đồng bộ với lưới điện mà không thỏa mãn từng điều kiện ghép song song thì hiện tượng gì xảy ra ?
5. 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 ?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI 1

Hai máy phát điện giống nhau làm việc song song có điện trở phần ứng $r_{\text{tr}} = 2,18\Omega$, điện kháng đồng bộ $x_{\text{db}} = 62\Omega$ cùng cung cấp điện cho một tải 1830 kW với $\cos\varphi = 0,83$ (chậm sau). Điện áp đầu cực của tải là 13800 V . Điều chỉnh kích từ của hai máy sao cho một máy có dòng điện phản kháng là 40 A . Tính:

- a) Dòng điện của mỗi máy phát điện.
- b) S.đ.đ. E của mỗi máy và góc pha giữa các s.đ.đ. đó.

Giải

Dòng điện tải có trị số:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos\varphi} = \frac{1830 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 13800 \cdot 0,83} = 92,3 \text{ A}$$

chậm sau điện áp góc $\varphi = \arccos 0,83 = 33^\circ 9'$ và biểu thị dưới dạng phức số như sau:

$$I = 92,3 / \underline{-33^\circ 9'} = 76,8 - j51,4 \text{ A}$$

Vì công suất tác dụng phân phối đều cho hai máy nên dòng điện tác dụng của mỗi máy là $\frac{76,8}{2} = 38,4 \text{ A}$, hơn nữa dòng điện phản kháng của máy A là 40 A ,

do đó: $I_A = 38,4 - j40$

và $I_B = I - I_A = 38,4 - j11,4 \text{ A}$

Ứng với biểu thức (24-6) ta có:

$$E_A = U + I_A(r_u + jx_{db}) = E_A / \underline{\theta}_A$$

$$= \frac{13800}{\sqrt{3}} + (38,4 - j40)(2,18 + j62) = 10720 / \underline{12,22^\circ} \text{V}$$

Cũng như vậy:

$$E_B = U + I_B(r_u + jx_{db}) = E_B / \underline{\theta}_B = 9030 / \underline{15,1^\circ} \text{V}$$

Góc lệch giữa hai s.đ.đ. đó:

$$\theta_A - \theta_B = 15,1^\circ - 12,22^\circ.$$

BÀI TẬP 2

Hai máy phát điện làm việc song song cung cấp điện cho hai tải:

Tải 1: $S_{t1} = 5000 \text{ kVA}$; $\cos \varphi_1 = 0,8$.

Tải 2: $S_{t2} = 3000 \text{ kVA}$; $\cos \varphi_2 = 1$.

Máy phát thứ nhất phát ra $P_1 = 4000 \text{ kW}$; $Q_1 = 2500 \text{ kVAr}$. Tính công suất máy phát thứ hai và hệ số công suất mỗi máy phát.

Gợi ý

Khi hai máy phát làm việc song thì công suất phát ra bằng tổng công suất hai máy. Và hai tải xem như một tải có công suất bằng tổng công suất của hai tải.

Công suất biểu kiến: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Công suất tác dụng: $P = S \cdot \cos \varphi$.

Công suất phản kháng: $Q = S \cdot \sin \varphi$.

BÀI GIẢI

Công suất tác dụng của hai tải:

$$P_t = S_{t1} \cdot \cos \varphi_1 + S_{t2} \cdot \cos \varphi_2 = 5000 \cdot 0,8 + 3000 \cdot 1 = 7000 \text{ (kW)}.$$

Công suất phản kháng của hai tải:

$$Q_t = S_{t1} \cdot \sin \varphi_1 + S_{t2} \cdot \sin \varphi_2 = 5000 \cdot 0,6 + 3000 \cdot 0 = 3000 \text{ (kVAr)}.$$

Công suất tác dụng của máy phát 2:

$$P_2 = P_t - P_1 = 7000 - 4000 = 3000 \text{ (kW)}.$$

Công suất phản kháng của máy phát 2:

$$Q_2 = Q_t - Q_1 = 3000 - 2500 = 500 \text{ (kW)}.$$

Hệ số công suất máy phát 1:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = \frac{4000}{\sqrt{4000^2 + 2500^2}} = 0,848.$$

Hệ số công suất máy phát 2:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{3000}{\sqrt{3000^2 + 500^2}} = 0,986.$$

BÀI TẬP TỰ GIẢI

Bài 1

Hai máy phát điện đồng bộ làm việc song song có phụ tải giống nhau: $I_1 = I_2 = 100 \text{ A}$; $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = 0,8$. Nếu phụ tải không đổi, thay đổi dòng điện kích từ và mômen trên trục động cơ sơ cấp của máy phát điện 1 để tải $I_1' = 100 \text{ A}$, $\cos \varphi_1 = 1$. Hỏi chế độ làm việc của máy phát điện 2 sẽ thay đổi thế nào? Hãy tính trị số I_2' và $\cos \varphi_2$.

