

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2008

**TÌM HIỂU ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.
NÊU CÁC ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP**

HẢI PHÒNG - 2017

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2008

**TÌM HIỂU ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.
NÊU CÁC ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP**

Sinh viên: Vũ Mạnh Cường

Người hướng dẫn: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG - 2017

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Vũ Mạnh Cường – MSV : 1312102024

Lớp : ĐC1701- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Tìm hiểu động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Nêu các địa chỉ ứng dụng của động cơ

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp

.....

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn
Học hàm, học vị : GS.TSKH
Cơ quan công tác : Trường Đại học dân lập Hải Phòng
Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :
Học hàm, học vị :
Cơ quan công tác :
Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2017

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2017

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Vũ Mạnh Cường

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2017

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS. NGUYỄN TRẦN HỮU NGHỊ

PHẦN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của Đ.T.T.N (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận thực tiễn, tính toán giá trị sử dụng, chất lượng các bản vẽ..)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Cho điểm của cán bộ hướng dẫn

(Điểm ghi bằng số và chữ)

Ngày.....tháng.....năm 2017

Cán bộ hướng dẫn chính

(Ký và ghi rõ họ tên)

NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ CỦA NGƯỜI CHẤM PHẢN BIỆN

ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

1. Đánh giá chất lượng đề tài tốt nghiệp về các mặt thu thập và phân tích số liệu ban đầu, cơ sở lý luận chọn phương án tối ưu, cách tính toán chất lượng thuyết minh và bản vẽ, giá trị lý luận và thực tiễn đề tài.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Cho điểm của cán bộ chấm phản biện

(Điểm ghi bằng số và chữ)

Ngày.....tháng.....năm 2017

Người chấm phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1.....	2
CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.	2
1.1. KHÁI NIỆM MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.....	2
1.2. PHÂN LOẠI MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.....	2
1.3. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ CÓ CUỘN KÍCH TỪ.....	3
1.3.2. Nguyên lý hoạt động.	4
1.3.3. Tính chất của máy đồng bộ có cuộn kích từ.....	5
1.3.3.1. Sơ đồ thay thế máy điện đồng bộ có cuộn kích từ.	5
1.3.3.2. Các đặc tính của máy điện đồng bộ có cuộn kích từ.	6
1.3.3.3. Phản ứng phản ứng của máy phát điện đồng bộ.	10
1.4. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.....	13
1.4.1 Cấu tạo.	13
1.4.1.1 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực lõi.....	14
1.4.1.2 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn.....	16
1.4.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ PMSM.....	18
1.4.3. Tính chất của động cơ PMSM.	18
1.4.3.1. Mô hình toán của PMSM.	18
1.4.3.2. Khởi động động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.	20
1.4.3.3. So sánh giữa động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.....	27

1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1.....	28
CHƯƠNG 2.....	30
ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.	30
2.1. KHÁI NIỆM	30
2.2. CÁC LOẠI CẢM BIẾN ĐO TỐC ĐỘ.....	30
2.2.1. Máy phát tốc.	30
2.2.2. Encoder.	31
2.2.3. Resolver (bộ giải mã) thiết bị phân tích.	34
2.3.2. Bộ điều khiển dải trễ.....	37
2.3.3. Bộ điều chỉnh PWM.....	40
2.3.4. Biến tần.	41
2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	43
CHƯƠNG 3.....	44
ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ PMSM.....	44
3.1. MỞ ĐẦU.	44
3.2. CÁC ỨNG DỤNG CỦA PMSM.	45
3.3. MỘT VÀI VÍ DỤ ỨNG DỤNG PMSM.	45
3.3.1. Ứng dụng cho ô tô điện [3].	45
3.3.2. Ứng dụng cho máy nén khí.	47
3.3.3. Ứng dụng cho đầu máy toa xe.....	48
KẾT LUẬN	49
TÀI LIỆU THAM KHẢO	50

LỜI MỞ ĐẦU

Máy điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu là thiết bị điện sử dụng rộng rãi trong công nghiệp và có rất nhiều ưu điểm so với các loại động cơ khác đang sử dụng cho truyền động điện xoay chiều. Hơn thế nữa, để vận hành tốt các loại máy điện đòi hỏi phải có đội ngũ kỹ sư có trình độ chuyên môn cao. Là sinh viên ngành điện tự động công nghiệp, em hiểu được vai trò quan trọng của máy điện trong thời kì công nghiệp hóa – hiện đại hóa như ngày nay. Trong đợt tốt nghiệp này em được thầy giáo GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn đồ án tốt nghiệp với đề tài: “ **Tìm hiểu động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Nêu các địa chỉ ứng dụng của động cơ** ”.

Đề tài gồm 3 chương:

Chương 1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ đồng bộ.

Chương 2. Điều khiển động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

Chương 3. Địa chỉ ứng dụng của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

CHƯƠNG 1.

CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.

1.1. KHÁI NIỆM MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.

Máy điện đồng bộ là loại máy điện xoay chiều có tốc độ quay của rotor bằng tốc độ quay của từ trường. Hầu hết các máy điện đồng bộ làm việc như máy phát có tần số 50Hz hoặc 60Hz. Máy điện đồng bộ cũng có thể làm việc như động cơ đồng bộ công suất lớn. Máy điện đồng bộ còn được dùng làm máy bù đồng bộ nhằm cải thiện hệ số công suất của lưới điện một xí nghiệp hay một nhà máy.

Sự khác nhau cơ bản giữa máy điện đồng bộ và không đồng bộ là ở phương pháp kích thích tạo ra từ trường chính cho máy. Ở máy điện đồng bộ từ trường chính được sinh ra do dòng điện một chiều chạy qua cuộn dây kích từ, do đó máy đồng bộ không cần lấy công suất phản kháng từ lưới điện xoay chiều; còn máy điện không đồng bộ phải lấy công suất kháng từ lưới điện xoay chiều hoặc từ tụ điện để tạo ra từ trường chính (từ trường quay).

1.2. PHÂN LOẠI MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ.

Máy điện đồng bộ phân loại theo mạch kích từ được chia thành:

- Máy điện đồng bộ có cuộn kích từ

Động cơ có cuộn kích từ, còn được gọi là động cơ từ trở thay đổi, gồm rotor thép có các răng, kiểu cực lồi. Chính các răng này sẽ khóa rotor với từ trường stator và làm rotor quay với tốc độ đồng bộ.

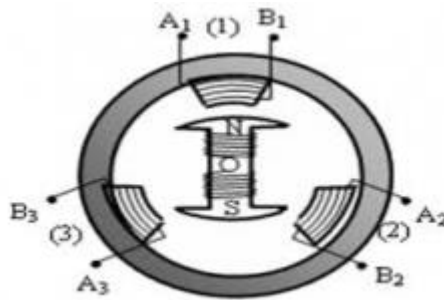
- Máy điện đồng bộ không có cuộn kích từ (động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu)

Động cơ không có cuộn kích từ tên gọi là động cơ nam châm vĩnh cửu không chổi quét. Thiết kế này sử dụng một rotor có chứa các nam châm

vĩnh cửu. Các nam châm này có thể được lắp trên bề mặt hoặc ráp ở phía trong. Các nam châm vĩnh cửu là các cực lõi và giúp loại bỏ sự trượt.

1.3. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ CÓ CUỘN KÍCH TỪ.

1.3.1. Cấu tạo.



Hình 1.1 Máy điện đồng bộ có cuộn kích từ

❖ **Stato:** gồm vỏ lõi và dây quấn.

- Vỏ làm bằng thép đúc, có nhiệm vụ bảo vệ mạch từ và cùng với tấm chắn để bắt chặt tất cả các phần khác vào máy. Trên vỏ có gắn biển máy.

- Lõi stato: được chế tạo hoàn toàn giống như lõi stato của máy điện dị bộ dây quấn phản ứng như dây quấn 3 pha (stato, hay roto) của máy điện dị bộ.

❖ **Roto:** nếu phần quay là phần cảm (đặt cuộn kích từ) thì nó gồm: lõi và dây quấn. Trong trường hợp này roto có hai loại: cực lõi và cực ản.

- Loại cực lõi: thì trục ngang (q) vuông góc 90 độ với trục dọc. Dây quấn được quấn xung quanh cực từ. Ở máy lớn thì trên cực còn xẻ rãnh để đặt cuộn ổn định (MF) hay cuộn khởi động (ĐC). Ở máy cực hiện thì tốc độ quay thấp (nếu cao sẽ không đảm bảo độ bền cơ khí).

- Loại cực ản: người ta xẻ rãnh ở 2/3 chu vi roto. khi đó trục của rãnh lớn gọi là trục dọc (d). Rôto của loại cực ản thường làm bằng thép chất lượng cao để đảm bảo lực ly tâm (vì cực ản thường có số cặp cực p bằng 1 nên vòng dây quay lớn) khi tốc độ lớn.

Ngoài ra, trên roto còn đặt vành trượt và chổi than.

- Sự phân bố cảm ứng từ trong khe khí phụ thuộc vào hình dạng phần cuối của cực từ. Vậy nên khe khí trong máy cực lõi sẽ được chế tạo như sau: độ rộng khe khí sẽ được tăng dần theo chiều rộng của mặt cực.

- Khe khí của máy đồng bộ lớn hơn nhiều so với máy dị bộ vì ở máy dị bộ khe khí phải giảm nhỏ để giảm dòng không tải. Khe khí máy đồng bộ khoảng 0,5 - 5mm.

1.3.2. Nguyên lý hoạt động.

Trên hình 1.1 biểu diễn sơ đồ máy phát điện đồng bộ 3 pha 2 cực. Cuộn dây phần ứng đặt ở stator còn cuộn dây kích từ đặt ở rotor. Cuộn dây kích từ được nối với nguồn dòng một chiều qua hệ thống chổi than.

Để nhận được điện áp 3 pha, trên chu vi stator đặt 3 cuộn dây cách nhau 120° và được nối sao. Dòng điện một chiều tạo ra từ trường không đổi. Bây giờ ta gắn vào trục roto một động cơ lai và quay với tốc độ n . Ta được một từ trường quay tròn có từ thông khép kín qua rotor, cực từ và lõi thép stator (hình 1.1).

Từ thông của từ trường quay cắt các thanh dẫn phần ứng, làm xuất hiện trong 3 cuộn dây 3 sđđ:

$$E_A = E_m \sin \omega t;$$

$$E_B = E_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$E_C = E_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3});$$

Trong đó tần số biến thiên của các sđđ $\omega = 2\pi f$. Nếu số cặp cực là p thì tần số biến thiên f của dòng điện sẽ là:

$$f = \frac{np}{60} \text{ Hz (1.1)}$$

Nhận thấy tần số biến thiên của dòng điện phụ thuộc vào tốc độ quay của rotor và số đôi cực.

Nếu bây giờ tải 3 pha của máy điện bằng 3 tải đối xứng, sẽ có dòng 3 pha đối xứng.

Theo nguyên lý tạo từ trường quay nên trong máy phát đồng bộ lúc này cũng xuất hiện từ trường quay mà tốc độ chính xác bằng biểu thức:

$$n_{tt} = \frac{60f}{p} \quad (1.2)$$

Thay (1.1) vào (1.2) ta được $n = n_{tt}$. Như vậy, ở máy điện đồng bộ, tốc độ quay của rotor và tốc độ quay của từ trường bằng nhau. Hai từ trường này ở trạng thái nghỉ với nhau.

1.3.3. Tính chất của máy đồng bộ có cuộn kích từ.

1.3.3.1. Sơ đồ thay thế máy điện đồng bộ có cuộn kích từ.

Để nghiên cứu, phân tích các quá trình điện từ xảy ra bên trong động cơ và xây dựng các đặc tính cơ của chúng, người ta thường sử dụng sơ đồ thay thế một pha với các giả thiết sau:

- Ba pha của động cơ là đối xứng, điện áp nguồn hoàn toàn hình sin đối xứng.
- Các thông số của động cơ là không đổi (nghĩa là phụ thuộc vào nhiệt độ, điện trở là hằng số, mạch từ không bão hòa nên điện kháng cũng không đổi).
- Dòng điện một chiều kích từ không thay đổi.
- Bỏ qua các hao tổn cơ và hao tổn phụ.
- Bỏ qua ảnh hưởng của từ trường bậc cao trong máy.
- Khi mô tả các đại lượng điện áp và dòng điện ở dạng các vectơ phức, ta có phương trình điện áp cho mỗi pha của động cơ đồng bộ như sau:

$$U = E + I(R + jX) \quad (1.3)$$

Trong đó :

U – điện áp pha

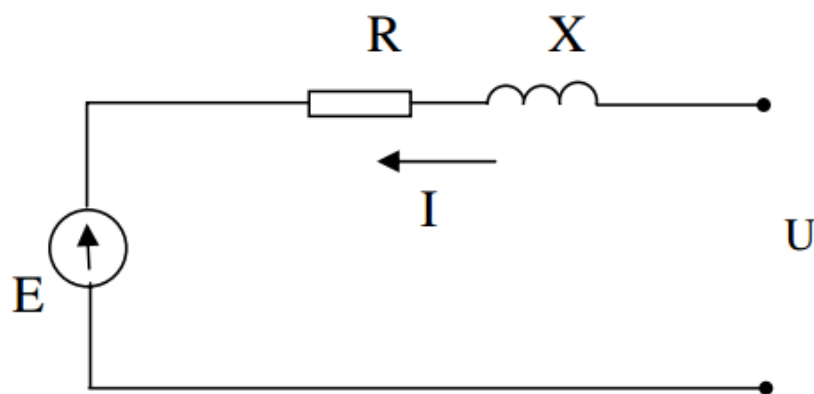
$E = \sqrt{2} \cdot I \cdot f \cdot k_w \cdot N \cdot \Phi$ - sức điện động trong dây quấn phần ứng

I – dòng điện chạy trong mạch phần ứng

R – điện trở phần ứng

X – điện kháng phần ứng

Từ phương trình (1.3) ta có sơ đồ thay thế một pha của động cơ đồng bộ như sau.



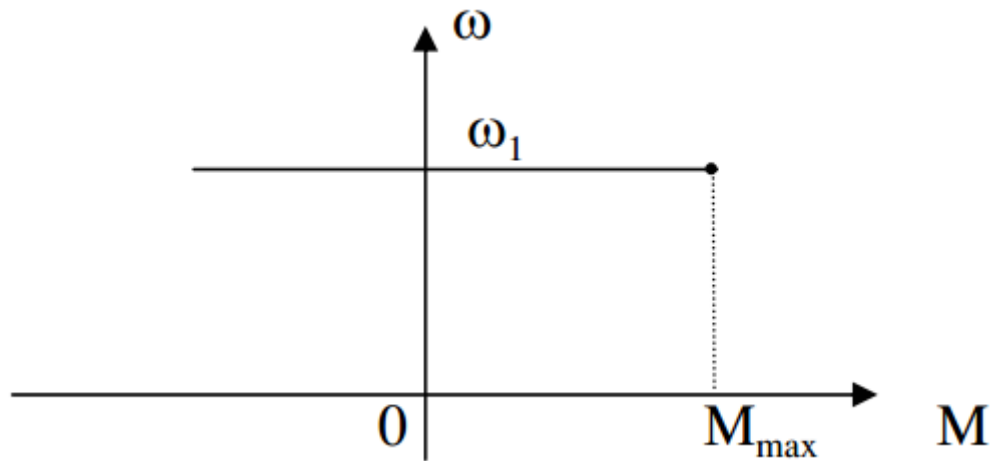
Hình 1.2. Sơ đồ thay thế của động cơ đồng bộ

1.3.3.2. Các đặc tính của máy điện đồng bộ có cuộn kích từ.

Khi ta đóng stator động cơ đồng bộ vào nguồn điện xoay chiều có tần số f_1 không đổi, động cơ sẽ quay với tốc độ không đổi là tốc độ đồng bộ:

$$\omega_1 = 2\pi f_1 / p$$

Trong phạm vi moment cho phép $M \leq M_{\text{Max}}$, đặc tính cơ là cứng tuyệt đối.



