

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

TÌM HIỂU TÍNH CHẤT VÀ YÊU CẦU CỦA CÁC LOẠI
ĐỘNG CƠ ĐIỆN SỬ DỤNG TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

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

HẢI PHÒNG - 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

TÌM HIỂU TÍNH CHẤT VÀ YÊU CẦU CỦA CÁC LOẠI
ĐỘNG CƠ ĐIỆN SỬ DỤNG TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH: ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên

Phạm Đăng Quang

Giảng viên hướng dẫn :Th.S Nguyễn Đoàn Phong

HẢI PHÒNG - 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên: Phạm Đăng Quang - Mã SV: 1512102049

Lớp: DC1901 - Ngành: Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài: Tìm hiểu tính chất và yêu cầu của các loại động cơ điện sử dụng trong truyền động điện

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.

.....
.....
.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Th.S Nguyễn Đoàn Phong

Học hàm, học vị : Thạc Sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại Học Quản Lý và Công Nghệ 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

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày tháng năm

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Người hướng dẫn

Phạm Đăng Quang

Th.S Nguyễn Đoàn Phong

Hải Phòng, ngày tháng.....năm 2019

Hiệu trưởng

GS.TS.NGUYỄN Trần Hữu Nghị

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

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

.....
.....
.....
.....

1. Đánh giá chất lượng của đồ án/khóa luận (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 số liệu...)

.....
.....
.....
.....

2. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm

Giảng viên hướng dẫn

(Ký và ghi rõ họ tên)

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁNG VIÊN CHĂM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Đề tài tốt nghiệp:

1. Phần nhận xét của giáo viên chăm phản biện

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....
.....
.....
.....
.....

3. Ý kiến của giảng viên chăm phản biện

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm

Giảng viên chăm phản biện

(Ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU ..	3
1.1. Tổng quan về động cơ điện một chiều	3
1.1.1. Cấu tạo, phân loại động cơ điện một chiều	3
1.1.2. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều	6
1.2. Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều	9
1.2.1. Phương pháp thay đổi điện trở phản ứng	10
1.2.2. Phương pháp thay đổi từ thông Φ	11
1.2.3. Phương pháp thay đổi điện áp phản ứng	12
1.3. Giới thiệu một số hệ truyền động điện một chiều	15
1.3.1. Hệ truyền động máy phát - động cơ điện một chiều (F - Đ).....	15
Chương 2 MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	22
2.1. Lý luận chung về máy điện không đồng bộ	22
2.1.1. Kết cấu.....	22
2.1.2. Nguyên lý làm việc.....	24
2.1.3. Các trị số định mức	24
2.1.4. Sức điện động trong dây quấn máy điện không đồng bộ	25
2.2. Khởi động động cơ không đồng bộ.....	27
2.2.1 Khởi động trực tiếp	27
2.2.2 Khởi động dùng phương pháp giảm dòng khởi động.	27
2.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.	31
2.3.1. Mở đầu	31
2.3.2 Thay đổi tần số nguồn điện cung cấp f_1	32
2.3.3 Thay đổi số đôi cực	33
2.3.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch rô to.....	35
Chương 3 ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ	37
3.1. Động cơ đồng bộ	37
3.1.1 Tính chất động của động cơ đồng bộ	37
3.1.2. Khởi động động cơ đồng bộ:.....	38
3.2 Một số ứng dụng động cơ đồng bộ	43
3.2.1. Cấu tạo của động cơ PMSM.	43
3.2.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ PMSM.....	43
3.2.3. Mô hình máy PMSM.....	44
3.2.4 Điều khiển tốc độ động cơ PMSM.....	45
3.2.5.Điều khiển véc tơ máy PMSM.....	46
3.2.6.Bộ điều khiển dải trễ.	47
3.2.7. Bộ điều chỉnh PWM.....	48
KẾT LUẬN	51
TÀI LIỆU THAM KHẢO	52

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay với sự phát triển không ngừng của nền khoa học và kỹ thuật đã tạo ra những thành tựu to lớn, trong đó ngành tự động hóa cũng góp phần không nhỏ vào thành công đó. Một trong những vấn đề quan trọng trong các dây truyền tự động hóa sản xuất hiện đại là việc điều chỉnh tốc độ động cơ. Từ trước đến nay, động cơ một chiều vẫn luôn là loại động cơ được sử dụng rộng rãi kể cả trong những hệ thống yêu cầu cao. Vì vậy em đã được giao đề tài là: “Tìm hiểu tính chất và yêu cầu của các loại động cơ điện sử dụng trong truyền động điện”.

Trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp em luôn nhận được sự hướng dẫn chỉ bảo tận tình và cung cấp nhiều tài liệu của thầy giáo TS NGUYỄN ĐOÀN PHONG. Em xin gửi lời cảm ơn trân thành đến hai thầy. Tuy nhiên, do thời gian và giới hạn của đề án cùng với phạm vi nghiên cứu tài liệu với kinh nghiệm và kiến thức còn hạn chế lên bản đề án này không tránh khỏi nhiều thiếu sót rất mong sự đóng góp ý kiến của thầy cô để bản đề án của em được hoàn thiện hơn.

Nội dung của đề tài được chia làm ba chương

- + **Chương 1: Tổng quan về hệ truyền động điện một chiều**
- + **Chương 2: Động cơ không đồng bộ**
- + **Chương 3: Động cơ đồng bộ**

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.1. Tổng quan về động cơ điện một chiều

1.1.1. Cấu tạo, phân loại động cơ điện một chiều

a. Cấu tạo của động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều có thể phân thành hai phần chính: Phần tĩnh và phần động.

- Phần tĩnh hay stato hay còn gọi là phần kích từ động cơ, là bộ phận sinh ra từ trường nó gồm có:

+) Mạch từ và dây cuốn kích từ lồng ngoài mạch từ (nếu động cơ được kích từ bằng nam châm điện), mạch từ được làm bằng sắt từ (thép đúc, thép đặc). Dây quấn kích thích hay còn gọi là dây quấn kích từ được làm bằng dây điện từ, các cuộn dây điện từ nay được mắc nối tiếp với nhau.

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

+) Gông từ: Gông từ dùng làm mạch từ nối liền các cực từ, đồng thời làm vỏ máy. Trong động cơ điện nhỏ và vừa thường dùng thép dày uốn và hàn lại, trong máy điện lớn thường dùng thép đúc. Có khi trong động cơ điện nhỏ dùng gang làm vỏ máy.

+) Các bộ phận khác:

Nắp máy: Để bảo vệ máy khỏi những vật ngoài rơi vào làm hư hỏng dây quấn và an toàn cho người khỏi chạm vào 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 bao gồm có chổi than đặt trong hộp chổi than 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 lại.

- Phần quay hay rôto: Bao gồm những bộ phận chính sau.

+) Phần sinh ra sức điện động gồm có:

Mạch từ được làm bằng vật liệu sắt từ (lá thép kỹ thuật) xếp lại với nhau. Trên mạch từ có các rãnh để lồng dây quấn phần ứng.

Cuộn dây phần ứng: Gồm nhiều bó dây nối với nhau theo một qui luật nhất định. Mỗi bó dây gồm nhiều vòng dây các đầu dây của bó dây được nối với các phiến đồng gọi là phiến góp, các phiến góp đó được ghép cách điện với nhau và cách điện với trục gọi là cổ góp hay vành góp.

Tỳ trên cổ góp là cặp trổ than làm bằng than graphit và được ghép sát vào thành cổ góp nhờ lò xo.

+) Lõi sắt phần ứng: Dùng để dẫn từ, thường dùng những tấm thép kỹ thuật điện dày 0,5mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao 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 động cơ trung bình trở lên người ta còn dập những lỗ thông gió để khi ép lại thành lõi sắt có thể tạo được những lỗ thông gió dọc trục. Trong những động cơ điện lớn hơn thì lõi sắt thường chia thành những đoạn nhỏ, giữa những đoạn ấy có để một khe hở gọi là khe hở thông gió. Khi máy làm việc gió thổi qua các khe hở làm nguội dây quấn và lõi sắt.

Trong động cơ điện một chiều nhỏ, lõi sắt phần ứng được ép trực tiếp vào trục. Trong động cơ 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.

+) Dây quấn phần ứng: Dây quấn phần ứng là phần phát sinh ra suất điện động và có dòng điện chạy qua, dây quấn phần ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ có công suất dưới vài Kw thường dùng

dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây tiết diện chữ nhật, dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh của lõi thép.

Để tránh khi quay bị văng ra do lực li tâm, ở miệng rãnh có dùng nêm để đê chặt hoặc đai chặt dây quấn. Nêm có thể làm bằng tre, gỗ hay bakelit.

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

b. Phân loại, ưu nhược điểm của động cơ điện một chiều

- Phân loại động cơ điện một chiều

Khi xem xét động cơ điện một chiều cũng như máy phát điện một chiều người ta phân loại theo cách kích thích từ các động cơ. Theo đó ta có 4 loại động cơ điện một chiều thường sử dụng:

+) Động cơ điện một chiều kích từ độc lập: Phản ứng và phản kích từ được cung cấp từ hai nguồn riêng rẽ.

+) Động cơ điện một chiều kích từ song song: Cuộn dây kích từ được mắc song song với phần ứng.

+) Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp: Cuộn dây kích từ được mắc nối tiếp với phần ứng.

+) Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp: Gồm có 2 cuộn dây kích từ, một cuộn mắc song song với phần ứng và một cuộn mắc nối tiếp với phần ứng.