ĐS: $I_2' = 134 \text{ A}$; $\cos \varphi_2 = 0,4478$.

Bài 2

Hai máy phát điện đồng bộ làm việc song song cung cấp cho phụ tải động lực $P_1 = 5000 \text{ kW}$, $\cos \varphi_1 = 0,71$ và phụ tải thắp sáng là $P_2 = 3000 \text{ kW}$. Biết rằng máy phát thứ nhất phát ra công suất $P_1 = 6000 \text{ kW}$ và $\cos \varphi_1 = 0,8$. Tìm công suất tác dụng và hệ số công suất của máy thứ hai.

ĐS: $P_{II} = 2000 \text{ kW}$; $\cos \varphi_{II} = 0,97$.

Bài 3

Cho hai máy phát điện đồng bộ nối Y hoàn toàn giống nhau và có $x_{db} = 4,5 \Omega$ làm việc song song. Tải chung ở điện áp $13,2 \text{ kV}$ là 26000 kW , hệ số công suất $\cos \varphi = 0,86$; được phân đều cho hai máy. Nếu thay đổi kích từ để phân phối lại công suất phản kháng sao cho hệ số công suất của một máy $\cos \varphi_1 = 1$ thì lúc đó hệ số công suất $\cos \varphi_2$ của máy kia là bao nhiêu? Tính sức điện động E_0 và góc φ của mỗi máy trong trường hợp đó.

ĐS: $E_1 = 8,04 \text{ kV}$; $\varphi_1 = 18,56^\circ$.

$E_2 = 10,88 \text{ kV}$; $\varphi_2 = 13,63^\circ$.

Bài 4

Cho máy phát đồng bộ ba pha $S_{dm} = 35 \text{ kVA}$, $U_{dm} = 400/230 \text{ V}$, Y/ Δ , $x_{db*} = 1,2$; làm việc trong hệ thống điện với tải cảm định mức $\cos \varphi_{dm} = 0,8$; dòng điện kích từ định mức $I_{tdm} = 25 \text{ A}$. Hãy xác định:

1. Sức điện động E_0 và góc φ .
2. Dòng điện kích từ để máy có $\cos \varphi = 0,9$ khi $P = \text{const}$.
3. Tính $\cos \varphi$ và công suất phản kháng Q khi dòng kích từ $I_t = 30 \text{ A}$.

ĐS: 1/ $E_0 = 453 \text{ V}$; $\varphi = 66^\circ$. 2/ $I_t = 22,2 \text{ A}$. 3/ $\cos \varphi = 0,435$; $Q = 33,6 \text{ kVAR}$.

CHƯƠNG IV : ĐỘNG CƠ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

Mục tiêu:

- Sinh viên hiểu kết cấu các chi tiết chính và các chi tiết hỗ trợ khởi động của động cơ điện đồng bộ
- Hiểu nguyên tắc làm việc và đặc tính của động cơ đồng bộ
- Hiểu nguyên tắc làm việc và các chế độ làm việc của máy bù đồng bộ, cách tính toán công suất bù

I. ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Dại cương

Các động cơ điện đồng bộ có những ưu điểm riêng nên đã được sử dụng rộng rãi hơn trong lĩnh vực truyền động điện. Về ưu điểm, do động cơ điện đồng bộ do được kích thích bằng dòng điện một chiều nên có thể làm việc với $\cos\varphi = 1$ và vì vậy cải thiện được hệ số công suất, 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 còn ít chịu ảnh hưởng đối với sự thay đổi điện áp của lưới điện do mômen của động cơ điện đồng bộ chỉ tỷ lệ với U trong khi mômen của động cơ không đồng bộ tỷ 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 vì 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 phải có 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 $\cos\varphi$ về giá thành và tổn hao năng lượng dẫn đến kết luận là khi $P_{dm} > 200 \div 300$ kW, nên dùng động cơ đồng bộ ở những nơi nào không cần thường xuyên mở máy và điều chỉnh tốc độ. Khi $P_{dm} > 300$ kW dùng động cơ đồng bộ với $\cos\varphi_{dm} = 0,9$ và khi $P_{dm} > 1000$ kW dùng động cơ đồng bộ với $\cos\varphi_{dm} = 0,8$ là có lợi hơn dùng động cơ không đồng bộ.

1. CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐCĐB

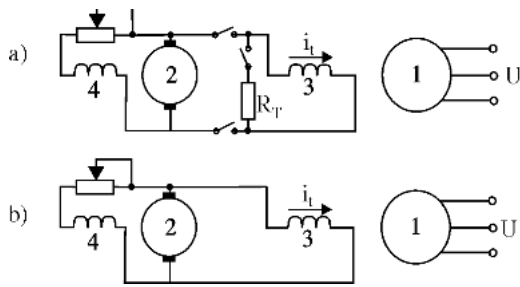
a. Mở máy theo phương pháp không đồng bộ

Các động cơ điện 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 vòng 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 hoặc lớn hơn do sử dụng điện áp cao

và có khi tới hàng nghìn kilôoat. 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 rôto 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.



Hình 4-1. 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. phần ứng động cơ đồng bộ
2. phần ứng máy kích thích
3. dây quấn kích từ của động cơ đồng bộ
4. dây quấn kích từ của máy kích thích

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.

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 rôto và sinh ra mômen cản lớn khiến cho tốc độ quay của rôto không thể vượt quá tốc độ bằng một nửa 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 nghịch với chiều quay của rôto với tốc độ tương đối so với rôto $n_1 - n$, trong đó n_1 - tốc độ từ trường quay của rôto và n - tốc độ của rôto.

Từ trường quay thuận có tốc độ so với dây quấn phần tĩnh:

$$n_{th} = n + (n_1 - n) = n_1$$

nghĩa là quay đồng bộ với từ trường quay của stato. Tác dụng của nó với từ trường quay của stato tạo nên mômen không đồng bộ và hỗ trợ với mômen không đồng bộ do dây quấn mở máy sinh ra và có dạng như đường 1 trên hình 4.2

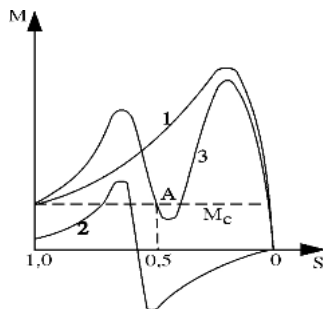
Từ trường quay ngược có tốc độ so với dây quấn phần tĩnh:

$$n_{ng} = n - (n_1 - n) = 2n - n_1 = 2n_1(1 - s) - n_1 = n_1(1 - 2s)$$

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



Hình 4-2. Đường cong mômen của động cơ đồng bộ mở máy không đồng bộ với dây quấn kích từ bị nối ngắn mạch

của rôto $n < n_1/2$ thì từ trường quay ngược quay so với dây quấn phần tĩnh theo chiều ngược so với chiều quay của rôto. Tác dụng của nó với dòng điện phần tĩnh tần số f sẽ sinh ra mômen phụ cùng dấu và hỗ trợ với mômen không đồng bộ do từ trường quay thuận tác dụng với dây quấn mở máy (đường 2 trên hình 4-2). 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 $0 < s < 0,5$ ($n > n_1/2$), thì từ trường quay ngược sẽ quay cùng chiều với chiều quay rôto. Tác dụng của nó với dòng điện phần tĩnh tần số f lúc đó sinh ra mômen phụ trái dấu với mômen không đồng bộ do từ trường quay thuận, do đó có tác dụng như mômen hãm.

Kết quả là khi dây quấn kích từ bị nối ngắn mạch, đường biểu diễn mômen của động cơ trong quá trình mở máy tổng của các đường 1 và 2 có tác dụng như đường 3 trên hình 4-2. Rõ ràng làm khi mômen cản M_c trên trục động cơ đủ lớn thì rôto sẽ làm việc ở điểm A ứng với tốc độ $n \approx n_1/2$ và không thể đạt được đến tốc độ gần tốc độ đồng bộ.