Hình 1.3 Đặc tính cơ của động cơ đồng bộ

Khi moment vượt quá trị số $M_{\max}$ thì tốc độ động cơ sẽ mất đồng bộ. Trong hệ truyền động dùng động cơ đồng bộ người ta còn sử dụng đặc tính góc: $M = f(\theta)$.

Đặc tính góc biểu diễn mối quan hệ giữa moment của động cơ với góc lệch của vectơ điện áp pha lưới điện và vectơ sức điện động cảm ứng trong dây quấn stator do từ trường một chiều sinh ra.

Từ phương trình (1.3) nếu bỏ qua điện trở R của stator ta có đồ thị vector như hình 1.4

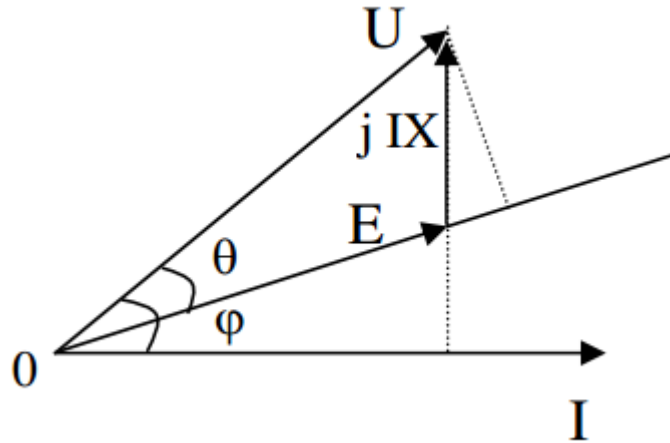
Từ đồ thị vector hình 1.4 ta có:

$$U \cdot \cos\varphi = E \cos(\varphi - \theta) \text{ mà } \cos(\varphi - \theta) = \frac{U \cdot \sin\theta}{IX}$$

Thay vào phương trình trên ta được:

$$U \cos\varphi = E \frac{U \sin\theta}{IX}$$

$$UI \cos\varphi = \frac{EU}{X} \cdot \sin\theta$$



Hình 1.4 Đồ thị vector của mạch stator động cơ đồng bộ

Vì $UI \cos \varphi$ là công suất một pha của động cơ nên công suất 3 pha của động cơ là:

$$P = 3 \frac{EU}{X} \sin \theta$$

Moment của động cơ là:

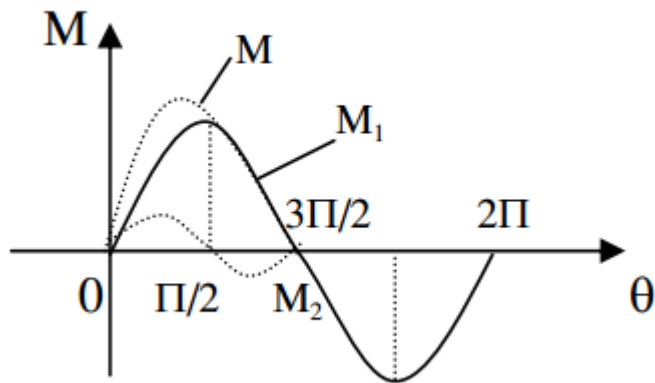
$$M = \frac{P}{\omega_1} = \frac{3EU}{\omega_1 X} \sin \theta$$

Đây là phương trình đặc tính góc của động cơ đồng bộ. Trên đường đặc tính góc ta thấy, khi $\theta = \frac{\pi}{2}$ thì moment đạt cực đại:

$$M_{\max} = 3 \frac{EU}{\omega X}$$

Moment $M_{\max}$ đặc trưng cho khả năng quá tải của động cơ. Khi tải nặng, góc lệch θ tăng, nếu $\theta > \frac{\pi}{2}$ thì moment lại giảm. Động cơ đồng bộ thường làm việc định mức với $\theta_{dm} = 20^\circ \div 30^\circ$. Hệ số quá tải về moment:

$$\lambda_M = \frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 2 \div 2,5$$



Hình 1.5 Đặc tính góc của động cơ đồng bộ

Quá trình phân tích ở trên chỉ đúng với động cơ đồng bộ cực ẩn. Với động cơ đồng bộ cực lồi do sự phân bố khe hở không khí giữa rotor và stator không đều nên trên máy xuất hiện moment phản kháng phụ, phương trình đặc tính góc có dạng sau:

$$M = \frac{3UE}{\omega X_d} \sin \theta + \frac{3U^2}{2\omega} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta$$

Đường cong biểu diễn M sẽ là tổng của hai thành phần:

$$M_1 = \frac{3UE}{\omega X_d} \sin \theta$$

$$M_2 = \frac{3U^2}{2\omega} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta$$

Trên đồ thị đặc tính góc biểu diễn M_1 , M_2 bằng các đường nét đứt. Đối với máy cực ẩn $X_d = X_q$ nên $M_2 = 0$ và $M = M_1$. Nhưng thường M_2 rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Khi đó đặc tính góc của động cơ cực lồi và cực ẩn là như nhau.

1.3.3.3. Phản ứng phản ứng của máy phát điện đồng bộ.

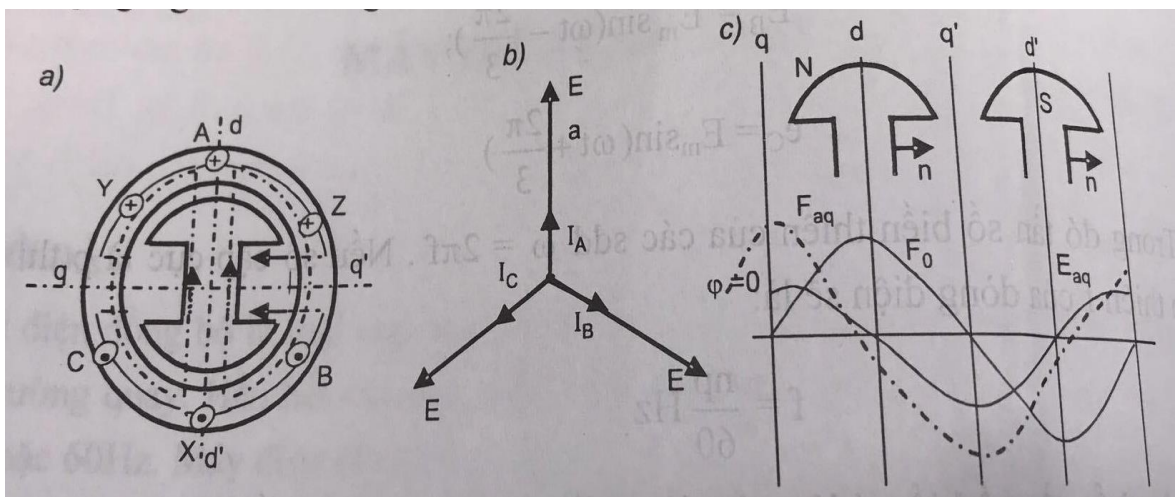
Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ trình bày trên đây là nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ. Khi máy điện đồng bộ có tải, trong máy phát có 2 từ trường là từ trường kích từ và từ trường phản ứng, nằm ở trạng thái nghỉ với nhau nên chúng sẽ tác động tương hỗ với nhau.

Sự tác động từ trường phản ứng lên từ trường kích từ gọi là phản ứng phản ứng.

Phản ứng phản ứng có thể làm yếu, làm tăng hoặc làm biến dạng từ trường chính.

a. Khi tải thuần trở.

Khi vị trí roto như hình 1.6a, trong các dây dẫn của pha A dòng điện đạt giá trị cực đại $I = I_m$, sđđ cũng đạt giá trị cực đại $e = E_m$, vì tải thuần trở dòng điện và áp trùng pha nhau (hình 1.6b). Hướng sđđ và hướng dòng điện trong các pha A, B, C có thể xác định theo quy tắc bàn tay phải còn chiều từ thông do các dòng điện sinh ra xác định bằng quy tắc vặn nút chai. Từ hình 1.6c ta thấy rằng chiều từ thông dòng tải có hướng ngang với từ thông chính và mang tên là phản ứng phản ứng ngang.



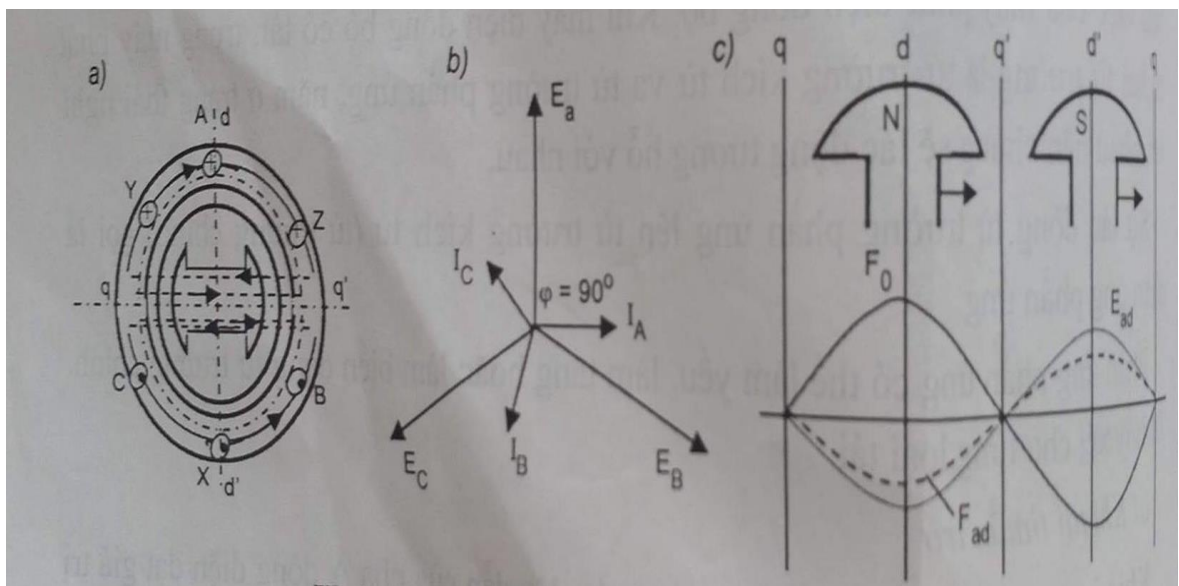
Hình 1.6 Phản ứng ngang máy điện đồng bộ

Giá trị cực đại của từ trường chính F_0 nằm ở dưới các cực trên trục $d - d'$, còn sđđ phản ứng phản ứng F_{aq} có giá trị cực đại trên trục $q - q'$. Điều này

làm cho sự phân bố cảm ứng từ trong khe khí dưới các cực từ không đối xứng: một bên cực hai từ thông cùng chiều nên cộng nhau còn bên kia hai từ thông ngược chiều nên trừ đi nhau. Kết quả từ trường chính bị biến dạng: phía nửa cực được tăng cường ngược với chiều quay(hình 1.6c).

b. Tải thuần cảm.

Sđđ cảm ứng trong các cuộn dây nhanh pha so với dòng điện một góc $\pi/2$. Dòng điện trong pha A đạt giá trị cực đại khi giá trị Sđđ có giá trị zero, còn roto chiếm vị trí như hình 1.7a.



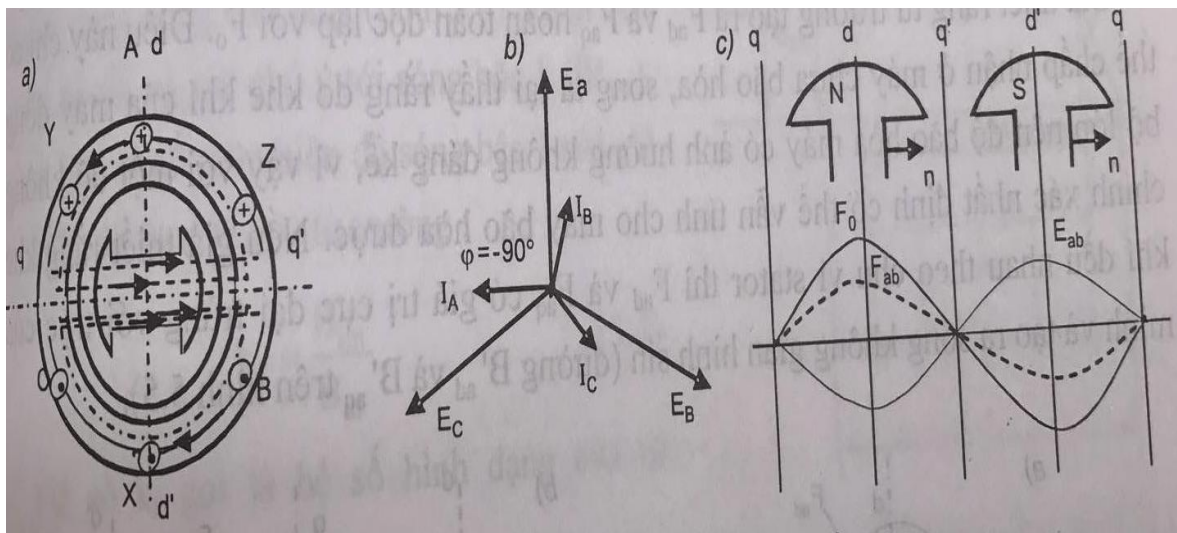
Hình 1.7 Phản ứng dọc khử từ máy điện đồng bộ

Hướng của dòng trong các pha A, B, C cùng hướng từ thông do nó sinh ra xác định như phần a. Từ hình vẽ , thấy rằng chiều của từ trường phản ứng hướng dọc theo trục cực. Sự phân bố từ thông như vậy gọi là phản ứng dọc trục. Khi tải thuần cảm thì chiều từ thông phản ứng ngược chiều với từ trường chính nên từ trường chính bị yếu đi, máy bị khử từ.

c. Khi tải thuần dung.

Dòng điện tải vượt pha so với sđđ một góc $\frac{\pi}{2}$ hình 1.8.

Theo nguyên tắc xác định chiều từ trường phản ứng ta thấy trục của từ trường phản ứng trùng với trục cực nhưng 2 từ trường này cùng chiều nên từ trường chính được trợ từ.



Hình 1.8 Phản ứng dọc trục từ máy điện đồng bộ

d. Khi tải hỗn hợp.

Từ các trường hợp trước, nếu dòng tải I trùng pha với sđđ E_o ($\varphi = 0$) thì có phản ứng ngang, còn nếu $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$ ta có phản ứng dọc. Khi tải là tổng trở $0 < \varphi < \frac{\pi}{2}$ thì phản ứng vừa mang tính chất phản ứng ngang, vừa mang tính chất phản ứng dọc từ. Kết quả của phản ứng loại này vừa bị biến dạng từ trường vừa bị khử từ.

Tương tự cho trường hợp $-\frac{\pi}{2} < \varphi < 0$ thì phản ứng phản ứng vừa mang tính chất phản ứng ngang, vừa mang tính chất dọc trục trợ từ, do đó phản ứng vừa gây biến dạng từ trường vừa trợ từ.