- Ưu nhược điểm của động cơ điện một chiều

Do tính ưu việt của hệ thống điện xoay chiều: để sản xuất, để truyền tải..., cả máy phát và động cơ điện xoay chiều đều có cấu tạo đơn giản và công suất lớn, dễ vận hành... mà máy điện (động cơ điện) xoay chiều ngày càng được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Tuy nhiên động cơ điện một chiều vẫn giữ một vị trí nhất định trong công nghiệp giao thông vận tải, và nói chung ở các thiết bị cần điều khiển tốc độ quay liên tục trong phạm vi rộng (như trong máy cán thép, máy công cụ lớn, đầu máy điện...). Mặc dù so với động cơ không đồng bộ để chế tạo động cơ điện một chiều cùng cỡ thì giá thành đắt hơn do sử dụng nhiều

kim loại màu hơn, chế tạo bảo quản cở góp phức tạp hơn. Nhưng do những ưu điểm của nó mà máy điện một chiều vẫn không thể thiếu trong nền sản xuất hiện đại.

+) Ưu điểm của động cơ điện một chiều là có thể dùng làm động cơ điện hay máy phát điện trong những điều kiện làm việc khác nhau. Song ưu điểm lớn nhất của động cơ điện một chiều là điều chỉnh tốc độ và khả năng quá tải. Nếu như bản thân động cơ không đồng bộ không thể đáp ứng được hoặc nếu đáp ứng được thì phải chi phí các thiết bị biến đổi đi kèm (như bộ biến tần....) rất đắt tiền thì động cơ điện một chiều không những có thể điều chỉnh rộng và chính xác mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại đạt chất lượng cao.

+) Nhược điểm chủ yếu của động cơ điện một chiều là có hệ thống cở góp - chổi than nên vận hành kém tin cậy và không an toàn trong các môi trường rung chấn, dễ cháy nổ.

1.1.2. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều

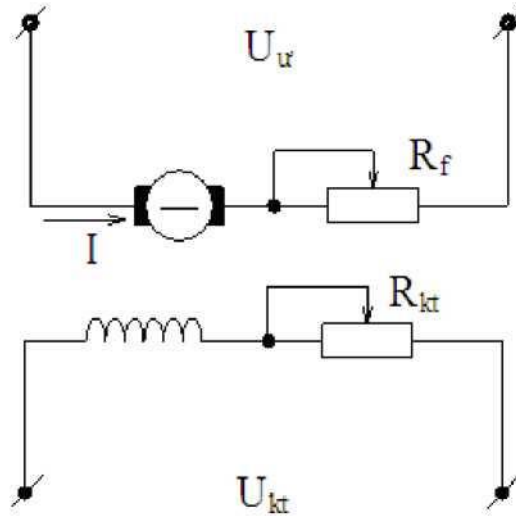
a. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

Khi cho điện áp một chiều vào, trong dây quấn phần ứng có điện. Các thanh dẫn có dòng điện nằm trong từ trường sẽ chịu lực tác dụng làm rôto quay, chiều của lực được xác định bằng quy tắc bàn tay trái.

Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí các thanh dẫn đổi chỗ cho nhau. Do có phiều góp chiều dòng điện dữ nguyên làm cho chiều lực từ tác dụng không thay đổi. Khi quay, các thanh dẫn cắt từ trường sẽ cảm ứng với suất điện động E_r chiều của suất điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải, ở động cơ chiều sđđ E_r ngược chiều dòng điện I_r nên E_r được gọi là sức phản điện động. Khi đó ta có phương trình: $U = E_r + R_r \cdot I_r$

b. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Khi nguồn một chiều có công suất không đủ lớn thì mạch điện phần ứng và mạch điện kích từ mắc vào hai nguồn độc lập nhau. Lúc này động cơ được gọi là động cơ điện một chiều kích từ độc lập [2].



Hình 1.1: Sơ đồ nối dây của động cơ điện một chiều kích từ độc lập
Ta có phương trình cân bằng điện áp của mạch phần ứng như sau:

$$U_{\text{ư}} - E_{\text{ư}} + (R_{\text{ư}} + R_{\text{f}})I_{\text{ư}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

$U_{\text{ư}}$: Điện áp phần ứng, V

$E_{\text{ư}}$: Sức điện động phần ứng, V

$R_{\text{ư}}$: Điện trở mạch phần ứng, Ω

$I_{\text{ư}}$: Dòng điện của mạch phần ứng, A

Với: $R_{\text{ư}} = r_{\text{ư}} + r_{\text{cf}} + r_{\text{b}} + r_{\text{ct}}$

$r_{\text{ư}}$: Điện trở cuộn dây phần ứng

r_{cf} : Điện trở cuộn dây cực từ phụ

r_{ct} : Điện trở tiếp xúc cuộn bù

Sức điện động $E_{\text{ư}}$ của phần ứng động cơ được xác định theo biểu thức:

$$E = \frac{P.N}{2\pi a} \cdot \Phi \cdot \omega = K \cdot \Phi \cdot \omega \quad (1.2)$$

Trong đó:

P: Số đôi cực từ chính

N: Số thanh dẫn tác dụng của cuộn dây phần ứng

a: Số đôi mạch nhánh song song của cuộn dây phần ứng

Φ : Từ thông kích từ dưới một cực từ

ω : Tốc độ góc (rad/s)

$K = \frac{P.N}{2\pi a}$: hệ số cấu tạo của động cơ

Từ (1.1) và (1.2) ta có:

$$\omega = \frac{U}{K.\Phi} - \frac{R_u + R_f}{K/\Phi} . I \quad (1.3)$$

Biểu thức trên là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ

Mặt khác, mô men điện từ M_{dt} của động cơ được xác định bởi

$$M_{dt} = K. \Phi . I_r$$

$$(1.4)$$

Với $I = \frac{M_{dt}}{K.\Phi}$ thay giá trị I vào (1.3) ta có

$$\omega = \frac{U}{K.\Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K.\Phi)^2} . M_{dt} \quad (1.5)$$

Nếu bỏ qua tổn thất cơ và tổn thất thép thì mômen cơ trên trục động cơ bằng mô men điện từ, ta ký hiệu là M. Nghĩa là: $M_t = M_{cơ} = M$

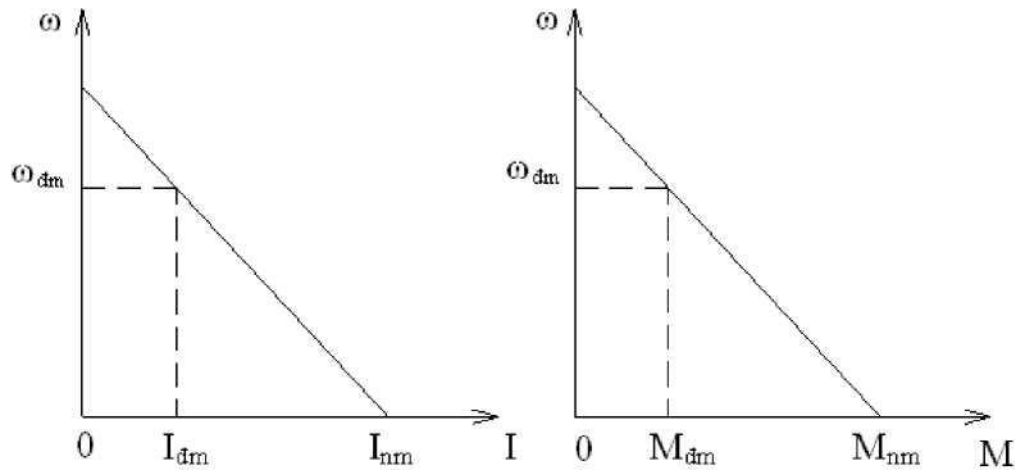
$$\omega = \frac{U}{K.\Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K.\Phi)^2} . M \quad (1.6)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Giả thiết phản ứng được bù đủ, từ thông $\Phi = \text{const}$, thì các phương trình đặc tính cơ điện (1.3) và phương trình đặc tính cơ (1.6) là tuyến tính. Đồ thị của chúng được biểu diễn trên hình 1.2 là những đường thẳng.

Theo các đồ thị, khi $I_r = 0$ hoặc $M = 0$ ta có: $\omega = \frac{U}{K.\Phi} = \omega_o$

ω_o được gọi là tốc độ không tải lý tưởng của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.



Hình 1.2: Đặc tính cơ điện và đặc tính cơ của động cơ điện một chiều

Khi $\omega = 0$ ta có:

$$I = \frac{U}{R_u + R_f} = I_{nm} \quad (1.7)$$

$$M = K \cdot \phi \cdot I_{nm} = M_{nm} \quad (1.8)$$

I_{nm} và M_{nm} được gọi là dòng điện ngắn mạch và mô men ngắn mạch.

Ngoài ra phương trình đặc tính (1.3) và (1.6) cũng có thể được viết dưới dạng:

$$\omega = \frac{U}{K \cdot \Phi} - \frac{R}{K \cdot \Phi} \cdot I = \omega_o - \Delta\omega \quad (1.9)$$

$$\omega = \frac{U}{K \cdot \Phi} - \frac{R}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M = \omega_o - \Delta\omega \quad (1.10)$$

Trong đó:

$$R = R_u + R_f$$

$$\omega_o = \frac{U}{K \cdot \Phi}$$

$$\Delta\omega = \frac{R}{K \cdot \Phi} \cdot I = \frac{R}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M$$

$\Delta\omega$ được gọi là độ sụt tốc độ ứng với giá trị của M. Từ phương trình đặc tính cơ ta thấy có 3 tham số ảnh hưởng đến đặc tính cơ: từ thông động cơ ϕ điện áp phần ứng U_u , điện trở phần ứng động cơ.