Khi rôto đã quay đến tốc độ $n \approx n_1$, có thể tiến hành giai đoạn thứ hai của quá trình mở máy: đóng dây quấn kích từ với điện áp một chiều của máy kích thích. Lúc đó ngoài mômen không đồng bộ tỷ lệ với hệ số trượt s và mômen gia tốc tỷ lệ với ds/dt sẽ có mômen đồng bộ phụ thuộc vào góc θ cùng tác dụng. Do rôto chưa quay đồng bộ nên góc luôn thay đổi. Khi $0 < \theta < 180^\circ$ thì mômen đồng bộ sẽ cộng tác dụng với mômen không đồng bộ làm tăng thêm tốc độ quay của rôto và như vậy rôto sẽ được lôi vào tốc độ đồng bộ sau một quá trình dao động.

Kinh nghiệm cho biết để đảm bảo cho rôto 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

$$\text{sau: } s < 0,04 \sqrt{\frac{k_m}{GD^2} \frac{P_{dm}}{n_{dm}^2} \frac{i_{tdb}}{i_{tdm}}}$$

trong đó: k_m - năng lực quá tải

ở chế độ đồng bộ với dòng điện kích từ định mức i_{tdm} .

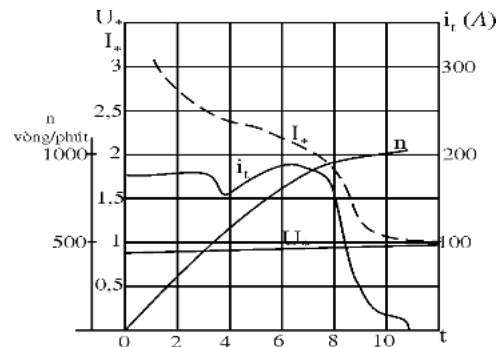
P_{dm} - công suất định mức, kW;

i_{tdb} - dòng điện kích từ khi đồng bộ hóa;

GD^2 - mômen động lượng của động cơ và máy công tác nối trục với nó, kGm^2 .

b. Mở máy trực tiếp

Rô to vẫn cấu tạo như trên. 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_1 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 4-1b như thường gặp gần đây. Như vậy trong dây quấn phần ứng của máy kích từ sẽ có dòng điện xoay chiều nhưng điều



Hình 4-3. Quan hệ $U, I, I_t, n = f(t)$ khi mở máy động cơ đồng bộ 1500 kW theo sơ đồ hình 4-1

đó không gây ra tác hại gì. Khi rôto đạt đến tốc độ quay $n = (0,6 \div 0,7)n_{dm}$, máy kích thích bắt đầu cung cấp dòng điện kích từ cho động cơ điện đồng bộ, nhờ đó mà lúc đến 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 4-1b* 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:

$$I_n = \frac{(1-s)E}{\sqrt{r_r^2 + (1-s)^2 x_d^2}}$$

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:

$$P_n = mI_n^2 r_r$$

và kết quả là trên trục động cơ điện sẽ có thêm mômen cản.

$$M_c = \frac{pP_n}{\omega}$$

khiến cho quá trình kéo 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 4-1b* áp dụng được tốt khi mômen cản trên trục động cơ điện $M_c = (0,4 \div 0,5)M_{dm}$. Chỉ khi dây quấn mở máy được thiết kế hoàn hảo mới cho phép mở máy như trên với $M_c = M_{dm}$. 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 rãi.

Hình 4-3 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 ($P_{dm} = 1500 \text{ kW}$; $U_{dm} = 6 \text{ kV}$; $n_{dm} = 1000 \text{ vg/ph}$) trực tiếp với điện áp định mức theo sơ đồ trên *hình 4-1b*.

c. Các phương pháp mở máy khác

- ✓ *Mở máy theo phương pháp hòa đồng bộ.*

Các điều kiện hòa đồng bộ đối với động cơ đồng bộ hoàn toàn giống như của máy phát điện đồng bộ. Trường 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 máy làm việc như động cơ điện để quay động cơ đồng bộ đến tốc độ đồng bộ).