Từ trường phản ứng phân ứng tổng F_a có thể được phân tích thành 2 thành phần: phản ứng dọc F_{ad} và phản ứng ngang F_{aq} như sau:

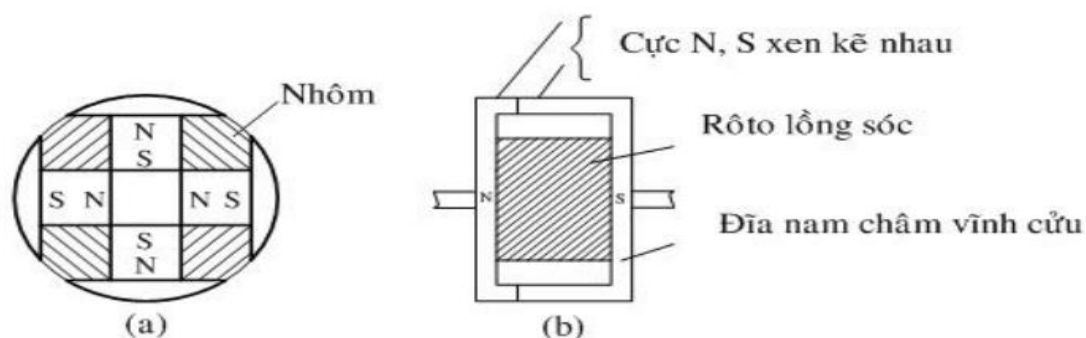
$$F_{ad} = F_a \sin \varphi \text{ và } F_{aq} = F_a \cos \varphi$$

Biên độ sóng cơ bản của sức từ động tổng cho máy 3 pha có dòng pha I có giá trị như sau:

$$F_{dm} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{I \cdot W \cdot kcd}{p}$$

1.4. ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.

1.4.1 Cấu tạo.



Hình 1.9 Cấu tạo động cơ nam châm vĩnh cửu

Ở loại động cơ này cực từ tạo bởi nam châm vĩnh cửu bằng hợp kim đặc biệt có độ từ dư rất lớn ($0,5 \div 1,5 T$). Cực từ có dạng cực lõi và đặt ở rôto khoảng cách giữa các cực có đồ nhôm kín và toàn bộ rôto là một khối trụ. Nếu dùng làm động cơ điện thì cần đặt dây quấn mở máy kiểu lồng sóc. Vì khó gia công rãnh trên hợp kim nam châm nên thường chế tạo lồng sóc như động cơ không đồng bộ và đặt hai đĩa nam châm ở hai đầu. Với kết cấu như vậy sẽ tốn vật liệu hơn và thường chế tạo với công suất: $30 \div 40 W$. Trong trường hợp dùng như máy phát không có dây quấn mở máy, công suất có thể lên tới $5 \div 10 KW$ đôi khi đến $100KW$.

Động cơ đồng bộ nói chung, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu nói riêng là những máy điện xoay chiều có phần cảm đặt ở roto và phần ứng là hệ dây quấn 3 pha đặt ở stator. Với động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thì phần cảm được kích thích bằng những phiến nam châm bố trí trên bề mặt hoặc dưới bề mặt roto. Các thanh nam châm thường được làm bằng đất hiếm ví dụ như samari - cobalt ($SmCO_5 - SmCO_{17}$) hoặc Neodymium - ion - boron ($NdFeB$) là các nam châm có suất năng lượng cao và tránh được hiệu ứng khử từ thường được gắn trên bề mặt hoặc bên trong của lõi thép roto để đạt được độ bền cơ khí cao, nhất là khi tốc độ làm việc cao thì khe hở giữa

các thanh nam châm có thể đắp bằng vật liệu dẫn từ sau đó bọc bằng vật liệu có độ bền cao, ví dụ như sợi thủy tinh hoặc bắt bulon lên các thanh nam châm. Ngoài ra còn có nam châm gốm có độ bền cao.

Vì rotor không cần nguồn kích thích nên động cơ loại này có thể hoạt động mạnh mẽ và đáng tin cậy hơn. Những động cơ này có công suất từ 100w đến 100kw. Momen tối đa của máy được thiết kế không vượt quá 150% momen định mức. Nếu máy hoạt động quá momen max thì sẽ mất tính đồng bộ và sẽ hoạt động như một động cơ cảm ứng hoặc ngưng hoạt động.

Những động cơ này đa số là khởi động trực tiếp. Công suất và hệ số công suất của mỗi động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thường tốt hơn 5 đến 10 lần động cơ từ trở tương ứng.

**** Ưu điểm***

Động cơ không có chổi than hoặc vành trượt trên rotor thì không sinh ra tia lửa điện khi hoạt động, lúc này công việc bảo dưỡng chổi than được bài trừ. Những động cơ này có thể kéo vào đồng bộ các tải có mức quán tính lớn hơn quán tính rotor của chúng nhiều lần.

Theo kết cấu của động cơ ta có thể chia động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thành 2 loại: Động cơ cực ẩn và động cơ cực lồi mà ta xét dưới đây có thể thấy rõ đặc điểm cấu tạo của từng loại máy này.

1.4.1.1 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực lồi.

Cấu tạo gồm 2 phần chính là roto và stato:

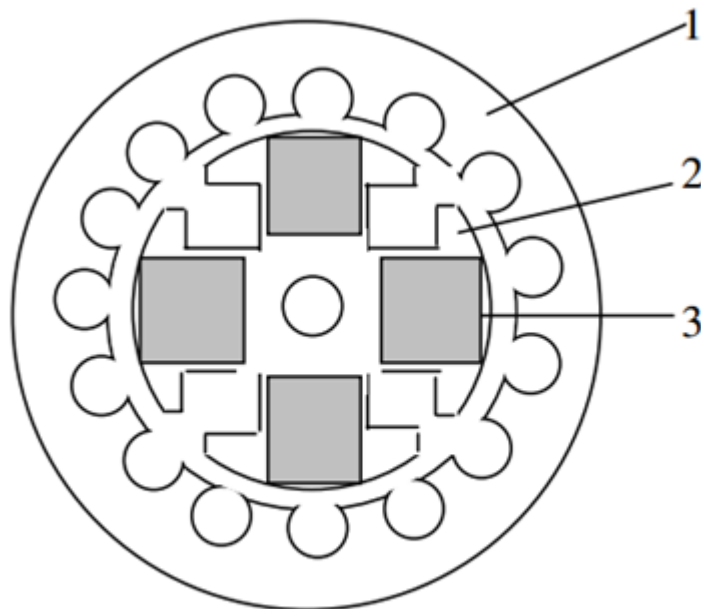
* Stato của máy điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu gồm hai bộ phận chính là lõi thép và dây quấn ngoài ra còn có vỏ máy và nắp máy.

Lõi thép stato gồm các lá thép kỹ thuật điện (tôn silic dày 0,5mm) 2 mặt được phủ lớp sơn cách điện được dập rãnh bên trong sau đó được ghép lại

với nhau tạo thành những hình trụ rỗng , bên mặt trong tạo thành các rãnh theo hướng trục để đặt dây quấn . Dọc chiều dài của lõi thép stator cứ cách khoảng 3 -6 cm lại có một khoảng thông gió ngang trục rộng 10mm. Lõi thép stator được đặt cố định trong thân máy . Thân máy phải được thiết kế sao cho hình thành một hệ thống thông gió làm mát máy tốt nhất. Nắp máy thường được chế tạo bằng gang đúc, thép tấm hoặc nhôm đúc.

Dây quấn stator thường được chế tạo bằng đồng có tiết diện hình tròn hoặc chữ nhật, bề mặt được phủ một lớp cách điện, được quấn thành từng bó và lồng vào các rãnh của lõi thép stator, được đấu nối theo qui luật nhất định tạo thành sơ đồ hình sao hoặc tam giác.

* Roto máy điện cực lõi thường có tốc độ quay thấp nên đường kính roto có thể lớn trong khi chiều dài lại nhỏ. Roto thường là đĩa nhôm hay nhựa trong lượng nhẹ có độ bền cao. Các nam châm được gắn chìm trong đĩa này . Các loại máy này thường được gọi là máy từ trường hướng trục. Loại này thường sử dụng trong kỹ thuật robot.



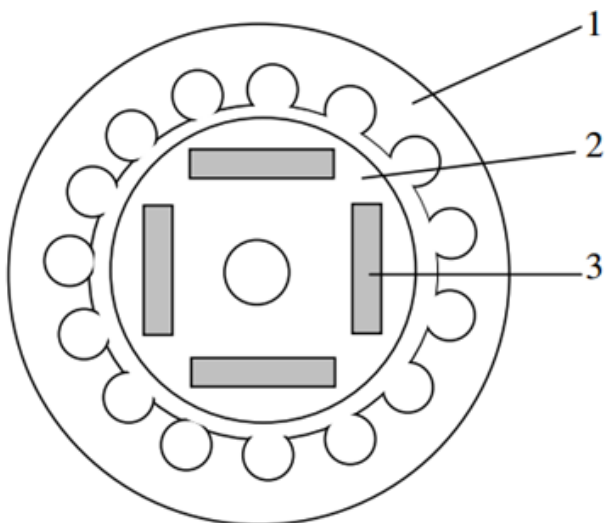
Hình 1.10 động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực lõi

1.4.1.2 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn.

* Stator động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn tương tự như động cơ cực lộ

* Roto của máy điện cực ẩn thường làm bằng thép hợp kim chất lượng cao, được rèn bằng khối trụ sau đó gia công phay rãnh để đặt các thanh nam châm. Khi các thanh nam châm ẩn trong rôt thì có thể đạt được cấu trúc cơ học bền vững hơn. Kiểu này thường được sử dụng trong các động cơ cao tốc. Tốc độ loại này thường cao nên để hạn chế lực li tâm roto thường có dạng hình trongs với tỷ số “chiều dài/ đường kính “ lớn. Máy này được gọi là máy từ trường hướng kính, nó thường được sử dụng trong các máy công cụ.

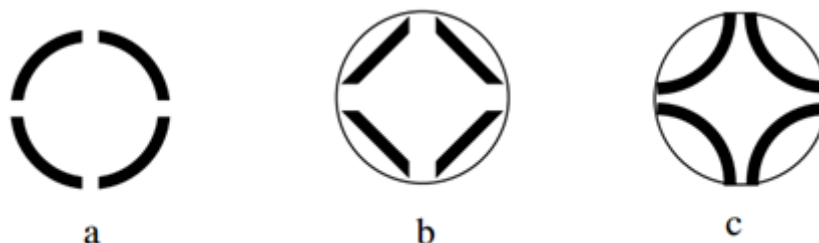
Tuy nhiên với cấu trúc nam châm vĩnh cửu chìm, máy không thể được gọi là khe hở không khí đều. Trong trường hợp này các thanh nam châm được lắp bên trong lõi thép roto về mặt vật lí coi là không có sự thay đổi nào của hình học bề mặt nam châm . Mỗi nam châm được bọc bởi một mảng cực thép nên nó làm mạch từ của máy thay đổi khá mạnh , vì do các mảng cực thép này tạo ra các đường dẫn từ sao cho từ thông cắt ngang các cực này và cả không gian vuông góc với từ thông nam châm. Do đó hiệu ứng cực lồi là rõ ràng và nó làm thay đổi cơ chế sản sinh momen của máy điện.



Hình 1.11 Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cực ẩn

Với yêu cầu của truyền động secvo và truyền động phải êm, do đó cần phải hạn chế momen răng và momen đập mạch do các sóng hài không gian và thời gian sinh ra. Để đạt được điều này người ta thường tạo hình cho các nam châm, uốn nam châm lượn chéo theo trục roto, uốn rãnh và dây quấn statto kết hợp với tính toán số răng và kích thước của nam châm. Kỹ thuật tạo ra các roto xiên là khá đắt tiền và phức tạp. Trong điều kiện bình thường của truyền động secvo, nếu momen điều hòa răng cỡ 2% momen định mức thì có thể coi là chấp nhận được. Tuy nhiên có thể hạn chế được đa số các momen điều hòa răng trong truyền động động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cấp từ bộ biến đổi bằng cách sử dụng bộ biến đổi chất lượng cao và các bộ điều khiển có chứa các phần tử đo chính xác các thông số hoạt động như tốc độ, vị trí của động cơ.

Trong các máy điện nam châm vĩnh cửu kinh điển, trên statto có các răng, ngày nay ta có thể chế tạo stato không răng. Trong trường hợp này dây quấn stato được chế tạo từ bên ngoài sau đó được lồng vào và định vị trong stato. Máy điện như vậy sẽ không đập mạch ở chế độ thấp và tổn thất sẽ giảm, tăng được không gian hơn cho dây quấn statto nên có thể sử dụng dây quấn tiết diện lớn hơn và tăng dòng định mức của máy điện do đó tăng được công suất của máy. Nhưng khe hở không khí lớn gây bất lợi cho từ thông khe hở nên phải chế tạo roto có đường kính lớn hơn và có bề mặt nam châm lớn hơn. Động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu có nhiều kiểu roto khác nhau. Dưới đây là 3 kiểu thường gặp trong thực tế:



Hình 1.12 Các kiểu rotor máy điện đồng bộ cực ẩn

1.4.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ PMSM.

PMSM là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu do đó hoạt động của nó như sau: khi cấp 3 dòng điện hình sin vào 3 cuộn dây stator sẽ xuất hiện từ trường quay với tốc độ $n_{tt} = 60f/p$, trong đó f - tần số biến thiên của dòng điện, p – số đôi cực.

Do từ trường của nam châm vĩnh cửu là từ trường không đổi không quay, sự tác động giữa từ trường quay với từ trường không đổi tạo mô men dao động, giá trị trung bình của mô men này có giá trị 0. Để máy điện có thể làm việc được phải quay nam châm vĩnh cửu tới tốc độ bằng tốc độ từ trường, lúc này mô men trung bình của động cơ sẽ khác 0.

Việc đưa nam châm vĩnh cửu tới tốc độ từ trường là phương pháp khởi động động cơ đồng bộ thường mà ta đã nghiên cứu trước đây. Do đó khởi động bằng máy lai ngoài, phương pháp này đắt tiền, công kênh nên rất ít khi sử dụng. Phương pháp hay dùng nhất đó là phương pháp khởi động dị bộ.

Lúc này mới đặt tải lên động cơ. Như vậy máy đồng bộ nam châm vĩnh cửu có nam châm quay đồng bộ với từ trường quay, hoặc quay với tốc độ đồng bộ.

1.4.3. Tính chất của động cơ PMSM.

1.4.3.1. Mô hình toán của PMSM.

Stator của động cơ đồng bộ có cuộn dây kích từ ở rotor giống nhau. Nam châm vĩnh cửu được sử dụng trong PMSM là biến thể của đất hiếm hiện đại với điện trở suất lớn nên dòng cảm ứng rotor có thể bỏ qua. Hơn nữa không có sự khác biệt sức phản điện động cảm ứng bởi nam châm vĩnh cửu và sức điện động cảm ứng bởi từ trường do dòng kích từ tạo ra. Vì vậy mô hình toán của PMSM giống như của loại động cơ đồng bộ thường có cuộn kích từ ở rotor. Để xây dựng máy động bộ nam châm vĩnh cửu ta giả thiết như sau:

- Bỏ qua bão hòa, nó có thể lưu ý đến khi tính sự thay đổi tham số
- Sức từ động là hình sin
- Dòng phụ cô và hiện tượng từ trễ bỏ qua
- Không có dòng kích từ động
- Không có thanh dẫn dạng lồng sóc ở rô to

Với các giả thiết đó phương trình stator của hệ trục d,q gắn vào rotor của PMSM như sau:

$$u_d = r i_d + p \Psi_d - \omega_s \Psi_q \quad (1.4)$$

$$u_q = r i_q + p \Psi_q + \omega_s \Psi_d \quad (1.5)$$

$$\Psi_d = L_d i_d + \Psi_{af} \quad (1.6)$$

$$\Psi_q = L_q i_q \quad (1.7)$$

Trong đó Ψ_d , Ψ_q là từ thông móc vòng trục d, trục q; u_d và u_q là điện áp ở trục d và q; i_d , i_q là dòng stator ở trục d, q; L_d , L_q là cảm ứng từ cuộn stator ở trục d, q; r và ω_s là điện trở cuộn dây và tần số bộ biến tần; Ψ_{af} từ thông nam châm vĩnh cửu móc vòng với stator.