1.2. Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều

- Phương pháp thay đổi điện trở phần ứng
- Phương pháp thay đổi từ thông Φ

- Phương pháp thay đổi điện áp phần ứng

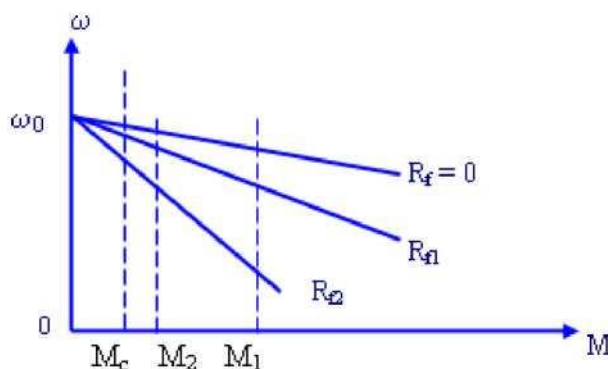
1.2.1. Phương pháp thay đổi điện trở phần ứng

- Đây là phương pháp thường dùng để điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều +) Nguyên lý điều khiển: Trong phương pháp này người ta giữ $U = U_{dm}$, $\Phi = \Phi_{dm}$ và nối thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng để tăng điện trở phần ứng [3].

Độ cứng của đường đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{(k\Phi)^2}{R_u + R_f} \quad (1.11)$$

+) Ta thấy khi điện trở càng lớn thì β càng nhỏ nghĩa là đặc tính cơ càng dốc và do đó càng mềm hơn.



Hình 1.3: Đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi điện trở phụ ứng

Với $R_f = 0$ ta có độ cứng tự nhiên β_{TN} có giá trị lớn nhất nên đặc tính cơ tự nhiên có độ cứng lớn hơn tất cả các đường đặc tính cơ có điện trở phụ. Như vậy, khi ta thay đổi R_f ta được một họ đặc tính cơ thấp hơn đặc tính cơ tự nhiên.

- Đặc điểm của phương pháp:

+) Điện trở mạch phần ứng càng tăng thì độ dốc đặc tính càng lớn, đặc tính cơ càng mềm, độ ổn định tốc độ càng kém và sai số tốc độ càng lớn.

+) Phương pháp này chỉ cho phép điều chỉnh tốc độ trong vùng dưới tốc độ định mức (chỉ cho phép thay đổi tốc độ về phía giảm).

+) Chỉ áp dụng cho động cơ điện có công suất nhỏ, vì tổn hao năng lượng trên điện trở phụ làm giảm hiệu suất của động cơ và trên thực tế thường dùng ở động cơ điện trong cần trục.

+) Đánh giá các chỉ tiêu: Phương pháp này không thể điều khiển liên tục được mà phải điều khiển nhảy cấp. Dải điều chỉnh phụ thuộc vào chỉ số mômen tải, tải càng nhỏ thì dải điều chỉnh $D = \omega_{\max} / \omega_{\min}$ càng nhỏ. Phương pháp này có thể điều chỉnh trong dải $D = 3 : 1$

+) Giá thành đầu tư ban đầu rẻ nhưng không kinh tế do tổn hao trên điện trở phụ lớn, chất lượng không cao dù điều khiển rất đơn giản.

1.2.2. Phương pháp thay đổi từ thông Φ

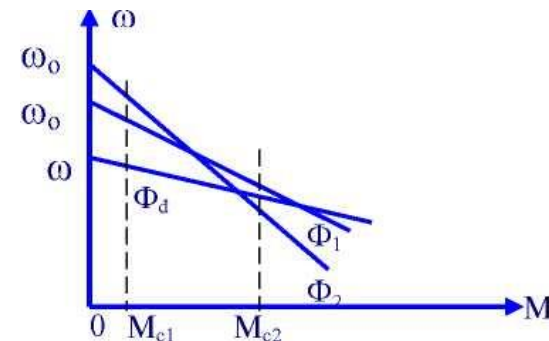
- Nguyên lý điều khiển:

Giả thiết $U = U_{dm}$, $R_u = \text{const}$. Muốn thay đổi từ thông động cơ ta thay đổi dòng điện kích từ, thay đổi dòng điện trong mạch kích từ bằng cách nối nối tiếp biến trở vào mạch kích từ hay thay đổi điện áp cấp cho mạch kích từ.

Bình thường khi động cơ làm việc ở chế độ định mức với kích thích tối đa

($\Phi = \Phi_{\max}$) mà phương pháp này chỉ cho phép tăng điện trở vào mạch kích từ nên chỉ có thể điều chỉnh theo hướng giảm từ thông Φ tức là điều chỉnh tốc độ trong vùng trên tốc độ định mức. Nên khi giảm Φ thì tốc độ không tải lý tưởng

$\omega_o = \frac{U_{dm}}{k\Phi}$ tăng, còn độ cứng đặc tính cơ $\beta = -\frac{\Phi}{R_u}$ giảm, ta thu được họ đặc tính cơ nằm trên đặc tính cơ tự nhiên[3].



Hình 1.4: Đặc tính cơ của động cơ khi giảm từ thông

- Khi tăng tốc độ động cơ bằng cách giảm từ thông thì dòng điện tăng và tăng vượt quá mức giá trị cho phép nếu mômen không đổi. Vì vậy muốn giữ cho dòng điện không vượt quá giá trị cho phép đồng thời với việc giảm từ thông thì ta phải giảm M_t theo cùng tỉ lệ.

- Đặc điểm của phương pháp:

+) Phương pháp này có thể thay đổi tốc độ về phía tăng.

+) Phương pháp này chỉ điều khiển ở vùng tải không quá lớn so với định mức, việc thay đổi từ thông không làm thay đổi dòng điện ngắn mạch.

+) Việc điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông là phương pháp điều khiển với công suất không đổi.

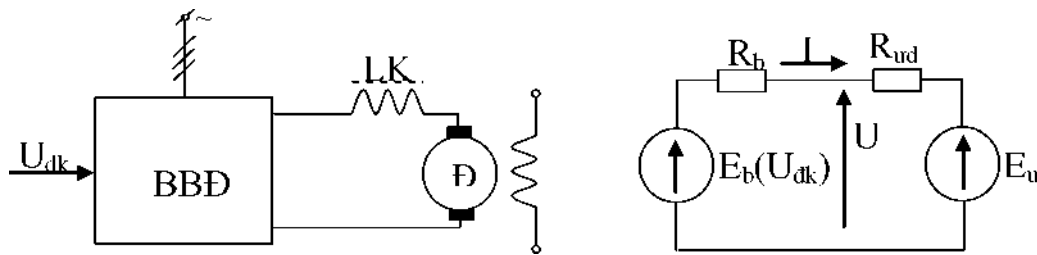
+) Đánh giá các chỉ tiêu điều khiển: Sai số tốc độ lớn, đặc tính điều khiển nằm trên và dốc hơn đặc tính tự nhiên. Dải điều khiển phụ thuộc vào phần cơ của máy. Có thể điều khiển trơn trong dải điều chỉnh $D = 3 : 1$. Vì công suất của cuộn dây kích từ bé, dòng điện kích từ nhỏ nên ta có thể điều khiển liên tục với $\Phi \approx 1$

+) Phương pháp này được áp dụng tương đối phổ biến, có thể thay đổi liên tục và kinh tế (vì việc điều chỉnh tốc độ thực hiện ở mạch kích từ với dòng kích từ $(1 \div 10) \% I_{dm}$ của phần ứng nên tổn hao điều chỉnh thấp).

Đây là phương pháp gần như là duy nhất đối với động cơ điện một chiều khi cần điều chỉnh tốc độ lớn hơn tốc độ điều khiển.

1.2.3. Phương pháp thay đổi điện áp phần ứng

- Để điều chỉnh điện áp phần ứng động cơ một chiều cần có thiết bị nguồn như máy phát điện một chiều kích từ độc lập, các bộ chỉnh lưu điều khiển ... Các thiết bị nguồn này có chức năng biến năng lượng điện xoay chiều thành một chiều có sức điện động E_b điều chỉnh nhờ tín hiệu điều khiển U_{dk} . Vì nguồn có công suất hữu hạn so với động cơ nên các bộ biến đổi này có điện trở trong R_b và điện cảm L_b khác không. Để đưa tốc độ động cơ với hiệu suất cao trong giới hạn rộng rãi 1:10 hoặc hơn nữa[3].



Hình 1.5: Sơ đồ dùng bộ biến đổi điều khiển điện áp phân ứng

Ở chế độ xác lập có thể viết được phương trình đặc tính của hệ thống như

sau:

$$E_b - E_r = I_r(R_b + R_{ud}) \quad (1.12)$$

$$\omega = \frac{E_b}{K \cdot \varphi_{dm}} - \frac{R_b + R_{ud}}{K \cdot \varphi_{dm}} I_u \quad (1.13)$$

$$\omega = \omega_o U_{dk} - \frac{M}{|\beta|} \quad (1.14)$$

- Vì từ thông của động cơ được giữ không đổi nên độ cứng đặc tính cơ cũng không đổi, còn tốc độ không tải lý tưởng thì tùy thuộc vào giá trị điện áp điều khiển U_{dk} của hệ thống, do đó có thể nói phương pháp điều chỉnh này là triệt để. Để xác định giải điều chỉnh tốc độ ta để ý rằng tốc độ lớn nhất của hệ thống bị chặn bởi đặc tính cơ cơ bản, là đặc tính ứng với điện áp phân ứng định mức và từ thông cũng được giữ ở giá trị định mức. Tốc độ nhỏ nhất của dải điều chỉnh bị giới hạn bởi yêu cầu về sai số tốc độ và về mômen khởi động. Khi mômen tải là định mức thì các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tốc độ là:

$$\omega_{\max} = \omega_{o\max} - \frac{M_{dm}}{|\beta|} \quad (1.15)$$

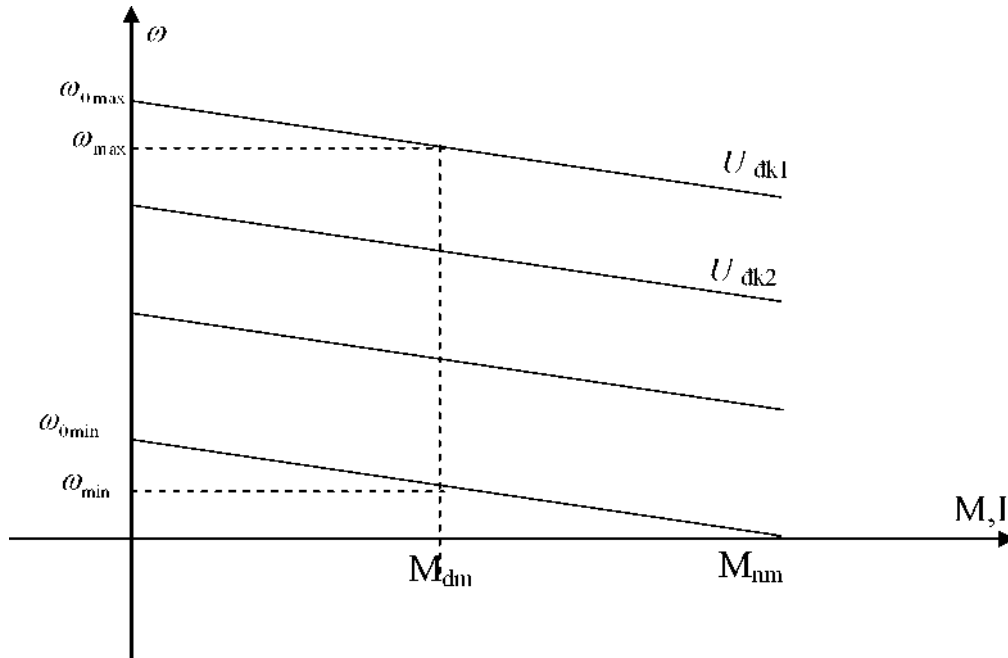
$$\omega_{\min} = \omega_{o\min} - \frac{M_{dm}}{|\beta|} \quad (1.16)$$

Để thỏa mãn khả năng quá tải thì đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh phải có mômen ngắn mạch là: $M_{\min} - M_{c\max} = K_M \cdot M_{dm}$

Trong đó K_M là hệ số quá tải về mômen. Vì họ đặc tính cơ là các đường thẳng song song nhau, nên theo định nghĩa về độ cứng đặc tính cơ có thể viết:

$$\omega_{\min} = M_{nm\min} - M_{dm} \frac{1}{|\beta|} = \frac{M_{dm}}{|\beta|} K_M - 1 \quad (1.17)$$

$$D = \frac{\omega_{o\max} - \frac{M_{dm}}{|\beta|}}{K_M - 1} = \frac{\omega_{o\max} \cdot |\beta| - 1}{K_M - 1} \quad (1.18)$$



Hình 1.6: Đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi điện áp

- Với một cơ cấu máy cụ thể thì các giá trị $\omega_{0\max}$, M_{dm} , K_M là xác định, vì vậy phạm vi điều chỉnh D phụ thuộc tuyến tính vào giá trị của độ cứng β . Khi điều chỉnh điện áp phần ứng động cơ bằng các thiết bị nguồn điều chỉnh thì điện trở tổng mạch phần ứng gấp khoảng hai lần điện trở phần ứng động cơ. Do đó có

$$\omega_{0\max} \cdot |\beta| \frac{1}{M_{dm}} \leq 10$$

thể tính sơ bộ được:

Vì thế tải có đặc tính mômen không đổi thì giá trị phạm vi điều chỉnh tốc độ cũng không vượt quá 10. Đối với các máy có yêu cầu cao về dải điều chỉnh và độ chính xác duy trì tốc độ làm việc thì việc sử dụng các hệ thống hờ như trên là không thoả mãn được.

- Trong phạm vi phụ tải cho phép có thể coi đặc tính cơ tĩnh của hệ truyền động một chiều kích từ độc lập là tuyến tính. Khi điều chỉnh điện áp phần ứng thì độ

cứng có đặc tính cơ trong toàn dải là như nhau, do đó độ sụt tốc tương đối sẽ đạt giá trị lớn nhất tại đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh. Hay nói cách khác, nếu tại đặc tính cơ thấp nhất của dải điều chỉnh mà sai số tốc độ không vượt quá giá trị sai số cho phép, thì hệ truyền động sẽ làm việc với sai số luôn nhỏ hơn sai số cho phép trong toàn bộ dải điều chỉnh. Sai số tương đối của tốc độ ở đặc tính cơ thấp nhất là:

$$s = \frac{\omega_{o\min} - \omega_{\min}}{\omega_{o\min}} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{o\min}} \quad (1.19)$$

$$s = \frac{M_{dm}}{|\beta| \cdot \omega_{o\min}} \leq s_{cp} \quad (1.20)$$

Vì các giá trị M_{dm} , $\omega_{o\min}$, s_{cp} là xác định nên có thể tính được giá trị tối thiểu của độ cứng đặc tính cơ sao cho sai số không vượt quá giá trị cho phép. Để làm việc này, trong đa số các trường hợp cần xây dựng các hệ truyền động điện kiểu vòng kín.

- Nhận xét: Cả 3 phương pháp trên đều điều chỉnh được tốc độ động cơ điện một chiều nhưng chỉ có phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều bằng cách thay đổi điện áp U_r đặt vào phần ứng của động cơ là tốt nhất và hay được sử dụng nhất vì nó thu được đặc tính cơ có độ cứng không đổi, điều chỉnh tốc độ bằng phẳng và không bị tổn hao.

1.3. Giới thiệu một số hệ truyền động điện một chiều

- Hệ truyền động máy phát - động cơ một chiều (F - Đ)
- Hệ truyền động xung áp - động cơ (XA - ĐC)
- Hệ truyền động chỉnh lưu - động cơ (CL - ĐC)

1.3.1. Hệ truyền động máy phát - động cơ điện một chiều (F - Đ)

- Cấu trúc hệ F - Đ và đặc tính cơ bản:

Hệ thống máy phát - động cơ (F - Đ) là hệ truyền động điện mà bộ biến đổi điện là máy phát điện một chiều kích từ độc lập. Máy phát này thường do động cơ sơ cấp không đồng bộ ba pha kéo quay [3].

Tính chất của máy phát điện được xác định bởi hai đặc tính: Đặc tính từ hoá là sự phụ thuộc giữa sức điện động máy phát vào dòng điện kích từ và đặc

tính tải là sự phụ thuộc của điện áp trên hai cực của máy phát vào dòng điện tải. Các đặc tính này nói chung là phi tuyến do tính chất của lõi sắt, do các phản ứng của dòng điện phản ứng ... trong tính toán gần đúng có thể tuyến tính hoá các đặc tính này:

$$E_F = K_F \cdot \phi_F \cdot \omega_F = K_F \cdot \omega_F \cdot C \cdot I_{KF} \quad (1.21)$$

Trong đó:

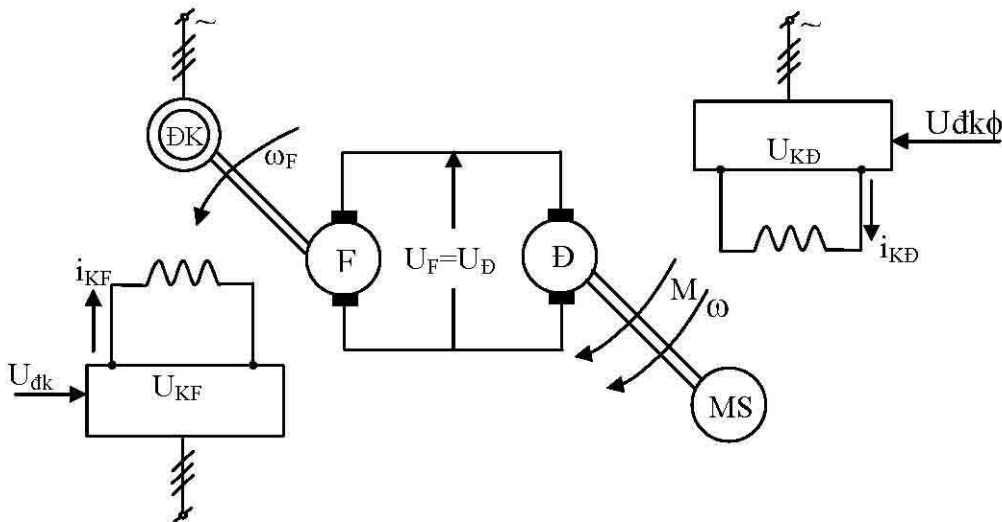
K_F : là hệ số kết cấu của máy phát

$C = \Delta\phi_F / \Delta i_{KF}$ là hệ số góc của đặc tính từ hoá.