- ✓ *Mở máy ĐCĐB bằng nguồn có tần số thay đổi*

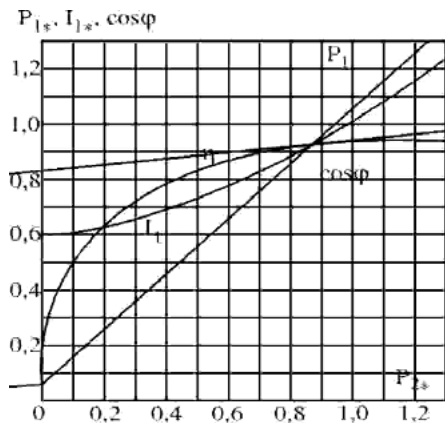
Trong một số trường hợp có thể mở máy động cơ điện đồng bộ bằng nguồn có tần số thay đổi. Muốn vậy động cơ đồng bộ phải lấy điện từ một máy phát điện riêng có tần số điều chỉnh được từ không đến tần số định mức trong quá trình mở máy. Như vậy động cơ được quay đồng bộ với máy phát ngay từ lúc tốc độ còn rất

thấp. Cần chú ý rằng trong trường hợp này, dòng điện kích thích của cả động cơ và máy phát điện đều phải do nguồn điện một chiều riêng cung cấp.

2. CÁC ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ

Các đặc tính của động cơ điện đồng bộ làm việc với dòng điện kích từ $i_t = \text{const}$ trong lưới điện có $U, f = \text{const}$ bao gồm các quan hệ $P_1; I_1; \eta; \cos\varphi = f(P_2)$ có dạng như trình bày trên hình 4-4.

Cũng giống như máy phát điện đồng bộ, động cơ điện đồng bộ thường làm việc với góc $\theta = 20^\circ \div 30^\circ$.



Hình 4-4. Đặc tính làm việc của động cơ điện đồng bộ $P_{\text{âm}} = 500 \text{ kW}; 600 \text{ V}; 50 \text{ Hz}; 600 \text{ vg/ph}; \cos = 0,8$ (quá kích thích)

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 lập đặc tính này của động cơ đồng bộ hoàn toàn giống như của máy phát điện đồng bộ. Ta thấy rằng khi kích thích thiếu, 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. Vì 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 $\cos\varphi$ của lưới điện.

II. MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

1. ĐẠI CƯƠNG

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 quy định của lưới điện ở khu vực tập trung hộ dùng điện.

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 điện áp mở máy, hoặc dùng động cơ không đồng bộ rôto dây quấn để kéo máy bù đồng bộ đến tốc độ đồng bộ. Trục của máy bù đồng bộ có thể nhỏ vì không kéo tải cơ. Cũng do mômen cản trên trục nhỏ (chủ yếu chỉ do ma sát 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 làm giảm s.đ.đ. và dây quấn kích từ khiến cho kích thước máy nhỏ hơn.

2. CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

➤ Chế độ quá kích thích

Chế độ làm việc bình thường (giờ cao điểm) của máy bù đồng bộ là chế độ *quá kích thích* (tăng kích từ) 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 làm tăng $\cos \varphi$ và bù điện áp rơi trên lưới điện, được gọi là máy phát công suất phản kháng.

➤ Chế độ thiếu kích thích

Khi tải của các hộ dùng điện giảm, ví dụ về đêm hoặc vào những giờ thấp điểm, điện áp của lưới tăng thì cho máy bù đồng bộ làm việc ở *chế độ thiếu kích thích* (giảm dòng kích từ), tiêu thụ công 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 quy 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.

3. CÔNG SUẤT MÁY BÙ VÀ KHẢ NĂNG BÙ CỦA MBĐB

Công suất định mức của máy bù đồng bộ được quy định ứng với chế độ làm việc quá kích thích có trị số:

$$S_{\text{đm}} = m U_{\text{đm}} I_{\text{đm}}$$

Khi làm việc ở chế độ thiếu kích thích tối đa, nghĩa là ứng với khi $i_t = 0$ và $E = 0$, công suất của máy bằng:

$$S' = m U_{\text{đm}} I'$$

Nếu bỏ qua các tổn hao thì:

$$I' = \frac{E - U_{\text{đm}}}{jX_d} = j \frac{U_{\text{đm}}}{X_d}$$

Vậy:
$$S' = m \frac{U_{\text{đm}}^2}{X_d}$$

So sánh công suất đó với công suất định mức có:

$$\frac{S'}{S_{\text{đm}}} = \frac{U_{\text{đm}}}{I_{\text{đm}} X_d} = \frac{1}{X_{d*}}$$

Đây chính là thông số đặc trưng *khả năng bù của máy bù đồng bộ*

Thông thường đối với máy bù đồng bộ $X_{d*} = 1,5 \div 2,2$; $S'/S_{\text{đm}} = 0,45 \div 0,67$ và các trị số này có thể đáp ứng yêu cầu về vận hành. Trong một số trường hợp cần tăng trị số của S' thì phải giảm X_{d*} bằng cách tăng khe hở và điều này khiến cho giá thành của máy cao hơn. Để được kinh tế hơn, có thể thực hiện chế độ kích thích âm, khi đó $E < 0$, kết quả là I' sẽ tăng khiến cho S' lớn hơn lên.