Mô men điện từ có dạng:

$$M_e = \frac{3}{2} [\Psi_{af} i_q (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (1.8)$$

Và phương trình động năng như sau:

$$M_e = M_L + B \omega_r + J p \omega_r \quad (1.9)$$

Ở đây : q – số đôi cực, M_L – momen tải, B – hệ số ma sát, ω_r – tốc độ rotor, J – mô men quán tính. Tần số bộ biến tần quan hệ với tốc độ rotor như sau:

$$\omega_s = q \omega_r \quad (1.10)$$

Mô hình máy điện là phi tuyến vì nó chứa tích các biểu thức chứa tích các biến trạng thái ω_r , i_d , i_q .

Tổng công suất vào cho máy điện biểu diễn qua các biến a, b, c như sau:

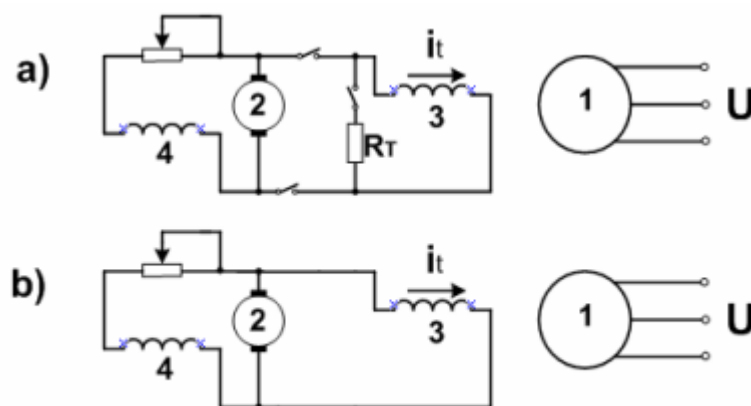
$$P = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c \quad (1.11)$$

Và biểu diễn qua biến d, q như sau:

$$P = \frac{3}{2} (u_d i_d + u_q i_q) \quad (1.12)$$

1.4.3.2. Khởi động động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

Khởi động theo phương pháp không đồng bộ



Hình 1.13 Sơ đồ mạch kích từ của động cơ đồng bộ khởi động không đồng bộ (a) và khởi động đồng bộ (b).

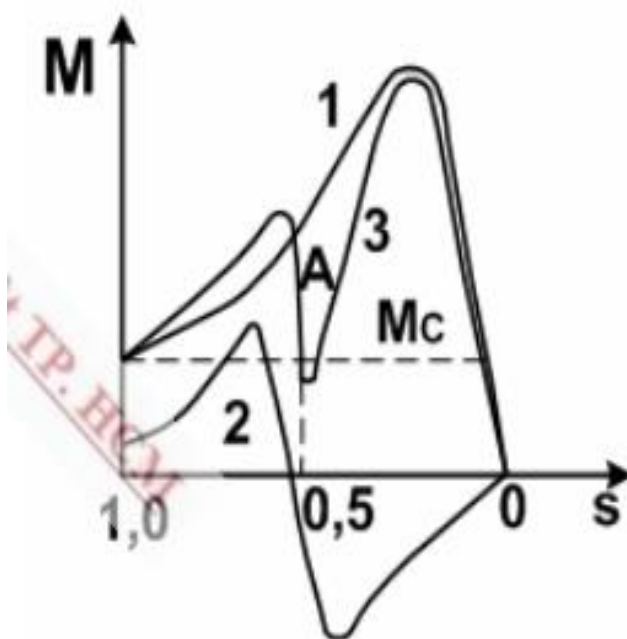
1. Phần ứng động cơ đồng bộ.
2. Phần ứng máy kích thích.
3. Dây quấn kích từ của động cơ đồng bộ.
4. Dây quấn kích từ của máy kích thích.

Caùc ñoäng cô ñieän ñoàng boă phaàn lôùn ñeàu môû maùy theo phöông phaùp khoâng ñoàng boă. Thoâng thöôøng caùc ñoäng cô ñieän ñoàng boă cöïc loài ñeàu coù ñaët daây quaán môû maùy. Daây quaán môû maùy coù caáu taïo kieåu lòng soùc ñaët trong caùc raõnh ôû maët cöïc, 2 ñeàu noái vôùi hai vaønh ngaén maïch.

Trong moät soá ñoäng cô, caùc maët cöïc baèng theùp nguyêân khoái vaø ñöôïc noái vôùi nhau ôû hai ñeàu baèng hai voøng ngaén maïch ôû hai ñeàu rotor cuõng coù theå thay theá cho daây quaán ngaén maïch duøng trong vieäc môû maùy. Ôû caùc löôûi ñieän lôùn coù theå cho pheùp môûmaùy troïc tieáp vôùi ñieän aùp cuûa löôûi caùc ñoäng cô ñoàng boă coâng suaát vaøi traêm vaø coù khi töü haøng nghìn kilowatt. Ñoái vôùi caùc ñoäng cô ñoäng cô ñoàng boă cöïc aân, vieäc môû maùy theo phöông phaùp khoâng ñoàng boă coù khoù khaên hôn, vì doøng ñieän caûm òùng ôû lòp moùng ôû maët ngoaøi cuûa rotor nguyêân khoái seõ gaây noùng cuïc boă ñeàu keå. Trong tröôøng hôïp ñoù, ñeå môû maùy ñöôïc deã daøng, caàn haï ñieän aùp cuûa maùy baèng bieán aùp töï ngaõu hoaëc cuoãn khaùng.

Quaù trình môû maùy ñoäng cô ñoàng boă baèng phöông phaùp khoâng ñoàng boă coù theå chia thaønh hai giai ñoäïn. Luùc ñeàu vieäc môû maùy ñöôïc thöïc hieän vôùi $i_t = 0$, daây quaán kích thích ñöôïc noái taét qua ñieän trôû R_T nhô treân hình. Sau khi ñoùng caàu dao noái daây quaán stator vôùi nguoàn ñieän, do taùc duøng cuûa moment khoâng ñoàng boă rotor seõ quay vaø taêng toác ñoä ñeán gaàn toác ñoä ñoàng boă n_1 cuûa töø tröôøng quay. Trong giai ñoäïn naøy, vieäc noái daây quaán kích thích vôùi ñieän trôû R_T coù trò soá baèng $10 \div 12$ laàn ñieän trôû r_t cuûa baûn thaân daây quaán kích töø laø caàn thieát, vì neáu ñeå daây quaán naøy hôû maïch seõ coù ñieän aùp cao, laøm hoùng caùch ñieän cuûa daây quaán, do luùc baét ñeàu môû maùy töø tröôøng quay cuûa stator queùt noù vôùi toác ñoä ñoàng boă.

Cuồng caàn chuù yù raèng, neáu ñem noái ngaén maïch daây quaán kích thích thì seõ taïo thaønh maïch moät pha coù ñieän trôû nhoû ôû rotor vaø sinh ra moment caân lòùn khiéán cho toác ñoä quay cuûa rotor khoâng theå vöôït quaù toác ñoä baèng moät nöûa toác ñoä ñoàng boä. Hieän töôïng naøy coù theå giaûi thích nhö sau. Doøng ñieän coù taàn soá $f_2 = sf_1$ trong daây quaán kích thích bò noái ngaén maïch seõ sinh ra töø trôøøng ñaäp maïch. Töø trôøøng naøy coù theå phaân tích thaønh hai töø trôøøng quay thuaän vaø quay ngôôïc vôùi chieàu quay cuûa rotor töông ñoái so vôùi rotor $n_1 - n$, trong ñoù n_1 laø toác ñoä töø trôøøng quay cuûa stator vaø n laø toác ñoä cuûa rotor.



Hình 1.14 Ñöôøng cong mômen cuûa ñoàng cô ñoàng boä môû maùy khoâng ñoàng boä vôùi daây quaán kích töø bò noái ngaén maïch

Töø trôøøng quay thuaän coù toác ñoä so vôùi daây quaán phaàn tónh:

$$n_{th} = n + (n_1 - n) = n_1$$

ngheõ laø quay ñoàng boä vôùi töø trôøøng quay cuûa stator. Taùc duøng cuûa

noù vòuì từ trồøøng quay cuôa stator taìo neân moment khôøng ñoàng boã vaø hoã trôï vòuì moment khôøng ñoàng boã do daây quaán môu maùy sinh ra.

Tồ trồøøng quay ngồøic coù toác so vòuì daây quaán phaàn tóh: $n_{ng} = n - (n_1 - n) = 2n - n_1 = 2n(1-s) - n_1 = n_1(1-2s)$ vaø sinh ra trong daây quaán phaàn tóh doøng ñieän taàn soá:

$$f = f_1(1-2s)$$

Nhõ vaãy khi $0,5 < s < 1$, nghóa laø toác ñoã quay cuôa rotor $n < n_1/2$ thì tồ trồøøng quay ngồøic quay so vòuì daây quaán phaàn tóh theo chieàu ngồøic so vòuì chieàu quay cuôa rotor. Taùc duỷng cuôa noù vòuì doøng ñieän phaàn tóh taàn soá f' seõ sinh ra moment phui cuøng daáu vaø hoã trôï vòuì moment khôøng ñoàng boã do tồ trồøøng quay thuaân taùc duỷng vòuì daây quaán môu maùy.

Khi $s = 0,5$ ($n < n_1/2$), tồ trồøøng quay ngồøic ñoàng yeân so vòuì daây quaán phaàn tóh, moment phui baèng khôøng. Vaø khi $0 < s < 0,5$ ($n < n_1/2$), thì tồ trồøøng quay ngồøic seõ quay cuøng chieàu vòuì chieàu quay rotor.

Taùc duỷng cuôa noù vòuì doøng ñieän phaàn tóh taàn soá f' luèc ñoù sinh ra moment phui traui daáu vòuì moment khôøng ñoàng boã do tồ trồøøng quay thuaân, do ñoù coù taùc duỷng nhõ moment haõm.

Keát quaù laø khi daây quaán kich tồ bò noái ngaén maich, ñoøøng bieâu dieãn moment cuôa ñoàng cô trong quaù trình môu maùy toảng cuôa caùc ñoøøng 1 vaø 2 coù taùc duỷng nhõ ñoøøng 3. Roõ raøng laø khi moment caùn M_c treân trui ñoàng cô ñuù lòun thì rotor seõ laøm vieác ôu ñieäm A oùng vòuì toác ñoã $n \approx n_1 / 2$ vaø khôøng theã ñaít ñoøic ñeán toác ñoã gaàn toác ñoã ñoàng boã.

Khi rotor ñoã quay ñeán toác ñoã $n \approx n_1$, coù theã tieán haønh giai

ñoaïn thòu hai cuôa quàu trình môu maùy: ñem noái daây quaán vôùi ñieän àup moät chieàu cuôa maùy kích thích. Luùc ñoù ngoaøi moment khoâng ñoàng boă tæ leä vôùi heä soá trööit s vaø moment gia toác tæ leä vôùi ds/dt seõ coù moment ñoàng boă phuï thuôc vaøo goùc θ cuøng taùc duïng. Do rotor chöa quay ñoàng boă neân goùc θ luoân thay ñoái. Khi $0 < \theta < 1800$ thì moment ñoàng boă seõ coäng taùc duïng vôùi moment khoâng ñoàng boă laøm taêng theâm toác ñoä quay cuôa rotor vaø nhö vaäy rotor seõ ñöôïc loái vaøo toác ñoä ñoàng boă sau moät quàu trình dao ñoäng.

Kinh nghieäm cho bieát, ñeå ñaïm baùo cho rotor ñöôïc ñoä vaøo toác ñoä ñoàng boă 1 caùch thuaän lôïi, heä soá trööit ôû cuoái giai ñoäïn thòu nhaát luùc chöa coù doøng ñieän caàn phuø hôïp vôùi ñieàu kieän sau:

$$s < 0,04 \sqrt{\frac{k_m}{GD^2} \cdot \frac{P_{dm}}{n_{dm}^2} \cdot \frac{i_{tdb}}{i_{tdm}}}$$

Trong ñoù:

k_m laø naêng löïc quàu taûi ôû cheá ñoä ñoàng boă vôùi doøng ñieän

kích töø ñoàn mœùc i_{dm} ;

P_{dm} laø coâng suaát ñoàn mœùc, kW;

i_{tdb} laø doøng ñieän kích töø khi ñoàng boă ähoaù;

GD^2 laø moment ñoäng löôïng cuôa ñoäng cô vaø maùy coäng taùc noái tröc noù, kG.m².