Nếu dây quấn kích thích của máy phát được cấp bởi nguồn áp lý tưởng U_{KF} thì: $I_{KF} = U_{KF} / R_{KF}$

Sức điện động của máy phát trong trường hợp này sẽ tỷ lệ với điện áp kích thích bởi hệ số hằng K_F như vậy có thể coi gần đúng máy phát điện một chiều kích từ độc lập là một bộ khuếch đại tuyến tính:

$$E_F = K_F \cdot U_{KF}$$



Hình 1.7: Sơ đồ nguyên lý hệ truyền động máy phát động cơ

Nếu đặt $R = R_{uF} + R_{uD}$ thì có thể viết được phương trình các đặc tính của hệ F - Đ như sau:

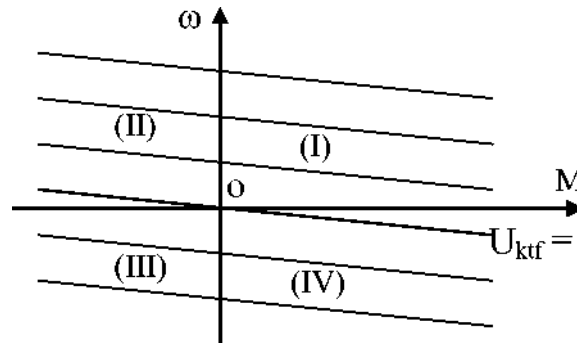
$$\omega = \frac{K_F}{K\Phi} U_{KF} - \frac{RI}{K\Phi} \quad (1.22)$$

$$\omega = \frac{K_F}{K\Phi} U_{KF} - \frac{R}{K\Phi^2} M \quad (1.23)$$

$$\omega = \omega_o U_{KF}, U_{KD} - \frac{M}{\beta U_{KD}} \quad (1.24)$$

Các biểu thức trên chứng tỏ rằng, khi điều chỉnh dòng điện kích thích của máy phát thì điều chỉnh được tốc độ không tải của hệ thống còn độ cứng đặc tính cơ thì giữ nguyên. Cũng có thể điều chỉnh kích từ của động cơ để có dải điều chỉnh tốc độ rộng hơn.

- Các chế độ làm việc của hệ F- Đ



Hình 1.8: Các trạng thái làm việc của hệ F - Đ

Trong hệ F - Đ không có phần tử phi tuyến nào nên hệ có những đặc tính động rất tốt, rất linh hoạt khi chuyển các trạng thái làm việc. Với sơ đồ cơ bản như hình 1.7 động cơ chấp hành Đ có thể làm việc ở chế độ điều chỉnh được cả hai phía: Kích thích máy phát F và kích thích động cơ Đ, đảo chiều quay bằng cách đảo chiều dòng kích thích máy phát, hãm động năng khi dòng kích thích máy phát bằng không, hãm tái sinh khi giảm tốc độ hoặc khi đảo chiều dòng kích từ, hãm ngược ở cuối giai đoạn hãm tái sinh khi đảo chiều hoặc khi làm việc ổn định với mômen tải có tính chất thế năng ... hệ F - Đ có đặc tính cơ ở cả bốn góc phần tư của mặt phẳng tọa độ $[\omega, M]$.

+) Ở góc phần tư thứ I và thứ III tốc độ quay và mômen quay của động cơ luôn cùng chiều nhau, sức điện động máy phát và động cơ có chiều đối nhau và $|E_F| > |E_c|, |\omega_c| > |\omega|$. Công suất điện từ của máy phát và động cơ là:

$$P_F = E_F \cdot I > 0$$

$$P_D = E \cdot I < 0$$

$$P_{cơ} = M \cdot \omega > 0$$

Các biểu thức này nói lên rằng năng lượng được vận chuyển thuận chiều từ nguồn -> máy phát -> động cơ -> tải.

+) Vùng hãm tái sinh nằm ở góc phân tư thứ II và thứ IV, lúc này do nên $|\omega_c| > |\omega|_{nên} |E| > |E_F|$, mặc dù E, E_F mắc ngược nhau, nhưng dòng điện phản ứng lại chạy ngược từ động cơ về máy phát làm cho mômen quay ngược chiều tốc độ quay.

Công suất điện từ của máy phát, công suất điện từ và công suất cơ học của động cơ là:

$$P_F = E_F \cdot I < 0$$

$$P_D = E \cdot I > 0$$

$$P_{cơ} = M \cdot \omega < 0$$

Chỉ do dòng điện đổi chiều mà các bất đẳng thức trên cho ta thấy năng lượng được chuyển vận theo chiều từ tải -> động cơ -> máy phát -> nguồn, máy phát F và động cơ Đ đổi chức năng cho nhau. Hãm tái sinh trong hệ F - Đ được khai thác triệt để khi giảm tốc độ, khi hãm để đảo chiều quay và khi làm việc ổn định với tải có tính chất thế năng.

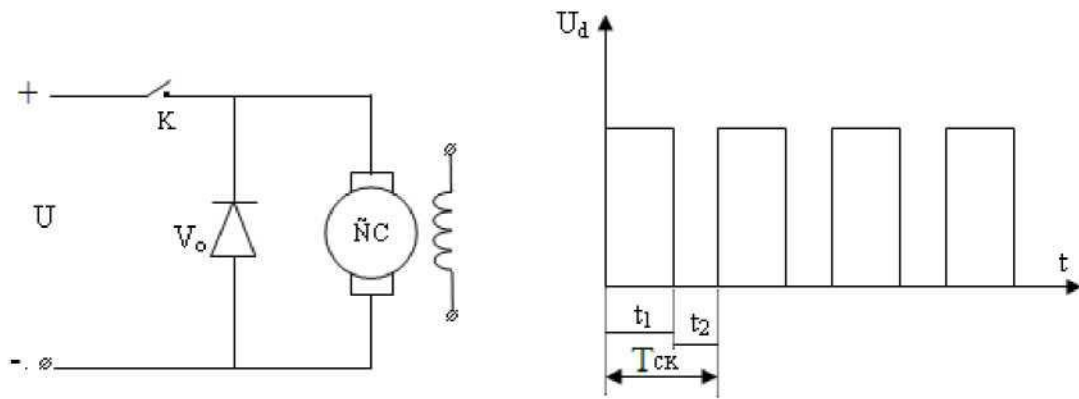
- Đặc điểm của hệ F - Đ:

+) Các chỉ tiêu chất lượng của hệ F - Đ về cơ bản tương tự các chỉ tiêu của hệ điều áp dùng bộ biến đổi nói chung. Ưu điểm nổi bật của hệ F - Đ là sự chuyển đổi trạng thái làm việc rất linh hoạt, khả năng chịu quá tải lớn, do vậy thường sử dụng hệ truyền động F - Đ ở các máy khai thác trong công nghiệp mỏ.

+) Nhược điểm quan trọng nhất của hệ F - Đ là dùng nhiều máy điện quay, trong đó ít nhất là hai máy điện một chiều, gây ồn lớn, công suất lắp đặt máy ít nhất gấp ba lần công suất động cơ chấp hành. Ngoài ra do các máy phát một chiều có từ dư, đặc tính từ hoá có trễ nên khó điều chỉnh sâu tốc độ.

1.3.2. Hệ truyền động xung áp - động cơ (XA - ĐC)

Bộ biến đổi xung áp là một nguồn điện áp dùng điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều[3].



Hình 1.9: Sơ đồ nguyên lý và giản đồ xung

Để cải thiện dạng sóng của dòng điện phần ứng ta thêm vào mạch một van đếm V_0 . Có thể sử dụng thyristor hoặc transistor công suất để thay cho khóa K ở trên. Khi đóng cắt khóa K, trên phần ứng động cơ sẽ có điện áp biến đổi theo dạng xung vuông. Khi ở trạng thái dòng liên tục thì giá trị trung bình của điện áp ra sẽ là:

$$U_d = \frac{1}{T_{CK}} \int_0^{t_1} U dt = \frac{t_1}{T_{CK}} U = \gamma U \quad (1.25)$$

Trong đó:

t_1 : Là thời gian khóa ở trạng thái đóng

t_2 : Là thời gian khóa ở trạng thái mở

T_{ck} : Thời gian thực hiện một chu kỳ đóng mở khóa

$\gamma = \frac{t_1}{T_{CK}}$: Là độ rộng của xung áp

Vậy ta có thể coi bộ biến đổi xung đẳng trị với nguồn liên tục có điện áp ra U_d và U_d có thể thay đổi được bằng cách thay đổi độ rộng xung γ . Mặt khác, thời gian một chu kỳ đóng cắt của khóa K rất nhỏ so với hằng số thời gian cơ học của hệ truyền động, nên ta coi tốc độ và sức điện động phần ứng động cơ không thay đổi trong thời gian T_{ck} .

- Đặc tính điều chỉnh của hệ XA - ĐC

$$\omega = \frac{\gamma U}{K \cdot \Phi_{dm}} - \frac{R_b + R_{bd}}{K \cdot \Phi_{dm}} I \quad (1.26)$$

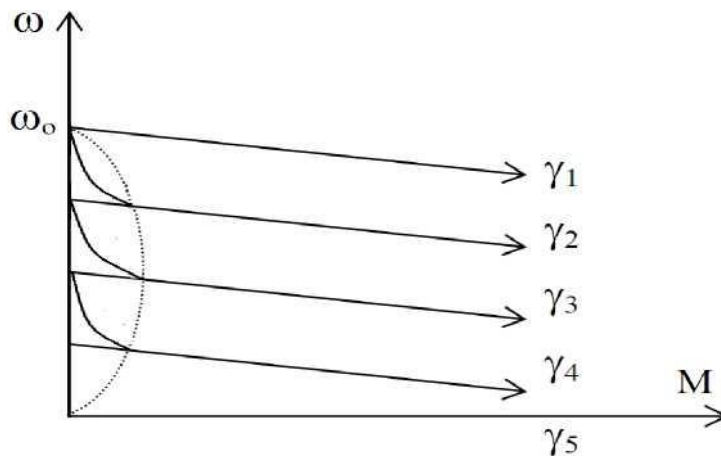
$$\omega = \frac{\gamma U}{K \cdot \Phi_{dm}} - \frac{R_b + R_{bd}}{(K \cdot \Phi_{dm})^2} M \quad (1.27)$$

Khi thay đổi γ ta được họ đường thẳng song song có độ cứng $\beta = \text{const}$ và tốc độ không tải lý tưởng ω_0 thay đổi theo γ . Nếu nguồn vô cùng lớn thì ta có thể bỏ qua R_{bd} , khi đó độ cứng của đặc tính cơ của hệ có độ cứng là:

$$\beta = \beta_{TN} = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_b} = \text{const} \quad (1.28)$$

Tốc độ không tải lý tưởng ω_0 phụ thuộc vào γ chỉ là giá trị giả định. Nó có thể tồn tại nếu như dòng trong hệ là liên tục kể cả khi giá trị dòng tiến đến 0. Vì vậy hai biểu thức trên chỉ đúng với trạng thái dòng liên tục.