CÂU HỎI

1. Nêu các phương pháp mở máy động cơ điện đồng bộ? giải thích?
2. các đặc tính làm việc của ĐCĐDB? Giải thích?
3. kết cấu và nguyên tắc làm việc của máy bù? Tính công suất và khả năng bù của máy bù?

BÀI TẬP ỨNG DỤNG

BÀI TẬP 1

Một máy phát điện đồng bộ cung cấp cho hộ tiêu thụ một công suất $2500 + j3000 \text{ kVA}$ với điện áp $6,3 \text{ kV}$. Xác định tổng tổn hao trên đường dây và trong máy phát, biết rằng điện trở một pha của đường dây $r_d = 0,15 \Omega$, của máy phát $r_r = 0,045 \Omega$.

Nếu đặt thêm một máy bù đồng bộ với công suất bù là $30 - j3000 \text{ kVA}$ thì tổng tổn hao trên là bao nhiêu?

Giải

Công suất của tải:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2500^2 + 3000^2} = 3910 \text{ kVA.}$$

Dòng điện tải khi chưa bù:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{3910}{\sqrt{3} \times 6,3} = 360 \text{ A.}$$

Hệ số công suất khi chưa bù:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{2500}{3910} = 0,64.$$

Tổng tổn hao khi chưa bù:

$$\Sigma p' = 3I^2(r_d + r_r) = 3 \times 360^2(0,15 + 0,045) = 75,2 \text{ kW.}$$

Công suất của máy khi có bù:

$$S' = S + S_{\text{bù}} = (2500 + j3000) + (30 - j3000) = 2530 \text{ kW.}$$

Dòng điện tương ứng:

$$I' = \frac{S'}{\sqrt{3} U} = \frac{2530}{\sqrt{3} \times 6,3} = 233 \text{ A}$$

Tổng tổn hao khi có máy bù:

$$\Sigma p' = 3I'^2(r_d + r_r) = 3 \times 233^2(0,15 + 0,045) = 31,5 \text{ kW.}$$

Hệ số công suất khi có bù:

$$\cos \varphi' = 1 \text{ vì } Q' = 0.$$

BÀI TẬP 3

Một nhà máy tiêu thụ công suất điện $P_1 = 700 \text{ kW}$ với $\cos \varphi = 0,7$. Nhà máy có thêm một tải cơ với công suất cơ 100 kW . Để kéo tải và nâng cao $\cos \varphi$ nên cần chọn một động cơ đồng bộ có hiệu suất $\eta = 0,88$. Xác định công suất biểu kiến S_{dm} của động cơ để nâng cao hệ số công suất đạt $0,8$.

Gợi ý

Khi chọn công suất động cơ cần xác định công suất biểu kiến theo công thức:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} .$$

Trong đó P là công suất điện được suy ra từ công suất cơ:

$$P = \frac{P_{cơ}}{\eta}$$

Và Q là công suất phản kháng cần thiết của động cơ đồng bộ để đảm bảo hệ số công suất bằng 0,8 theo yêu cầu: $Q_{\Sigma} = P_{\Sigma} \cdot \operatorname{tg} \varphi$.

Suy ra công suất phản kháng động cơ đồng bộ: $Q = Q_{\Sigma} - Q_{tái}$.

BÀI GIẢI

Công suất điện động cơ đồng bộ tiêu thụ:

$$P_d = \frac{P_{cơ}}{\eta} = \frac{100}{0,88} = 113,6 \quad (\text{kW}).$$

Công suất phản kháng trước khi có động cơ đồng bộ:

$$Q_t = P_t \cdot \operatorname{tg} \varphi = 700 \cdot 1,02 = 714 \quad (\text{kVAr}).$$

Với : $\cos \varphi = 0,7$ suy ra $\operatorname{tg} \varphi = 1,02$

Khi có động cơ đồng bộ, yêu cầu hệ số công suất nhà máy $\cos \varphi_2 = 0,8$

Suy ra $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,75$.