Ñeå traùnh vieäc môu maùy qua hai giai ñoäïn nhö trình baøy ôû treân, trong ñoù phaûi thao taùc taùch daây quaán kích thích khoûi ñieän trôû R_T vaø sau ñoù noái maùy kích töø, coù theå noái thaúng daây quaán vôùi maùy kích töø trong suoát quàu trình môu maùy theo sô ñoä treân hình 1.13b nhö thöôøng gaëp gaàn ñây. Nhö vaäy, trong daây quaán phaàn öùng cuôa maùy kích töø seõ coù doøng ñieän xoay chieàu nhöng ñieàu ñoù khoâng gaây taùc haïi gì. Khi rotor ñaït ñeän toác ñoä quay $n = (0,6 \div 0,7)n_{\text{ñm}}$, maùy kích

thích baét ñaàu cung caáp döng ñieän kich töø cho ñoäng cô ñieän ñoàng boä, nhöø ñoù maø luùc ñeän gaàn toác ñoä ñoàng boä ñoäng cô ñöôïc keùo vaøo toác ñoä ñoàng boä. Caàn chuù yù raèng quaù trình môû maùy theo sô ñoà treân hình 1.13b ñöôïc thöïc hieän trong nhöõng ñieàu kieän khoûi khaên hôn vì ñoäng cô ñieän ñoàng boä ñöôïc kich thích quaù sôùm, nhö vaäy seõ taïo neän döng ngaén maïch:

$$I_n = \frac{(1-s)E_0}{\sqrt{r_u^2 + (1-s)^2 x_d^2}}$$

Trong ñoù:

E_0 laø s.ñ.ñ caûm òùng do döng ñieän kich töø itø

x_d laø ñieän khaùng ñoàng boä döïc truïc khi $s=0$

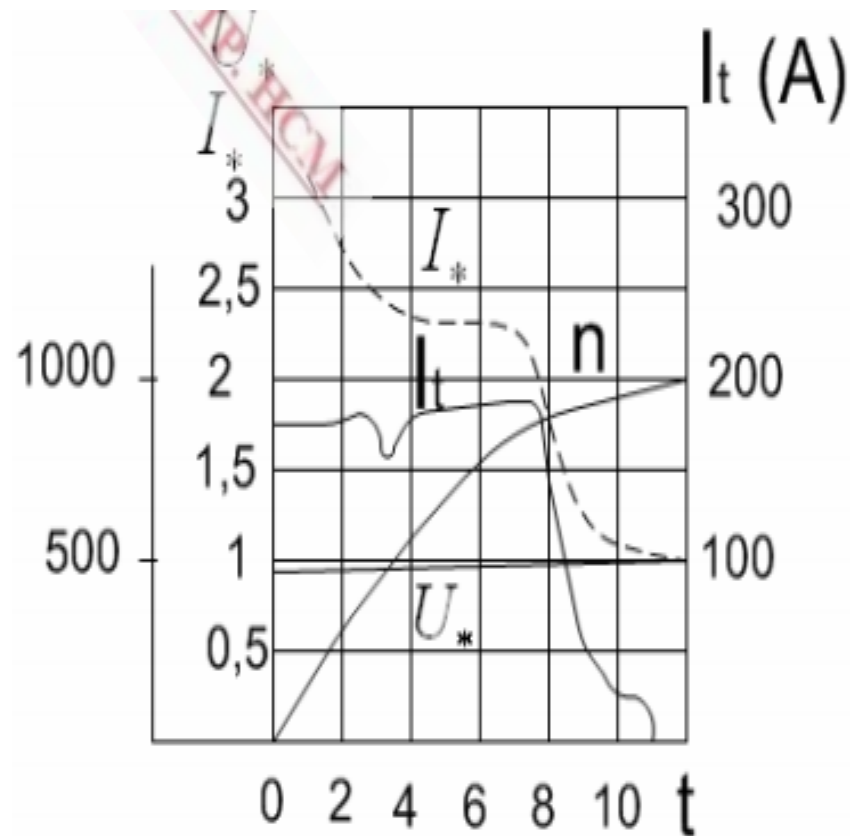
Do ñoù ñoäng cô phaûi taûi theâm coâng suaát:

$$P_n = mI_n^2 r_u$$

vaø keát quaù laø treân truïc ñoäng cô ñieän seõ coù theâm moment caûn:

$$M_c = \frac{pP_n}{\omega}$$

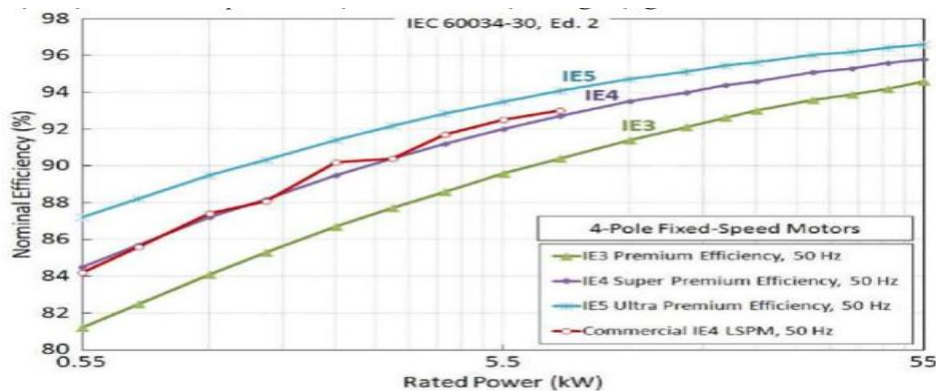
khieán cho quaù trình keùo ñoäng cô vaøo toác ñoä ñoàng boä gaëp khoûi khaên hôn, vì vaäy phöông phaùp môû maùy ñoäng cô ñoàng boä theo sô ñoà treân hình 1.10b aùp duïng ñöôïc toát khi moment caûn treân truïc ñoäng cô ñieän $M_c = (0,4 \div 0,5)M_{\text{ñm}}$. Chæ khi daây quaán môû maùy ñöôïc thieát keá hoaøn haùo môûi cho pheùp ñöôïc môû maùy nhö treân vöùi $M_c = M_{\text{ñm}}$. Do caùch môû maùy naøy ñôn giaûn, hoaøn toaøn gioáng caùch môû maùy cuûa ñoäng cô ñieän khoâng ñoàng boä neän ngaøy caøng ñöôïc òùng duïng roäng raõi.



Hình 1.15 Quan hệ $U, I, i_t, n = f(t)$ khi mô-men xoắn công suất cơ công suất 1500kW theo sơ đồ điều chỉnh hình 1.13b.

Hình 1.15 trình bày sự biến đổi dòng điện pha I , dòng điện kích từ i_t và tốc độ quay n trong quá trình mô-men xoắn công suất cơ công suất ($P_{\text{cơ}} = 1500\text{kW}$; $U_{\text{cơ}} = 6\text{kV}$; $n_{\text{cơ}} = 1000\text{vòng/ph}$) trước tiếp với dòng điện pha i_t theo sơ đồ trên hình 1.13b.

1.4.3.3. So sánh giữa động cơ không đồng bộ và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.



Hình 1.16 Mức hiệu suất của động cơ PMSM

Hiệu suất: Các tiêu chuẩn về hiệu suất cho thấy càng về sau hiệu suất của động cơ càng được nâng cao hơn rất nhiều, hiệu suất của động cơ trong thời gian tới đây có thể đạt mức IE5 việc này sẽ rất khó khăn cho vật liệu cũng như công nghệ chế tạo động cơ không đồng bộ(IM). Do đó để thực hiện được ở mức hiệu suất như trên đòi hỏi phải chuyển đổi sang một dạng công nghệ mới, ví dụ như động cơ PMSM.

Động cơ điện hiệu suất cao có thể dẫn đến giảm đáng kể năng lượng tiêu thụ và đồng thời giảm tác động đến môi trường thúc đẩy các tiêu chuẩn quốc tế mới. Các tiêu chuẩn phân loại hiệu suất động cơ mới lên tới IE5 kể cả đối với động cơ khởi động trực tiếp với lưới điện và động cơ kết hợp với bộ biến đổi công suất. Động cơ PMSM đã chứng tỏ hiệu suất cao hơn đáng kể so với động cơ IM, đặc biệt ở dải công suất thấp. Ngoài ra, hệ số công suất cũng cao hơn và nhiệt độ làm việc mát hơn.

Động cơ PMSM là động cơ lai với dây quấn ba pha phân bố trong các rãnh stator tương tự với dây quấn động cơ IM, có rotor với lồng sóc nhôm và nam châm vĩnh cửu gắn bên trong. Tuy nhiên có thể khởi động và tăng tốc trực tiếp khi nối với lưới điện mà không cần đến bộ điều khiển. Động cơ

PMSM có mômen cao, làm việc với tốc độ đồng bộ cố định và phù hợp với các phụ tải có mômen quán tính thấp.

Do không có tổn thất nhiệt trên lồng sóc nhôm (trong khi đó thành phần này chiếm khoảng 20% tổng tổn thất của động cơ IM), ngoài ra tổn thất đồng trên dây quấn stator chiếm phần lượng lớn nhất trong tổng tổn thất của động cơ. Thành phần tổn thất này trong động cơ PMSM cũng được giảm đáng kể so với động cơ IM do giảm được dòng điện từ hóa của động cơ, giảm được dòng điện đầu vào của động cơ trên cơ sở nâng cao hệ số công suất $\cos\varphi$, nâng cao được hiệu suất so với động cơ IM có hiệu suất IE3 và có khả năng đạt đến hiệu suất IE5.

Hệ số $\cos\varphi$: Hệ số $\cos\varphi$ của động cơ IM thấp dẫn đến giảm khả năng phân phối công suất của hệ thống điện. Điều này dẫn đến tăng các tổn thất trên đường dây truyền tải điện. Hệ số $\cos\varphi$ thấp cũng gây ra tổn thất phụ trong động cơ IM. Bên cạnh đó khách hàng phải trả thêm phụ phí để nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nếu hệ số $\cos\varphi$ của họ thấp hơn tiêu chuẩn cho phép. Ngược lại động cơ PMSM có thể duy trì hệ số $\cos\varphi$ cao thậm chí xấp xỉ 1 với dải công suất làm việc rộng.

Momen và tỉ lệ công suất trên đơn vị thể tích: Do động cơ PMSM có sử dụng nam châm, nên nói chung tỉ lệ công suất trên đơn vị thể tích và khả năng sinh mômen lớn hơn so với động cơ IM.

Nhiệt độ động cơ : Nhiệt độ trong động cơ bị ảnh hưởng do tổn thất và tốc độ quay. Đối với động cơ PMSM do thành phần tổn thất trong rotor không có, nên nhiệt độ của động cơ PMSM thường thấp hơn khoảng 30% so với động cơ IM cùng công suất. Đây là lợi thế rất tốt để bảo vệ nam châm không bị khử từ do nhiệt độ.

1.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 1.

Chương này chủ yếu tập trung giới thiệu một cách tổng quan nhất về động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (ĐCĐBNCVC). Nó nhằm giúp cho

người đọc có một cái nhìn khái lược nhất về ĐCĐBNCVC, đồng thời để tạo điều kiện cho việc nghiên cứu về phương pháp điều khiển ở các chương sau, trong chương này cũng giới thiệu một cách cơ bản nhất về các hệ trục, các phương trình động học của ĐCĐBKTNCVC.

CHƯƠNG 2.

ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ NAM CHÂM VĨNH CỬU.

2.1. KHÁI NIỆM

Điều chỉnh tốc độ động cơ là dùng các biện pháp nhân tạo để thay đổi các thông số nguồn như điện áp hay các thông số mạch như điện trở phụ, thay đổi từ thông Từ đó tạo ra các đặc tính cơ mới để có những tốc độ làm việc mới phù hợp với yêu cầu. Có hai phương pháp để điều chỉnh tốc độ động cơ:

- ♣ Biến đổi các thông số của bộ phận cơ khí tức là biến đổi tỷ số truyền chuyển tiếp từ trục động cơ đến cơ cấu máy sản xuất.
- ♣ Biến đổi tốc độ góc của động cơ điện. Phương pháp này làm giảm tính phức tạp của cơ cấu và cải thiện được đặc tính điều chỉnh. Vì vậy, ta khảo sát sự điều chỉnh tốc độ theo phương pháp thứ hai.

Ngoài ra cần phân biệt điều chỉnh tốc độ với sự tự động thay đổi tốc độ khi phụ tải thay đổi của động cơ điện.

2.2. CÁC LOẠI CẢM BIẾN ĐO TỐC ĐỘ.

2.2.1. Máy phát tốc.

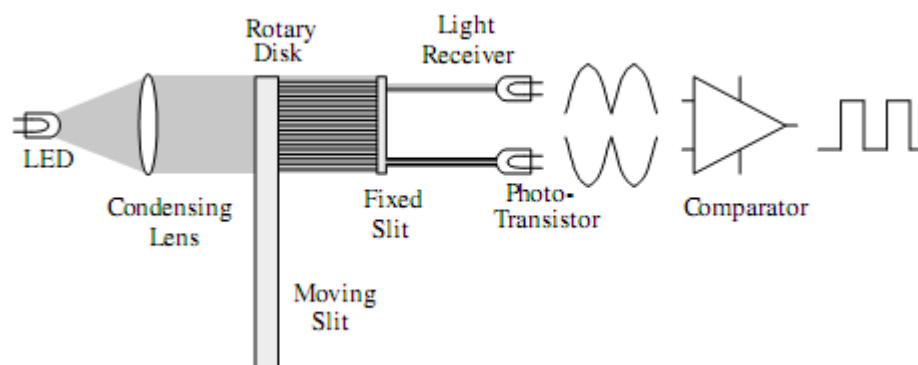
Một máy phát tốc độ được sử dụng để đo tốc độ quay của rô to. Điện áp ra của máy phát tốc tỷ lệ với tốc độ quay của rô to vì nó là một máy phát dc nhỏ được kích từ bằng một nam châm vĩnh cửu. Điện áp ra của máy phát tốc thường có giá trị khoảng vài vôn/1000v/p và nó chứa sự nhấp nháy của điện áp do có sự giới hạn của số cực của máy DC. Tín hiệu ra của máy phát tốc cho ở dạng tương tự như von và nó rất nhạy cảm với nhiễu đo lường. Tuy

nhien ở tốc độ không đổi điện áp ra sẽ thay đổi theo nhiệt độ do tính chất của nam châm. Do những nhược điểm kể trên việc điều chỉnh chính xác tốc độ khi sử dụng máy phát tốc bị hạn chế và điều chỉnh chính xác tốc độ thường chỉ đạt khoảng 0,1% tải định mức trong toàn bộ phạm vi nhiệt độ hoạt động. Mặc dù có những nhược điểm trên nhưng máy phát tốc vẫn được sử dụng cho những hệ thống truyền động đơn giản do tín đơn giản của nó và bền vững cơ khí và đo trực tiếp tốc độ không cần bộ xử lý tốc độ nào.

2.2.2. Encoder.

Để đo tốc độ hoặc vị trí encoder số được sử dụng rộng rãi, nó tạo ra một chuỗi xung có tần số tỷ lệ chính xác với tốc độ. Bộ encoder có thể phân loại như sau loại bộ mã hoá gia tăng trong đó các xung tương ứng với quan hệ vị trí của rô to và loại tuyệt đối trong đó các xung ứng với vị trí tuyệt đối của rô to. Để điều chỉnh máy điện đồng bộ ở đây giá trị tuyệt đối góc của rô to thường được điều khiển nên bộ mã hoá tuyệt đối được sử dụng. Tuy nhiên với sự phát triển của kỹ thuật điều khiển của máy điện thì bộ mã hóa gia tăng với hàng loạt xung phụ đang được sử dụng rộng rãi trong điều khiển máy động bộ ở công nghiệp vì tính hiệu quả về giá thành của nó. Đặc biệt đối với điều chỉnh động cơ DC hoặc di bộ ở đó giá trị tuyệt đối vị trí không có ý nghĩa cho điều khiển nên bộ mã hóa gia tăng được sử dụng không loại trừ. Bộ mã hóa gia tăng có thể được phân loại theo nguyên lý hoạt động thành loại từ và loại quang. Số lượng xung cực đại trên một vòng quay của bộ mã gia tăng (P_{PR}) thường nhỏ hơn số xung của bộ mã quang nhưng bộ mã từ rất bền vững với môi trường và giá thành rẻ. Vì vậy bộ mã từ thường được dùng cho (a) dùng cho các hệ truyền động kéo (xe lửa) khi điều kiện làm việc là khắc nghiệt, (b) áp dụng trong nhà nơi mà giá thành sẽ là sự lựa chọn đầu tiên. Tuy nhiên trong phần này bộ mã quang là bộ mã được sử dụng rộng rãi trong ứng dụng công nghiệp sẽ được trình bày cặn kẽ hơn. Từ quan điểm điều khiển sự khác biệt giữa 2 loại bộ mã này chỉ là số xung trên một vòng quay do đó mọi

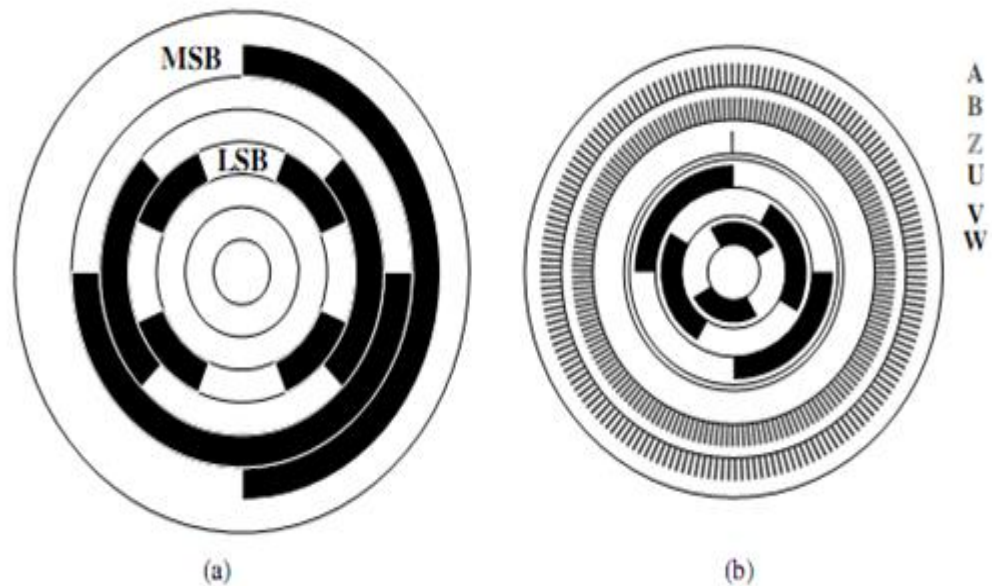
quan điểm trình bày ở đây đều áp dụng được cho cả 2 loại bộ mã. Như chỉ ra ở hình 2.1 bất kể loại bộ mã là tuyệt đối hay gia tăng, loại bộ mã quang chứa diod phát sáng, một thấu kính hội tụ, một đĩa quay với các khe hở, một bộ hấp thụ ánh sáng thông thường nó là bán dẫn giống như transistor quang và một vi điện tử để gia công (xử lý) tín hiệu ra của transistor quang. Xung từ bộ mã đi tới các đầu ra không nhiều khác nhau. Ở hình 2.2a khe hở cho mã màu xám 4 bit bộ mã tuyệt đối được trình bày còn ở hình 2.2b cho biết khe hở của bộ mã gia tăng nó không chỉ tạo xung gia tăng “A” và “B” mà còn có một số xung phụ như chỉ số xung “Z”, và “U”, “V”. “W” cho vị trí tuyệt đối của rô to.