Khi dòng điện đủ nhỏ thì hệ sẽ chuyển trạng thái từ dòng liên tục sang trạng thái dòng gián đoạn. Khi đó các phương trình đặc tính điều chỉnh nói trên không còn đúng nữa mà lúc này đặc tính của hệ là những đường cong rất dốc.



Hình 1.10: Đặc tính cơ của hệ

- Nhận xét:

- +) Tất cả đặc tính điều chỉnh của hệ XA - ĐC khi dòng điện gián đoạn đều có chung một giá trị không tải lý tưởng, chỉ ngoại trừ trường hợp $\gamma = 0$
- +) Bộ nguồn xung áp cần ít van dẫn nên vốn đầu tư ít, hệ đơn giản chắc chắn.
- +) Độ cứng của đặc tính cơ lớn

Nhận xét

ƯU ĐIỂM CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN 1 CHIỀU

- Ưu điểm nổi bật của động cơ 1 chiều là có moment mở máy lớn do vậy kéo được tải nặng khi khởi động
- khả năng điều chỉnh tốc độ và quá tải tốt
- Tiết kiệm điện năng
- Tuổi thọ lớn

Nhược điểm của động cơ 1 chiều

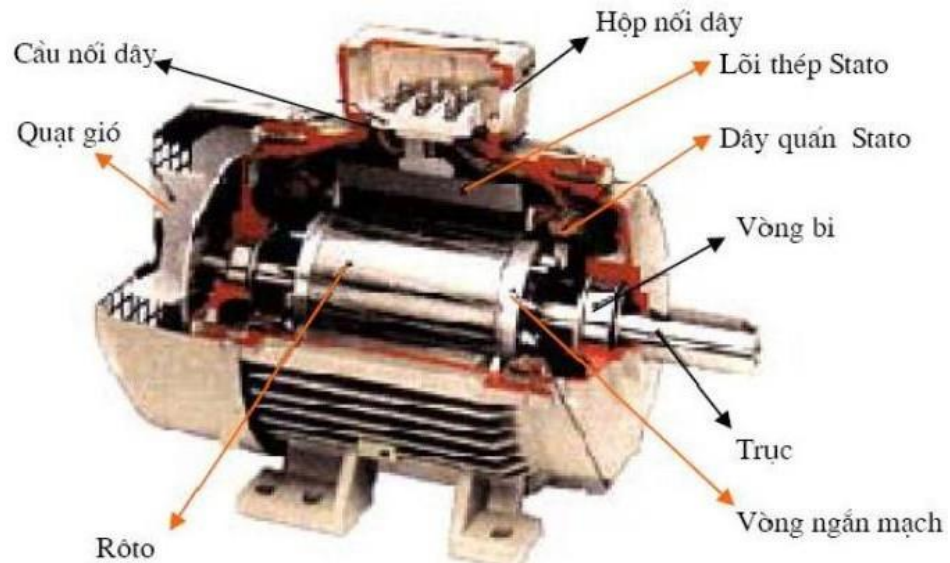
- Bộ phận cổ góp có cấu tạo phức tạp , đắt tiền nhưng thường hư hỏng trong quá trình vận hành lên cần bảo dưỡng sửa chữa thường xuyên
- Tia lửa điện phát sinh trên cổ góp và chổi than gây nguy hiểm trong môi trường dễ cháy nổ
- Giá thành đắt công suất không cao

Chương 2

MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

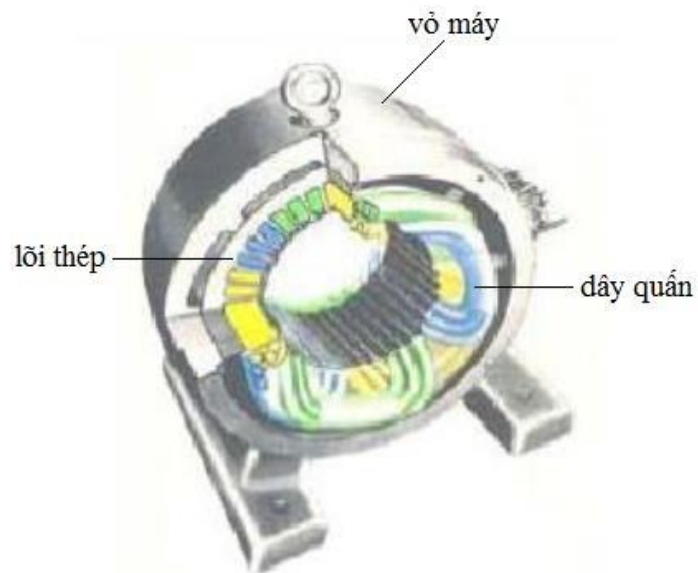
2.1.Lý luận chung về máy điện không đồng bộ

2.1.1.Kết cấu



Hình 2.11. Cấu tạo động cơ không đồng bộ.

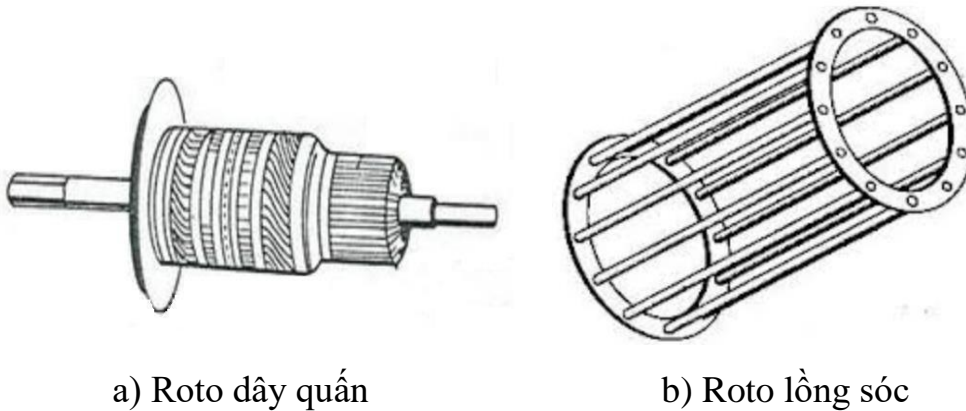
a. Phần tĩnh (Stato)



Hình 2.12. Stato máy điện không đồng bộ.

- Vỏ máy: để cố định lõi thép và dây quấn, không dùng làm mạch dẫn từ. Thường làm bằng gang hay thép tấm hàn lại.
- Lõi thép: là phần dẫn từ, được làm bằng những lá thép kỹ thuật điện dày $0,35 \div 0,5\text{mm}$ ép lại.
- Dây quấn: được đặt trong rãnh của lõi thép và được cách điện tốt với rãnh.

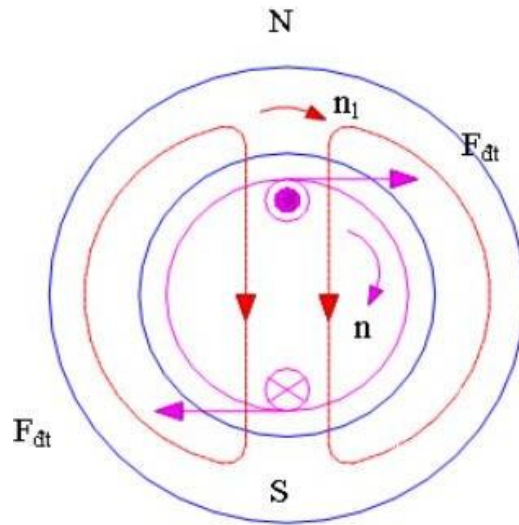
b. Phần quay (Roto)



Hình 2.13 Roto máy điện không đồng bộ.

- Lõi thép: dẫn từ, làm bằng những lá thép kỹ thuật điện, phía ngoài có xẻ rãnh.
- Dây quấn:
 - + Roto dây quấn: quấn giống stato.
 - + Roto lồng sóc: trong mỗi rãnh đặt vào thanh dẫn bằng đồng hoặc nhôm dài ra khỏi lõi thép và được nối tắt lại ở hai đầu bằng hai vành ngắn mạch.

2.1.2. Nguyên lý làm việc



Hình 2.14. Nguyên lý làm việc máy điện không đồng bộ.

Khi ta cho dòng điện ba pha tần số f_1 vào dây quấn stato sẽ tạo ra từ trường quay với tốc độ $n_1 = \frac{60f_1}{p}$. Từ trường quay cắt các thanh dẫn của dây quấn roto và cảm ứng nên sức điện động e_2 . Vì dây quấn roto nối kín mạch nên sức điện động cảm ứng sẽ sinh ra dòng điện i_2 trong các thanh dẫn roto.

Dòng điện i_2 trong từ trường chịu tác động của lực điện từ F và sinh ra moment quay M_{quay} làm roto quay với tốc độ n .