Do đó, công suất tác dụng của nhà máy khi có động cơ đồng bộ:

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_d = 700 + 113,6 = 813,6 \quad (\text{kW}).$$

Công suất phản kháng của nhà máy khi có động cơ đồng bộ:

$$Q_{\Sigma} = P_{\Sigma} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 813,6 \cdot 0,75 = 610 \quad (\text{kVAr}).$$

Từ đó suy ra công suất phản kháng của động cơ đồng bộ:

$$Q_d = Q_{\Sigma} - Q_t = 610 - 714 = -104 \quad (\text{kVAr}).$$

Dấu “trừ” ở kết quả đã tính chứng tỏ động cơ đồng bộ phát ra công suất phản kháng.

Vậy công suất biểu kiến của động cơ đồng bộ:

$$S_d = \sqrt{P_d^2 + Q_d^2} = \sqrt{113,6^2 + 104^2} = 154 \quad (\text{kVA}).$$

Và cần chọn động cơ có dung lượng định mức thỏa điều kiện:

$$S_{đm} \geq 154 \quad (\text{kVA}).$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Gia Hanh – Trần Khánh Hà – Phan Tử Thụ – Nguyễn Văn Sáu
Máy điện 1,2
NXB Khoa học Kỹ thuật – Hà Nội -2003
2. Đặng Văn Thành – Phạm Thị Nga
Máy điện 1 , 2 (*hệ cao đẳng*)
Bộ môn Cs Kỹ thuật điện, Đại học SPKT-TP.HCM – 2003
3. Nguyễn Hữu Phúc
Kỹ thuật điện 2
NXB Đại học Quốc gia TP.HCM -2003
4. Nguyễn Trọng Thắng – Ngô Quang Hà
Máy điện
Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM -2003
5. Charles L. Hubert
Electric machines
New Jersey Columbus, Ohio - 2002

MỤC LỤC

PHẦN 1. MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

CHƯƠNG I. KẾT CẤU VÀ NGUYÊN LÝ MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

I. KẾT CẤU CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC, PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG ÁP CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not de**

III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC **Error! Bookmark not defined.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP ỨNG DỤNG **Error! Bookmark not defined.**

CHƯƠNG 2. DÂY QUẤN PHẦN ỨNG CỦA MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

I. KHÁI NIỆM CHUNG

II. DÂY QUẤN XẾP ĐƠN

III. CÁC LOẠI DÂY QUẤN KHÁC

Error! Bookmark not defined.

CHƯƠNG III. TỪ TRƯỜNG VÀ QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU . **Error! Bookmark not defined.**

I. SỨC ĐIỆN ĐỘNG (S.ĐĐ) CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

II. MÔMEN ĐIỆN TỪ VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN TỪ **Error! Bookmark not defined.**

III. QUÁ TRÌNH BIẾN ĐỔI NĂNG LƯỢNG **Error! Bookmark not defined.**

IV. TÍNH CHẤT THUẬN NGHỊCH TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

V*. TỪ TRƯỜNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG TRONG MĐIC **Error! Bookmark not defined.**

VI*. ĐỔI CHIỀU, TIA LỬA ĐIỆN TRÊN VÀNH GÓP VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC **Error! Bookmark not defined.**

CHƯƠNG 4: MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.

I. CÁC LOẠI MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

II. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

III. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU LÀM VIỆC SONG SONG **Error! Bookmark not defined.**

CHƯƠNG V: ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.

I. CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

II. MỞ MÁY ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

III. ĐẶC TÍNH CƠ VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

IV. ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU **Error! Bookmark not defined.**

PHẦN 2 - MÁY BIẾN ÁP

CHƯƠNG 1- KHÁI NIỆM VỀ MÁY BIẾN ÁP **Error! Bookmark not defined.**

Error! Bookmark not defined.

I. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

II. KẾT CẤU MÁY BIẾN ÁP

III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC

CHƯƠNG 2. TỔ NỐI DÂY VÀ MẠCH TỪ CỦA MÁY BIẾN **Error! Bookmark not defined.**

.66

I. TỔ NỐI DÂY MBA

II. MẠCH TỪ MBA

CHƯƠNG 3. CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY BIẾN ÁP... **Error! Bookmark not defined.**