Hình 2.1 Cấu hình cơ bản của bộ mã hoá quang học

Trong khi bộ mã tuyệt đối cho ta vị trí của rô to ở dạng bit số thì bộ mã gia tăng cho ta 2 lưới dạng dãy xung và gọi là xung A và xung B trong đó pha của dãy xung A vượt trước dãy xung B theo hướng quay dương. Ở bộ mã gia tăng mối liên quan vị trí của rô to có thể đo bằng sự tích lũy xung, thông thường bộ mã gia tăng cấp xung “Z” xung đó là chỉ số xảy ra trên một vòng ở vị trí nhất định của rô to và bằng cách tính số lượng các xung của “A” và “B” từ xung “Z” thì vị trí tuyệt đối của rô to có thể được xác định sau khi xung “Z” xuất hiện. Tuy nhiên trước xung “Z” thì vị trí tuyệt đối của rô to không xác định được, để giải quyết vấn đề này các xung U, V, W đôi khi được

cung cấp đó là các xung có chu kỳ công tác là 50% và pha của mỗi dãy xung là 120° lệch nhau.



Hình 2.2 Khe của bộ mã hoá quang học

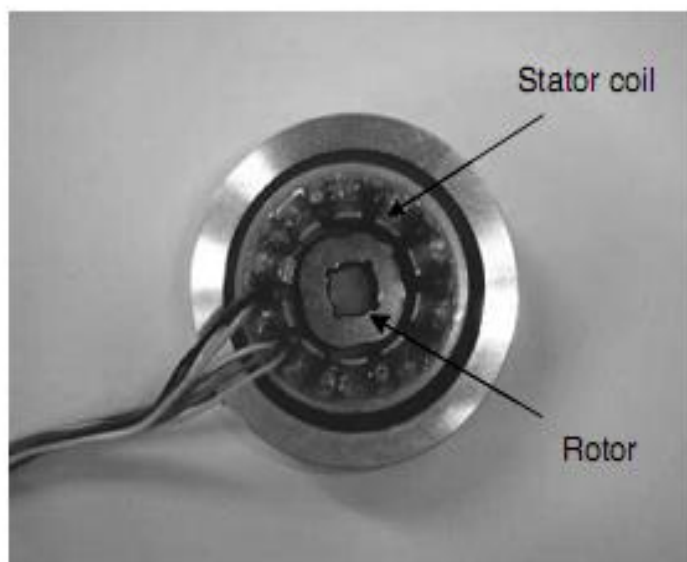
- a. Bộ mã hóa tuyệt đối bốn bit
- b. Mã hóa gia tăng

Tuy nhiên trước xung “Z” thì vị trí tuyệt đối của rô to không xác định được, để giải quyết vấn đề này các xung U,V,W đôi khi được cung cấp đó là các xung có chu kỳ công tác là 50% và pha của mỗi dãy xung là 120° lệch nhau. Tuy nhiên vị trí tuyệt đối của rôto không thể xác định chính xác trong khoảng $\pm 30^\circ$. Trong rất nhiều ứng dụng công nghiệp bộ mã gia tăng với số lượng P_{PR} nhỏ hơn 8192 được sử dụng tuy nhiên ở những ứng dụng công nghiệp đòi hỏi sự chính xác của tốc độ và vị trí thì bộ mã có P_{PR} là 2^{23} được sử dụng. Một bộ mã có số lượng P_{PR} cao như vậy có thể nhận được bằng sự nội suy của hàng nghìn tín hiệu P_{PR} dựa trên việc xử lý các tín hiệu số. Bằng cách sử dụng các bộ mã gia tăng tốt như thế này ngay cả trường hợp bằng

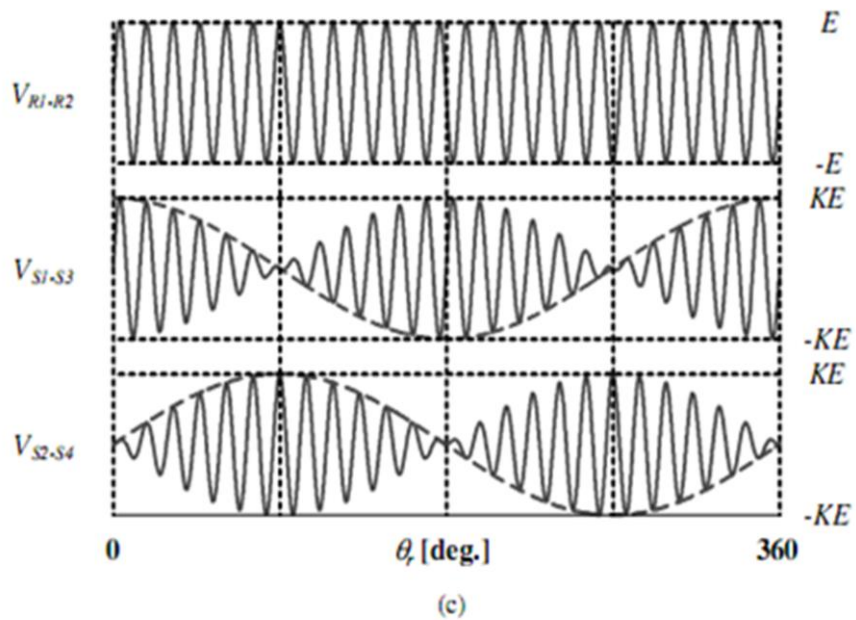
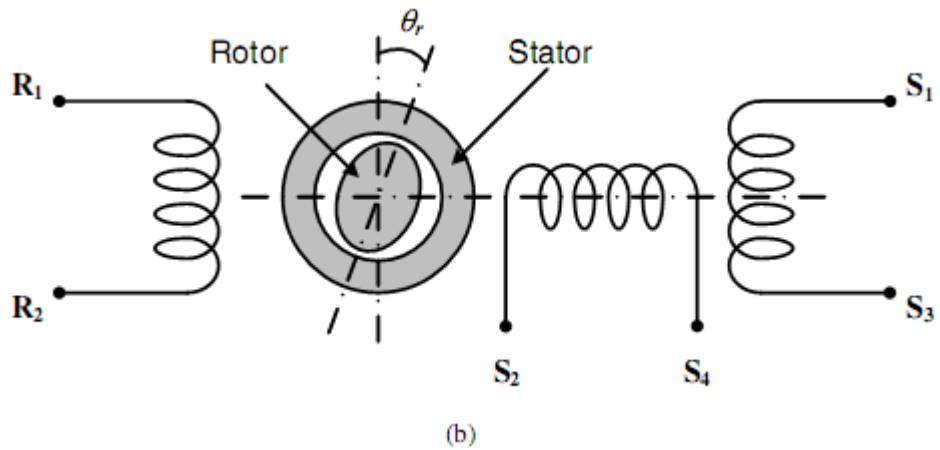
thông bộ điều chỉnh có tốc độ nhỏ hơn một vài vòng/phut, một vài nghìn rad/s của điều chỉnh tốc độ cũng có thể nhận được.

2.2.3. Resolver (bộ giải mã) thiết bị phân tích.

Bộ giải mã (thiết bị phân tích) là một loại máy đồng bộ từ trở trong đó từ trở là hàm của vị trí roto. Loại này thường có 3 cuộn dây như chỉ ra ở Hình 2.3. Trong đó một cuộn dây dùng làm nguồn kích từ cấp một điện áp không đổi hình sin, các cuộn khác được sử dụng để nhận biết vị trí ro to các cuộn dây này lệch pha nhau 90^0 trong không gian. Từ điện áp của 2 cuộn dây vị trí tuyệt đối của ro to có thể xác định được. Ở hình 2.3a là dạng ngoài của bộ phân tích còn cấu trúc của roto và stato biểu diễn trên hình 2.3b Số lượng cực của bộ phân tích có thể là số chẵn bất kỳ nhưng ở hình 2.3a bộ phân tích có 2 cực được mô tả cho đơn giản để hiểu. Ở hình 2.3c tín hiệu ra theo vị trí của roto được giới thiệu .Nếu điện áp ở (2.1) là điện áp giữa các cực R_1 và R_2 thì điện áp ra có thể được mô tả như (2.2).



(a)



Hình 2.3 Nguyên tắc hoạt động của bộ giải mã

- Hình dạng bên ngoài của bộ giải mã bốn cực
- Sơ đồ của một bộ giải mã hai cực
- Điện áp kích thích và điện áp đầu ra theo vị trí của rotor

$$V_{R1-R2} = E \sin \omega t \quad (2.1)$$

$$V_{S1-S3} = KE \sin \omega t \cos(PP\theta_r) \quad (2.2a)$$

$$V_{s2-s4} = K E \sin \omega t \sin (PP \theta_r) \quad (2.2b)$$

Ở đây K-tỷ số vòng dây giữa cuộn vào và cuộn ra và PP là số cặp cực của bộ giải mã nó bằng nửa số cặp cực V và PP của bộ giải mã sẽ tiệm cận với số lượng cặp cực của máy điện. Như chỉ ra ở (2.2) điện áp ra đã chứa thông tin về rôto và giải mã 2 điện áp ra vị trí tuyệt đối của rô to có thể đo lường được.

Do cấu trúc của bộ giải mã giống như máy đồng bộ trở kháng nên bộ giải mã làm việc rất bền vững đối với các va đập cơ khí và có thể thích nghi với điều kiện làm việc của môi trường. Vì vậy nó được sử dụng khá rộng rãi như một cảm biến đo vị trí máy điện cho ô tô điện như ô tô lai hoặc ô tô điện.

Cùng với bộ phân tích thì bộ biến đổi công suất cùng bộ giải mã số (RDC) có thể cung cấp vị trí rô to và tốc độ trực tiếp dạng số. Bộ phân tích có nhiều ưu điểm tuy nhiên bộ phân tích vị trí hoàn toàn yếu kém nếu so sánh với bộ encoder quang và việc áp dụng của bộ phân tích với hệ thống điều chỉnh tốc độ cao bị hạn chế.

2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ PMSM.

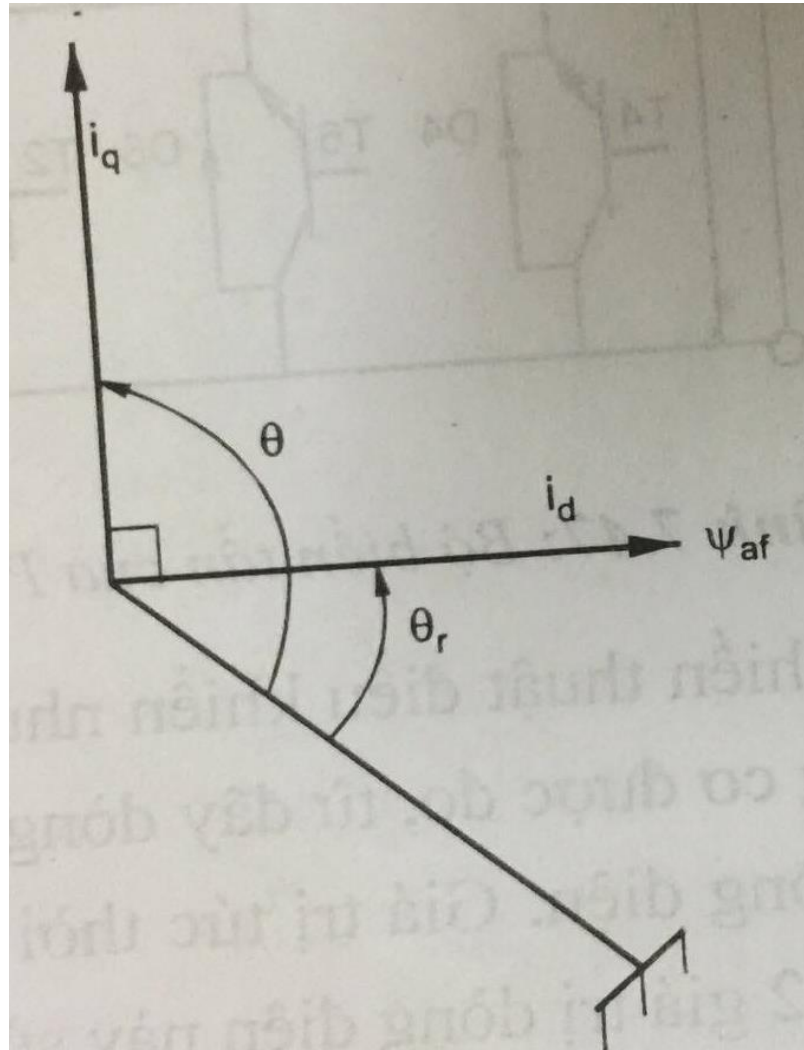
2.3.1. Điều khiển véc tơ máy PMSM.

Phương trình (1.6), (1.7) được trình bày ở dạng đồ thị hình 2.4.