Hệ số trượt:

$$s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 \quad (2.1)$$

2.1.3. Các trị số định mức

- Công suất định mức mà động cơ điện tiêu thụ:

$$P_{1đm} = \frac{P_{đm}}{n_{đm}} = \sqrt{3}U_{đm}I_{đm} \cos\varphi_{đm} \quad (2.2)$$

Với:

$P_{đm}$: công suất định mức ở đầu trục, [kW].

$n_{đm}$: hiệu suất định mức.

$U_{đm}$: điện áp dây định mức, [kV].

$I_{đm}$: dòng điện dây định mức, [A].

$\cos\varphi_{đm}$: hệ số công suất định mức.

- Moment quay định mức ở đầu trục:

$$M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega} \cdot \frac{1}{9,81} = 0,955 \frac{P_{đm}}{n_{đm}} \quad (2.3)$$

Với:

$n_{đm}$: tốc độ quay định mức [vg/ph].

$\omega = \frac{2\pi n_{đm}}{60}$: tốc độ quay [rad/s].

2.1.4 Sức điện động trong dây quấn máy điện không đồng bộ

a. Khi rôto đứng yên ($n=0$, $s=1$)

- Sức điện động pha dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44f_1w_1k_{dq1}\phi \quad (2.4)$$

- Sức điện động pha dây quấn rôto:

$$E_2 = 4,44f_2w_2k_{dq2}\phi \quad (2.5)$$

Với: $f_1 = s \times f_2$

- Hệ số quy đổi dòng điện:

$$k_i = \frac{m_1w_1k_{dq1}}{m_2w_2k_{dq2}} \quad (2.6)$$

Với :

$w_2, w_1, k_{dq1}, k_{dq2}$

m_1, m_2

là số pha của dây quấn stato và rôto.

là số vòng dây nối tiếp trên một pha và hệ số dây quấn stato, rôto.

- Hệ số quy đổi điện áp:

$$k_e = \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}} = \frac{E_1}{E_2} \quad (2.7)$$

- Hệ số quy đổi tổng trở:

$$k = k_i \times k_e \quad (2.8)$$

- Dòng điện quy đổi của rôto sang stato:

$$I'_2 = \frac{I_2}{k_i} \quad (2.9)$$

- Sức điện động quy đổi của rôto sang stato:

$$E'_2 = E_1 = k_e \times E_2 \quad (2.10)$$

- Điện trở và điện kháng quy đổi của rôto sang stato:

$$r'_2 = k_e k_i r_2 = k r_2 \quad (2.11)$$

$$x'_2 = k_e k_i x_2 = k x_2 \quad (2.12)$$

- Dòng điện rôto lúc đứng yên:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2}} \quad (2.13)$$

b. Khi rôto quay ($n \neq 0, 0 < s < 1$)

- Sức điện động pha dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{dq1} \phi \quad (2.14)$$

- Sức điện động pha dây quấn rôto:

$$E_{2s} = 4,44 f_{2s} w_2 k_{dq2} \phi = s E_2 \quad (2.15)$$

Với $f_{2s} = s \times f_2$; s là hệ số trượt.

- Dòng điện rôto lúc quay:

- KẾT LUẬN

Sau thời gian ba tháng nỗ lực tìm hiểu và nghiên cứu, đến nay đồ án tốt nghiệp của em đã hoàn thành với

2.2. Khởi động động cơ không đồng bộ

2.2.1 Khởi động trực tiếp

Khởi động là quá trình đưa động cơ đang ở trạng thái nghỉ (đứng im) vào trạng thái làm việc quay với tốc độ định mức.

Khởi động trực tiếp, là đóng động cơ vào lưới không qua một thiết bị phụ nào.

2.2.2 Khởi động dùng phương pháp giảm dòng khởi động.

Dòng khởi động của động cơ xác định bằng biểu thức:

$$I_{kd} = I_{ngm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

Từ biểu thức này thấy để giảm dòng khởi động ta có các phương pháp sau:

- Giảm điện áp nguồn cung cấp;
- Đưa thêm điện trở vào mạch rô to (đối với động cơ dị bộ rô to dây quấn);
- Khởi động bằng thay đổi tần số;
- Khởi động bằng phương pháp kiểm tra dòng khởi động, gọi là phương pháp khởi động mềm.

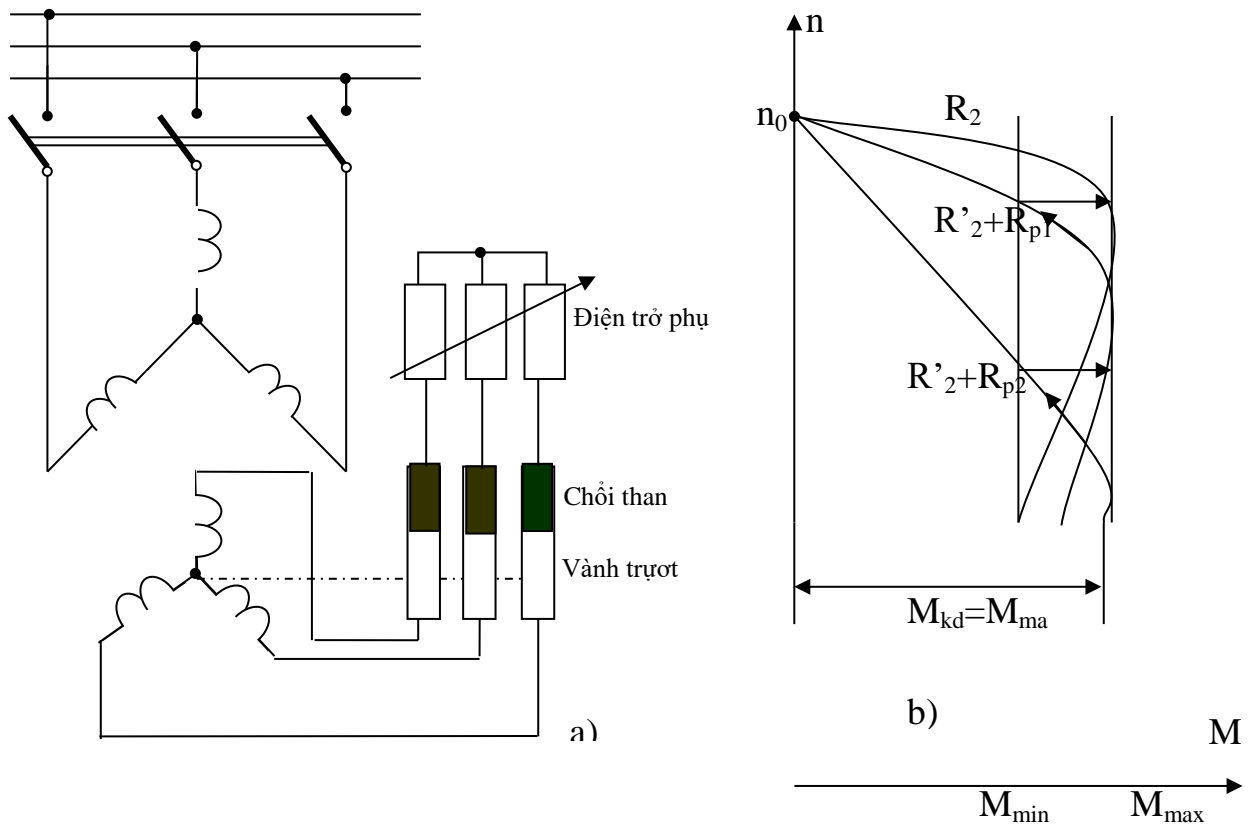
2.2.2.1. Khởi động động cơ dị bộ rô to dây quấn

Với động cơ dị bộ rô to dây quấn để giảm dòng khởi động ta đưa thêm điện trở phụ vào mạch rô to (H.4.11). Lúc này khởi dòng động cơ có dạng:

$$I_{kd} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2 + R_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

Việc đưa thêm điện trở phụ R_p vào mạch rô to ta được 2 kết quả: *giảm dòng khởi động và tăng mô men khởi động.*

Ở phương pháp này nếu chọn điện trở R_p thích hợp có thể đạt được mô men khởi động bằng giá trị mô men cực đại hình 4.11b.



Hình 2.15. Khởi động động cơ dị bộ rô to dây quấn a) Sơ đồ, b) đặc

Khi mới khởi động, toàn bộ điện trở khởi động được đưa vào rô to, cùng với tăng tốc độ rô to, ta cũng cắt dần điện trở khởi động ra khỏi rô to để khi tốc độ đạt giá trị định mức, thì điện trở khởi động cũng được cắt hết ra khỏi rô to, rô to bây giờ là rô to ngắn mạch.