I. CÁC PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN

II.MẠCH ĐIỆN THAY THẾ MBA	
III. ĐỒ THỊ VẾT TỖ MBA	
IV.XÁC ĐỊNH THAM SỐ MBA	
CHƯƠNG 4. MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC Ở TẢI XÁC LẬP ĐỐI XỨNG.....	
.81	
I.QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG TRONG MBA	
II.ĐỘ THAY ĐỔI ÁP VÀ CÁCH ĐIỀU CHỈNH.....	
82	
III.HIỆU SUẤT MBA.....	
... 83	
IV.MÁY BIẾN ÁP LÀM VIỆC SONG SONG	
.84	
PHẦN 3.LÝ LUẬN CHUNG CỦA MÁY ĐIỆN QUAY	
CHƯƠNG 1. DÂY QUẤN PHẦN ỨNG CỦA MÁY ĐIỆN QUAY.....	
.92	
I.KHÁI NIỆM CHUNG	
II.DÂY QUẤN 3 PHA CÓ Q LÀ SỐ NGUYÊN.....	
.94	
III.DÂY QUẤN 3 PHA CÓ Q LÀ PHÂN SỐ.....	
.96	
CHƯƠNG 2.SỨC ĐIỆN ĐỘNG TRONG MÁY ĐIỆN QUAY	
I.SỨC ĐIỆN ĐỘNG TRONG DÂY QUẤN MĐXC.....	
99	
II.CÁC PHƯƠNG PHÁP CẢI THIỆN DẠNG SÓNG S.Đ.Đ.....	
101	
CHƯƠNG 3.SỨC TỪ ĐỘNG TRONG DÂY QUẤN MĐXC.....	
106	
I.SỨC TỪ ĐỘNG DÂY QUẤN 1 PHA	
II.SỨC TỪ ĐỘNG DÂY QUẤN 3 PHA	
III.QUAN HỆ GIỮA S.T.Đ 1 PHA VÀ 3 PHA	
PHẦN IV. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	
CHƯƠNG 1.ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	
116	
I.CẤU TẠO	
II.NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC	
III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC	
CHƯƠNG 2. CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MĐ KĐ B.....	
.121	
I. MÁY ĐIỆN KĐ9B LÀM VIỆC KHI RÔ TO ĐỨNG YÊN	
II.MÁY ĐIỆN KĐB LÀM VIỆC KHI RÔ TO QUAY	
III. GIẢN ĐỒ NĂNG LƯỢNG VÀ ĐỒ THỊ VẾT TỖ	
IV.MÔ MENT ĐIỆN TỬ	
V.CÁC ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC KHÁC CỦA ĐCKĐB	
VI.ĐCĐ KĐ B LÀM VIỆC TRONG ĐIỀU KIỆN KHÁC ĐỊNH MỨC	
CHƯƠNG 3.MỞ MÁY VÀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ DD9CKD9B.....	...
134	
I.QUÁ TRÌNH MỞ MÁY D9CKD9B	

- II.CÁC PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY
- III.ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ D9C KD9B
- IV.HÃM ĐỘNG CƠ

CHƯƠNG IV.ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ 1 PHA
145

- I.NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC
- II.PHƯƠNG PHÁP MỞ MÁY ĐỘNG CƠ K Đ B 1 PHA

PHẦN V: MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

..... 14**Error! Bookmark not defined.**

CHƯƠNG 1 : ĐẠI CƯƠNG VỀ MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

- I. KẾT CẤU CHUNG CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**
- II. NGUYÊN TẮC LÀM VIỆC CƠ BẢN
- III. CÁC TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**

CHƯƠNG 2: CÁC QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**

- I. TỪ TRƯỜNG CỦA DÂY QUẤN KÍCH THÍCH..... **Error! Bookmark not defined.**
- II.TỪ TRƯỜNG CỦA PHẦN ỨNG VÀ PHẢN ỨNG PHẦN ỨNG
- III. PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VÉCTƠ CỦA MĐĐB..... **Error! Bookmark not defined.**
- IV. CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG TRONG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**
- V. CÁC ĐẶC TÍNH GÓC CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG 3 : MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**

- I.ĐẶC TÍNH CỦA MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**
- II. MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ LÀM VIỆC SONG SONG
- III. ĐIỀU CHỈNH CÔNG SUẤT CỦA MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG IV :ĐỘNG CƠ VÀ MÁY BÙ ĐỒNG BỘ..... **Error! Bookmark not defined.**

- I.ĐỘNG CƠ ĐIỆN ĐỒNG BỘ
- II. MÁY BÙ ĐỒNG BỘ

TÀI LIỆU THAM KHẢO.....

.202

MỤC LỤC.....

203