Vì rằng từ thông móc vòng không đổi nên mô men tỉ lệ thuận với dòng ở trục q. Điều đó biểu thị như sau:

$$M_e = K_t i_q$$

Trong đó $K_t = \frac{3}{2} q \Psi_{af}$

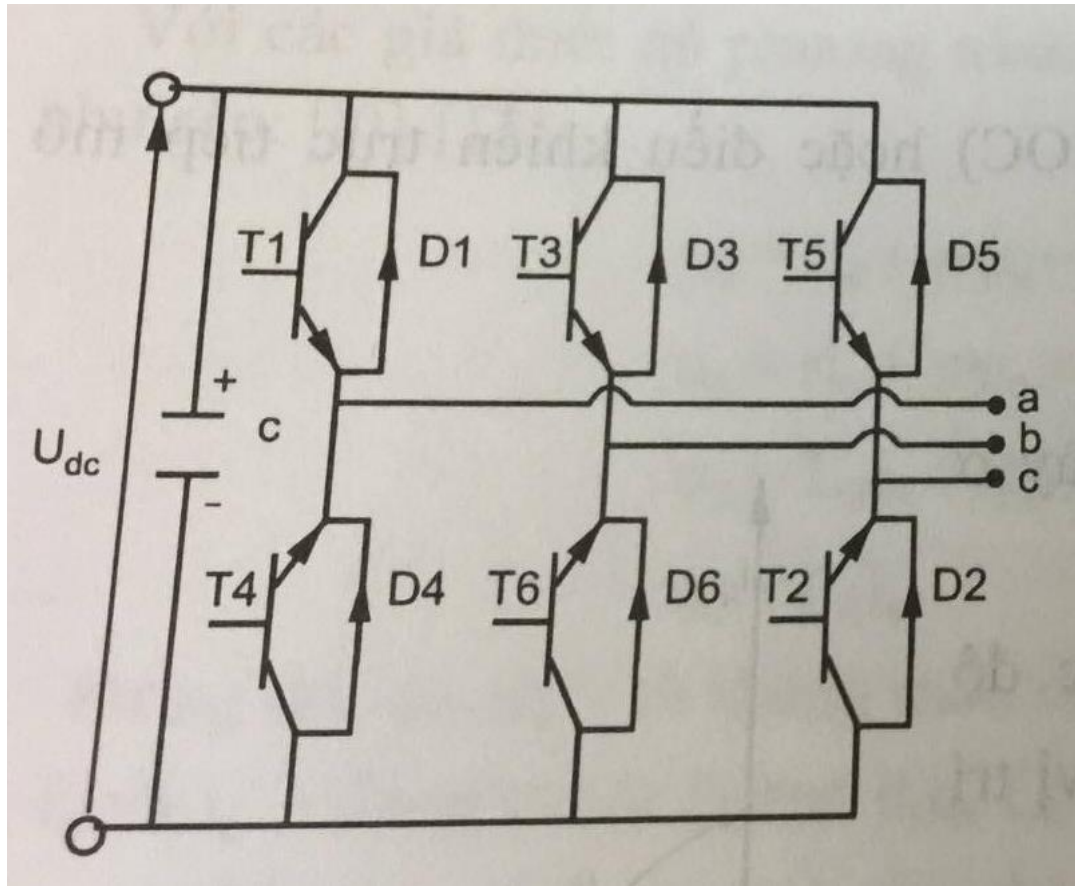


Hình 2.4 Sơ đồ vector của điều khiển vector

Phương trình mô men giống với động cơ một chiều kích từ độc lập và nó hoàn toàn cho phép chuyển PMSM về phương trình tương đương của động cơ một chiều kích từ độc lập. Tương tự có thể hiểu dòng i_d âm là hiện tượng làm yếu từ thông ở khe hở không khí biểu thức (1.6).

2.3.2. Bộ điều khiển dải trễ.

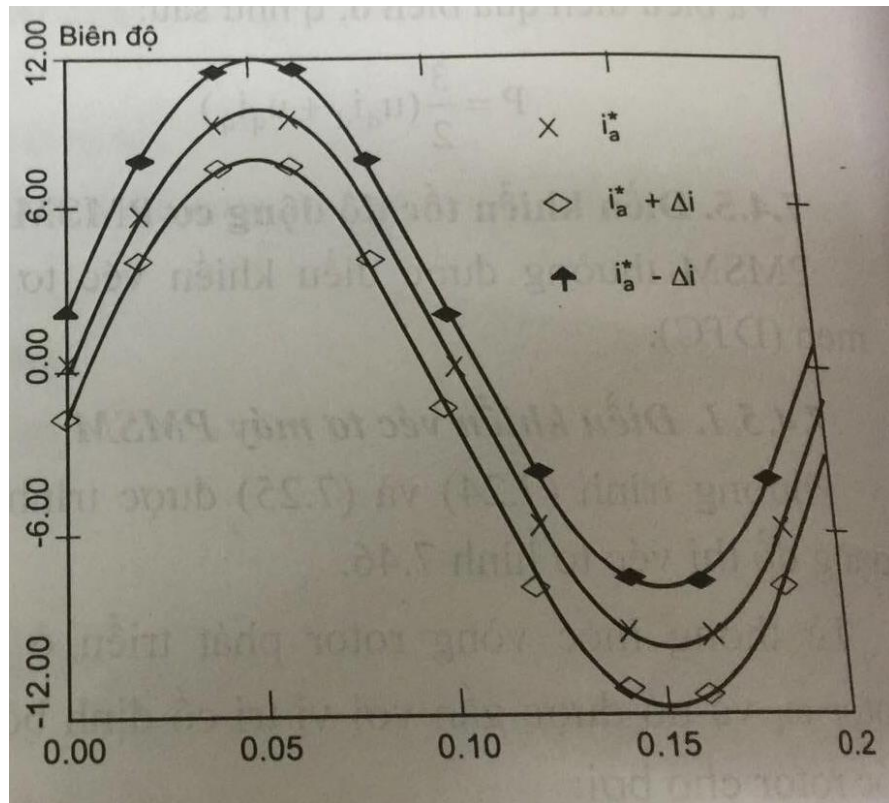
Trong các phương pháp điều khiển sử dụng ở PMSM cần các bộ điều khiển. Thông thường dùng bộ điều khiển dải trễ và bộ điều khiển PWM. Trước hết trình bày bộ điều khiển dải trễ ở PMSM.



Hình 2.5 Bộ biến tần của PMSM

Mạch công suất điều khiển động cơ PMSM ở hình 2.5. Giả thiết điện áp mạch dòng một chiều lọc tốt. Sáu van $T_1 - T_6$ được sử dụng điều khiển 3 dòng điện 3 pha stator.

Điều khiển như sau: Giá trị tức thời của dòng điện i_a và i_b chạy trong động cơ được đo, từ đây dòng i_c được xác định, điều này loại bỏ sự cần thiết một sensor dòng điện. Giá trị tức thời và giá trị đặt được so sánh với nhau tạo sai số. Để so sánh 2 giá trị dòng điện này sử dụng sơ đồ hình 2.6.



Hình 2.6 Bộ điều khiển dải trễ dòng điện

Tại hình 2.6 biểu diễn giá trị dòng đặt i_a^* . Ngoài ra có 2 đường cong khác là đường cong $(i_a^* + \Delta i)$ và $(i_a^* - \Delta i)$. Δi xác định biên độ giải trễ. Tính chất trên cho phép giá trị tức thời i_a vượt qua hay nhỏ hơn giá trị so sánh một đại lượng Δi . Logic này cho ở bảng 2.1

Bảng 2.1 Logic của bộ điều khiển giải trễ

i_a^*	i_a	T_1	T_4	V_{dn}
≥ 0	$i_a \leq (i_a^* - \Delta i)$	On	Off	$+U_{dc}/2$
≥ 0	$i_a \geq (i_a^* + \Delta i)$	Off	Off	$+U_{dc}/2 (D_4 \text{ on})$
< 0	$i_a \geq (i_a^* + \Delta i)$	Off	On	$-U_{dc}/2$
< 0	$i_a \leq (i_a^* - \Delta i)$	Off	Off	$+U_{dc}/2 (D_1 \text{ on})$

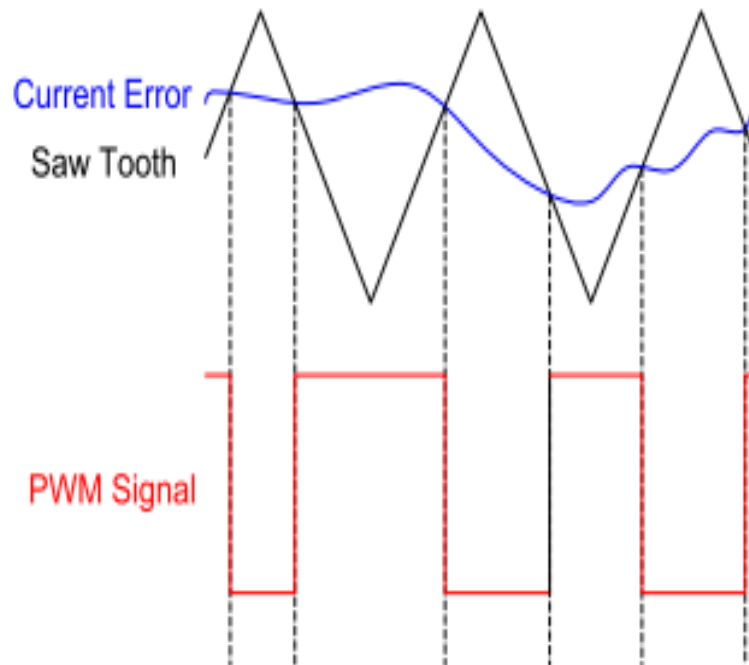
Tương tự dùng cho 2 pha còn lại. Khi T_1 mở dòng i_a tăng theo chiều dương nên sẽ dùng pha B hoặc pha C là đường khép kín trở về. Ngay sau khi T_1 chuyển từ mở sang ngắt và khi dòng điện chạy qua máy không thể đạt giá trị zero ngay lập tức thì diot mắc song song với các transistor bổ xung của nó, trong trường hợp này T_4 bắt đầu dẫn dòng pha A, khi điều này xảy ra thì điện áp của pha A chuyển từ $U_{dc}/2$ tới $-U_{dc}/2$.

Trường hợp ngược lại khi T_4 chuyển từ mở sang ngắt một quá trình tương tự xảy ra ở pha khác. Lý do để gọi là bộ điều khiển dải trễ là vì sự chuyển điện áp pha xảy ra đã giữ dòng điện trong giải trễ đó, do đó dòng điện pha có dạng gần hình sin. Khi giải trễ càng nhỏ thì dạng dòng điện càng giống hình sin, tuy nhiên giải trễ hẹp lại thì tần số đóng mở các van lớn, điều này bị hạn chế bởi tần số đóng mở các van điện tử công suất. Tần số đóng ngắt tăng làm tăng tổn hao ở bộ biến tần.

2.3.3. Bộ điều chỉnh PWM.

Điều khiển PWM hiện nay được sử dụng rộng rãi. Tần suất chuyển đổi thường được giữ không thay đổi. Chúng dựa trên nguyên tắc so sánh một làn sóng hình tam giác của sự mong muốn tần số chuyển mạch và được so sánh với lỗi của tín hiệu điều khiển. Tín hiệu báo lỗi xuất phát từ tổng của tín hiệu tham chiếu được tạo ra trong bộ điều khiển và âm của dòng động cơ thực tế. So sánh sẽ dẫn đến một tín hiệu điều khiển điện áp đi vào cổng của bộ biến đổi nguồn điện áp để tạo ra đầu ra mong muốn. Sự kiểm soát của nó sẽ đáp ứng theo lỗi. Nếu lệnh lỗi lớn hơn dạng sóng tam giác, thì chân biến tần được giữ chuyển sang cực dương (bật trên). Khi lệnh lỗi ít hơn các dạng sóng tam giác, biến tần chân được chuyển sang tiêu cực phân cực (chuyển đổi thấp hơn). Điều này sẽ tạo ra một tín hiệu PWM như trong hình 2.7. Biến tần chân bị buộc phải chuyển đổi ở tần số sóng tam giác và tạo ra điện áp đầu ra tỷ lệ

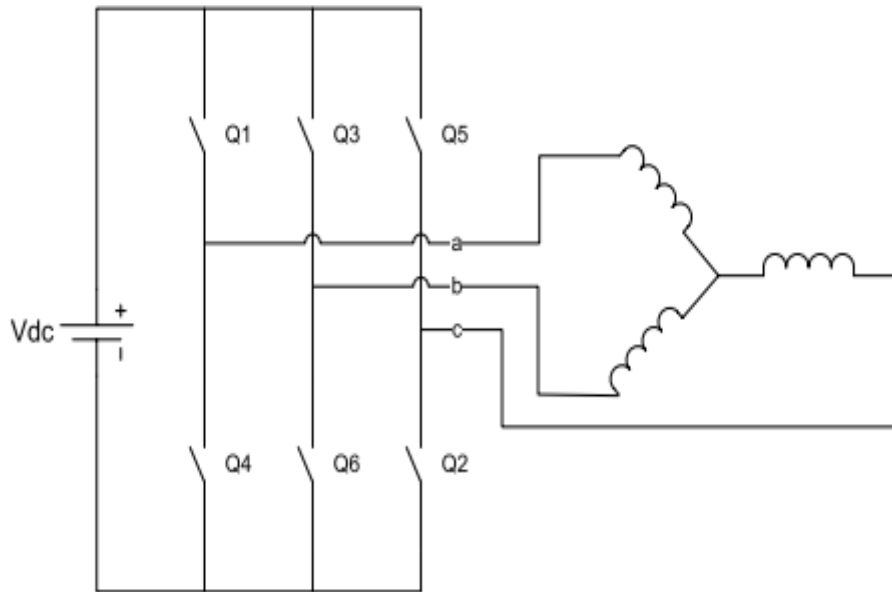
thuận với lệnh lỗi hiện tại. Bản chất của dòng sản lượng có kiểm soát bao gồm một sao chép của tham chiếu hiện tại với tần số cao PWM gợn chồng lên nhau.



Hình 2.7 Bộ điều khiển dòng PWM

2.3.4. Biến tần.

Nguồn điện áp biến tần là thiết bị chuyển đổi điện áp DC sang điện áp AC của tần số và cường độ biến đổi. Chúng thường được sử dụng trong các ổ đĩa tốc độ điều chỉnh và được đặc trưng bởi một dạng sóng điện áp. Hình 2.8 cho thấy một biến tần nguồn điện áp. Tần số điện áp AC có thể thay đổi hoặc liên tục tùy thuộc vào ứng dụng.



Hình 2.8 Bộ biến tần nguồn điện áp nối với động cơ

Biến tần ba pha bao gồm sáu công tắc nguồn được kết nối như trong hình 2.8 đến một nguồn điện áp DC. Các thiết bị chuyển mạch biến tần phải được lựa chọn cẩn thận dựa trên yêu cầu vận hành, xếp hạng và ứng dụng. Có một số thiết bị có sẵn. Ngày nay và đây là những thyristor, bóng bán dẫn lưỡng cực nối tiếp (BJTs), hiệu ứng trường MOS bóng bán dẫn (MOSFET), bóng bán dẫn lưỡng cực công (IGBT) và công ngắt thyristor (GTO). Danh sách các thiết bị với khả năng chuyển mạch tương ứng được hiển thị trong bảng 2.2 MOSFETs và IGBT được ngành công nghiệp ưa chuộng hơn vì giấy phép hoạt động của MOS đạt được quyền lực cao và kiểm soát lợi thế.

Trong khi MOSFET được coi là một sức mạnh phổ quát thiết bị cho các ứng dụng năng lượng thấp và điện áp thấp, IGBT đã chấp nhận rộng rãi cho động cơ ổ đĩa và các ứng dụng khác ở mức công suất thấp và trung bình. Các thiết bị điện khi được sử dụng trong các ứng dụng ổ đĩa động cơ đòi hỏi một đường dẫn động cơ quy nạp được cung cấp bởi diốt chống song song khi chuyển đổi bị tắt. Biến tần với diốt tương phản được hiển thị.

Bảng 2.2 Danh sách các thiết bị với khả năng chuyển mạch tương ứng

Device	Power Capability	Switching Speed
BJT	Medium	Medium
GTO	High	Low
IGBT	Medium	Medium
MOSFET	Low	High
THYRISTOR	High	Low

2.4. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.

Hiện nay các phương pháp trên đã được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực điều khiển truyền động động cơ xoay chiều ba pha. Tuy nhiên bên cạnh những ưu điểm, các phương pháp vẫn tồn tại những khuyết điểm:

- Điều chế độ rộng xung (PWM) trên cơ sở điều chế vectơ không gian gây sóng hài bậc cao.
- Điều khiển vectơ tựa theo từ thông vẫn gặp một số hạn chế: nhạy với sự thay đổi thông số của động cơ như hằng số thời gian rotor và đo lường từ thông không chính xác tại tốc độ thấp. Do đó hiệu suất giảm.

CHƯƠNG 3.

ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ PMSM.

3.1. MỞ ĐẦU.

Như chúng ta đã biết, động cơ không đồng bộ đã được ứng dụng rất rộng rãi trong đời sống cũng như được ứng dụng trong các dây chuyền sản xuất công nghiệp. Nó được ứng dụng rộng rãi và phổ biến như vậy bởi tính gọn nhẹ và điều khiển linh hoạt.

Tuy nhiên, động cơ không đồng bộ nó cũng tồn tại những ưu nhược điểm nhất định. Với các loại tải đòi hỏi công suất lớn, hay trong một số ứng dụng đặc biệt nhất định... ta cần phải sử dụng tới động cơ một chiều hoặc động cơ đồng bộ. Trong những thập niên gần đây, động cơ đồng bộ kích từ nam châm vĩnh cửu (ĐCĐBKTNVC) được dùng rộng rãi trong các ứng dụng truyền động điều chỉnh tốc độ. Các ứng dụng phổ biến nhất là hệ truyền động servo, với dải điều chỉnh tốc độ rộng. So với động cơ không đồng bộ, ĐCĐBKTNVC có hiệu suất cao hơn, vì không có tổn hao trong rotor. Dòng điện không tải bé, các đặc tính điều khiển ít nhạy với sự biến thiên thông số của động cơ. ĐCĐBKTNVC so với động cơ điện một chiều thì đơn giản hơn, dễ chế tạo, làm việc tin cậy, ít phải bảo dưỡng. ĐCĐBKTNVC còn có khả năng làm việc với tốc độ rất cao là - 14 - vùng tốc độ mà truyền động động cơ một chiều khó đạt được.

Động cơ đồng bộ kích từ NVC có ưu điểm của cả hai loại động cơ một chiều và động cơ xoay chiều không đồng bộ. Ngoài ra từ thông rotor có giá trị không đổi, vì vậy động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu dễ dàng hơn trong điều chỉnh tốc độ và moment. ĐCĐBKTNVC được ứng dụng chủ yếu cho các hệ truyền động công suất công suất bé và trung bình. Các ĐCĐBKTNVC sử dụng chuyển mạch điện tử không cần chổi than được

dùng nhiều trong các hệ truyền động động cơ điện đòi hỏi chất lượng của truyền động là cao. Hơn nữa, chất lượng của động cơ cũng ngày càng được nâng cao do công nghệ vật liệu kỹ thuật cũng ngày càng phát triển mạnh, có thể tạo ra được các loại nam châm vĩnh cửu có đặc tính từ tốt, và quá trình khử từ theo thời gian được cải thiện một cách đáng kể.

3.2. CÁC ỨNG DỤNG CỦA PMSM.

Do có ưu điểm nhỏ gọn để tiết kiệm không gian. Điện năng tiêu thụ ít hơn 30% (so với động cơ điện thông thường). Không có cổ góp và chổi than nên không có hiện tượng tia lửa điện nên ứng dụng của PMSM rất rộng rãi trong công nghiệp.

- Động cơ PMSM công suất lớn được sử dụng trong công nghiệp luyện kim, khai thác mỏ, thiết bị lạnh, truyền động các máy bơm, nén khí, quạt gió, robot, quá trình sản xuất, ô tô điện, cần trục, cầu trục ở các cảng biển.

- Động cơ đồng bộ công suất nhỏ được sử dụng trong các thiết bị như đồng hồ điện, dụng cụ tự ghi, thiết bị lập chương trình, máy bù đồng bộ.

- PMSM còn được sử dụng trong máy thổi khí, máy bơm nước, vành đai máy, máy công cụ vv. Trong ngành công nghiệp hóa dầu, ngành công nghiệp năng lượng, ngành công nghiệp giao thông vận tải, ngành công nghiệp dệt may.

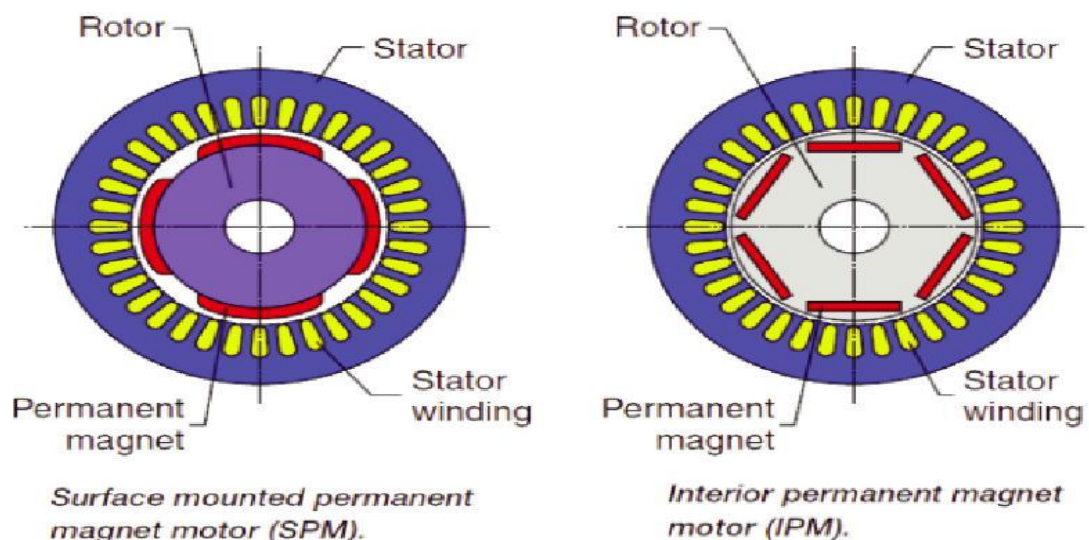
3.3. MỘT VÀI VÍ DỤ ỨNG DỤNG PMSM.

3.3.1. Ứng dụng cho ô tô điện [3].

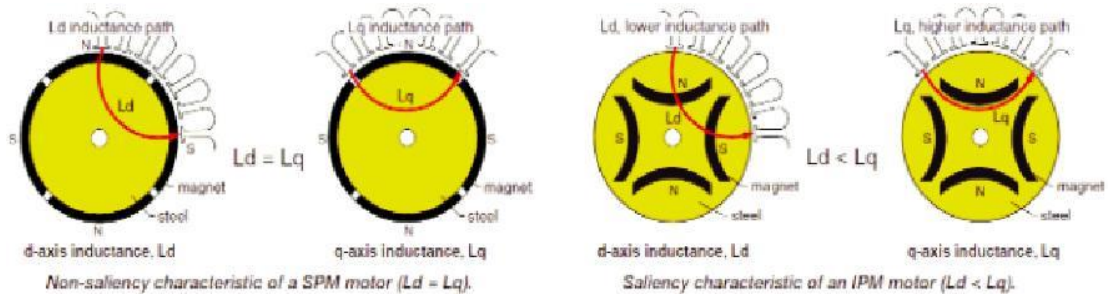
Động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm có những ưu thế gần như tuyệt đối trong ứng dụng cho ô tô điện. Động cơ nam châm vĩnh cửu thông thường có nam châm được gắn trên bề mặt rotor vốn đã có đặc tính điều khiển rất tốt. Động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm có nam châm được gắn chìm bên trong rotor (hình 3.1), dẫn tới sự khác biệt giữa điện cảm dọc trục và điện cảm

ngang trục (hình 3.2), từ đó tạo khả năng sinh mômen từ trở (Reluctance Torque) cộng thêm vào mômen vốn có do nam châm sinh ra (Magnet Torque) như ta thấy trên hình 3.3. Đặc tính này khiến động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm có khả năng sinh mômen rất cao, đặc biệt phù hợp cho ô tô điện. Mặt khác, động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm có phản ứng phần ứng mạnh, dẫn tới khả năng giảm từ thông mạnh, cho phép nâng cao vùng điều chỉnh tốc độ.

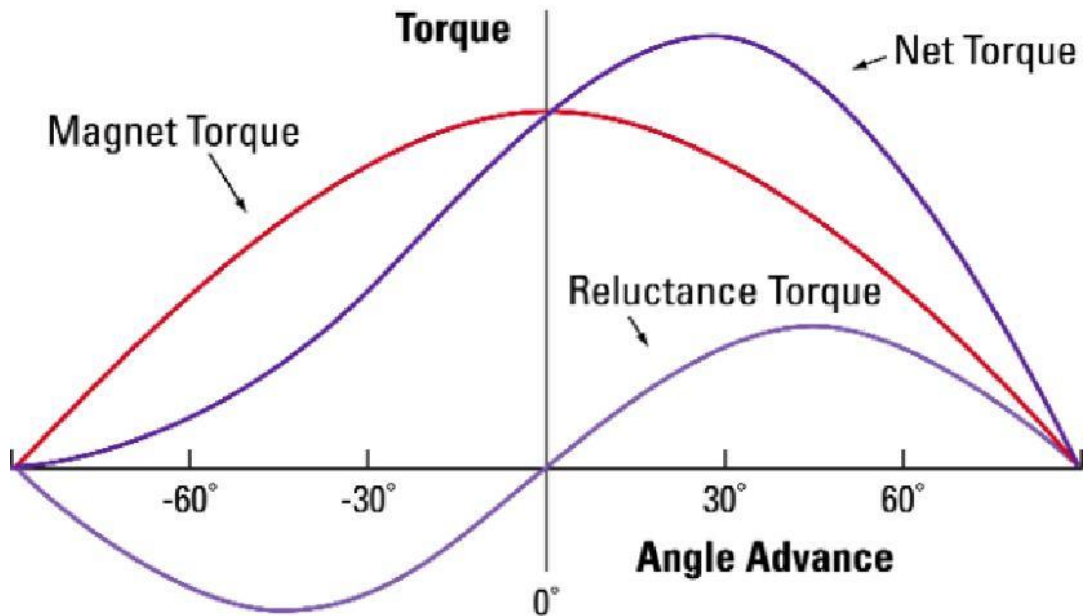
Theo tìm hiểu của nhóm tác giả, động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm được sử dụng cho xe Nissan Leaf – ô tô điện được biết đến nhiều nhất hiện nay. Hãng Mitsubishi khi giới thiệu mẫu xe MiEV (Mitsubishi innovative Electric Vehicle) và MIEV (Mitsubishi In-wheel Electric Vehicle) đã không công bố rõ loại động cơ sử dụng cho các mẫu xe này. Tuy nhiên, theo phán đoán của các tác giả, rất có khả năng họ sử dụng động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm, vì một trong những nhà khoa học có nhiều nghiên cứu nhất về loại động cơ này, GS. Shigeo Morimoto, đã từng làm việc cho hãng Mitsubishi.



Hình 3.1 So sánh cấu trúc của động cơ nam châm vĩnh cửu cực nổi và nam châm vĩnh cửu cực chìm.



Hình 3.2 Khác với loại nam châm vĩnh cửu cực nổi, động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm có điện cảm dọc trục và ngang trục khác nhau.



Hình 3.3 Đặc tính sinh mômen của động cơ nam châm vĩnh cửu cực chìm.

3.3.2. Ứng dụng cho máy nén khí.

Trang bị với động cơ PMSM hiệu năng cao, so với động cơ hiệu năng cao thông thường, nó tiết kiệm năng lượng hơn, đặc biệt với tốc độ quay cố định hay thay đổi.

Động cơ và trục vít được tích hợp trực tiếp trong một cấu trúc, giảm thiểu năng lượng tiêu thụ truyền động, đạt hiệu quả cao.

Động cơ có thể được khởi động tức thì sau khi tắt; khởi động-ngắt không làm giảm tuổi thọ động cơ; dòng khởi động ít hơn dòng chạy đầy tải 100%.

Động cơ PMSM áp dụng nam châm vĩnh cửu NdFeB hiệu quả cao. Nam châm không mất tác dụng ở 120°C. Tuổi thọ hơn 15 năm. Cuộn dây stato áp dụng dây điện tráng men bền điện hoa biến tần đặc biệt. Hiệu quả cách nhiệt tốt, tuổi thọ cao. Động cơ có ưu điểm với thể tích nhỏ, chỉ khoảng 1/3 kích cỡ so với động cơ thông thường, tiết kiệm không gian. Cách cài đặt độc nhất có thể tháo dỡ tức thì và rất thuận tiện.

3.3.3. Ứng dụng cho đầu máy toa xe.

Đạt được hiệu suất cao nhờ sử dụng động cơ đồng bộ với một rô-to nam châm vĩnh cửu thay cho động cơ cảm ứng (IM) được sử dụng từ trước đến nay làm động cơ kéo nhiều toa tàu điện. (Hiệu suất của IM: 90% - 92% → hiệu suất của PMSM: 97%). Ngoài ra, ít phải bảo dưỡng và tiếng ồn thấp khi sử dụng trong công trình xây dựng hoàn toàn khép kín (trong đó không khí bên ngoài không được đưa vào bên trong để làm mát) với PMSM. Điện năng tiêu thụ giảm hơn 50% so với động cơ cảm ứng.



Hình 3.4 Xe toa và động cơ sử dụng cho đầu máy xe toa

KẾT LUẬN

Dưới sự hướng dẫn tận tình của GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn, các thầy cô trong khoa Điện- Điện tử trường Đại học Dân lập Hải Phòng, sự giúp đỡ của các bạn và sự nỗ lực của bản thân em đã hoàn thành xong đồ án tốt nghiệp của mình. Đồ án đã giải quyết những vấn đề sau:

Giới thiệu về cấu tạo và nguyên lý, tính chất của máy điện đồng bộ có cuộn kích từ và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

Trình bày khái quát về các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

Nêu được một vài ứng dụng trong thực tiễn của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu .

Sau mười hai tuần làm đồ án, em đã hiểu thêm nhiều về cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ đồng bộ, đặc biệt là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Đó là những kinh nghiệm quý báu giúp em vững tin trong công việc sau này. Mặc dù đã hết sức cố gắng nhưng đề tài của em còn rất nhiều thiếu sót, em mong được sự chỉ bảo của các thầy cô.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016). *Nguyên lý hoạt động của máy điện*. NXB xây dựng.
2. Nguyễn Trọng Thắng (2006). *Máy điện đặc biệt*. TP Hồ Chí Minh.
4. Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Tiến Ban (2007). *Điều khiển tự động các hệ thống truyền động điện*. Hà Nội: Khoa học và Kỹ thuật.
3. *Các loại động cơ cho ô tô điện*. (<http://automation.info.vn/Cong-nghe-Ung-dung/Cac-loai-dong-co-su-dung-cho-o-to-dien.html>).
5. tailieu.hpu.edu.vn.