2.2.2.2. Khởi động động cơ dị bộ rô to ngắn mạch

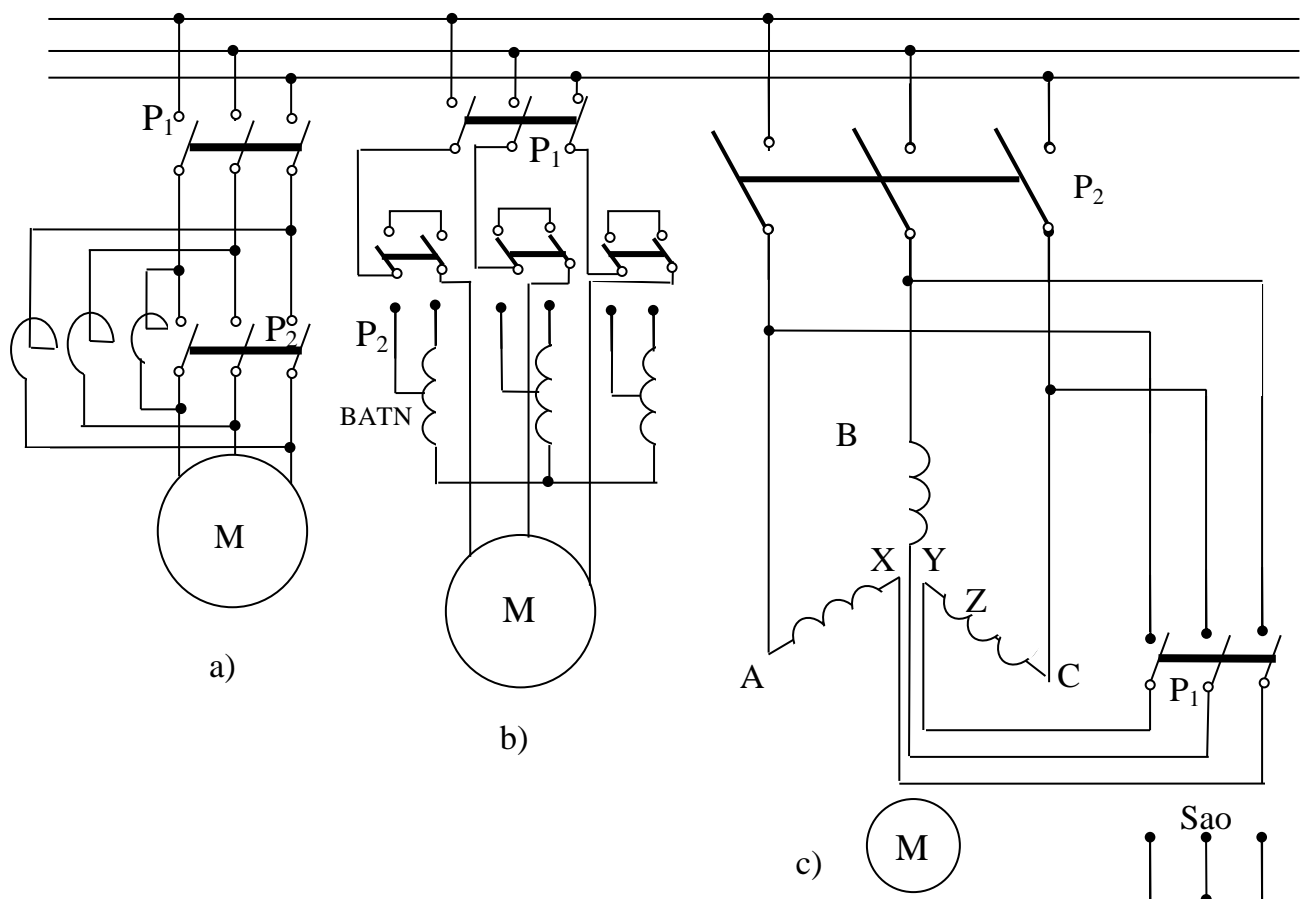
Với động cơ rô to ngắn mạch do không thể đưa điện trở vào mạch rô to như động cơ dị bộ rô to dây quấn để giảm dòng khởi động ta thực hiện các biện pháp sau:

-Giảm điện áp

Dùng các phương pháp sau đây để giảm điện áp khởi động: *cuộn kháng, biến áp tự ngẫu và đổi nối sao-tam giác*. Sơ đồ các loại khởi động này biểu diễn trên hình 4.12

Đặc điểm chung của các phương pháp giảm điện áp là cùng với việc giảm dòng khởi động, mô men khởi động cũng giảm. Vì mô men động cơ tỷ lệ với bình phương điện áp nguồn cung cấp, nên khi giảm điện áp, mô men giảm theo tỷ lệ bình phương, ví dụ điện áp giảm $\sqrt{3}$ lần thì mô men giảm đi 3 lần.

Đổi nối sao tam giác chỉ thực hiện được với những động cơ khi làm việc bình thường cuộn dây stato nối tam giác. Do khi khởi động cuộn dây stato nối sao, điện áp đặt lên stato nhỏ hơn $\sqrt{3}$ lần, khi chuyển sang nối tam giác, dòng điện giảm $\sqrt{3}$ lần mô men giảm đi 3 lần.



Hình 2.16. Các phương pháp giảm điện áp khi khởi động động cơ dị bộ a) Dùng cuộn kháng, b) Dùng biến áp tự ngẫu; c) Dùng đổi nối sao-tam giác.

- Khởi động bằng phương pháp tần số.

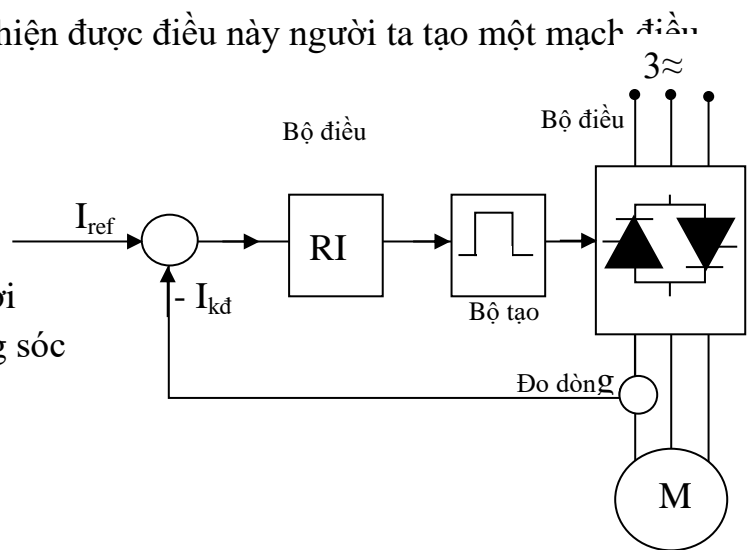
Do sự phát triển của công nghệ điện tử, ngày nay người ta đã chế tạo được các bộ biến tần có tính chất kỹ thuật cao và giá thành rẻ, do đó có thể áp dụng phương pháp khởi động bằng tần số. Thực chất của phương pháp này như sau: Động cơ được cấp điện từ bộ biến tần tĩnh, lúc đầu tần số và điện áp nguồn cung cấp có giá trị rất nhỏ, sau khi đóng động cơ vào nguồn cung cấp, ta tăng dần tần số và điện áp nguồn cung cấp cho động cơ, tốc độ động cơ tăng dần, khi tần số đạt giá trị định mức, thì tốc độ động cơ đạt giá trị định mức. Phương pháp khởi động này đảm bảo dòng khởi động không vượt quá giá trị dòng định mức.

- Khởi động mềm

Trong những năm gần đây để cải thiện khởi động động cơ dị bộ rô to lồng sóc, ngoài phương pháp khởi động tần số còn áp dụng phương pháp khởi động mềm.

Bản chất của phương pháp khởi động mềm là kiểm tra dòng khởi động khi thay đổi điện áp. Để thực hiện được điều này người ta tạo một mạch chỉnh kín như hình vẽ 4.18

H.2.17. Sơ đồ mạch khởi động động cơ dị bộ lồng sóc bằng khởi động mềm



Dòng khởi động I_{kd} được đo từ máy so sánh với dòng đặt I_{ref} , nếu $I_{ref} - I_{kh} = \Delta\varepsilon \neq 0$, tín hiệu này sẽ tác động lên bộ điều chỉnh RI. Tín hiệu ra của bộ điều chỉnh tác động lên bộ tạo xung mở các ti-ri-sto. Nếu $\Delta\varepsilon > 0$ điều khiển để tăng góc mở các ti-ri-sto tức là tăng điện áp đặt vào stato động cơ, nếu $\Delta\varepsilon < 0$ tác động theo chiều giảm điện áp đặt vào rô to, kết quả là dòng khởi động luôn nhỏ hơn dòng đặt.

2.3. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ.

2.3.1. Mở đầu

Trong thực tế sản xuất và tiêu dùng, các khâu cơ khí sản xuất cần có tốc độ thay đổi. Song khi chế tạo, mỗi động cơ điện lại được sản xuất với một tốc độ định mức, vì vậy vấn đề điều chỉnh tốc độ các động cơ điện là rất cần thiết.

Khi mô men cản trên trục động cơ thay đổi, tốc độ động cơ thay đổi, nhưng sự thay đổi tốc độ như thế không gọi là điều chỉnh tốc độ.

Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ là quá trình thay đổi tốc độ động cơ theo ý chủ quan của con người phục vụ các yêu cầu về công nghệ

Để nghiên cứu các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ta dựa vào các biểu thức sau:

$$n = n_{tt}(1-s)$$

$$n_{tt} = \frac{60f}{p}$$

$$s = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{hay} \quad s = \frac{f_1}{f_2}$$

$$\text{Mặt khác ta lại có: } E_2 = I_2 \sqrt{R_2^2 + (X_{20}s)^2}$$

$$\text{Vậy } s = \frac{R_2 I_2}{\sqrt{E_{20}^2 + (X_{20} I_2)^2}}$$

Từ các công thức (4.37) rút ra các phương pháp điều chỉnh tốc độ sau đây:

1. Thay đổi tần số f_1 ;
2. Thay đổi số đôi cực p ;
3. Thay đổi điện trở R_2 ở mạch rô to;
4. Thay đổi E_{20} hoặc U_1 ;
5. Thay đổi điện áp E_2 ;
6. Thay đổi tần số f_2 .

Trong các phương pháp trên, người ta hay sử dụng phương pháp 1, 2 và 4, còn động cơ dị bộ rô to dây quấn người sử dụng phương pháp 3. Dưới đây trình bày ngắn gọn một số phương pháp thường dùng.

2.3.2 Thay đổi tần số nguồn điện cung cấp f_1 .

Phương pháp này chỉ sử dụng được khi nguồn cung cấp có khả năng thay đổi tần số. Ngày nay, do sự phát triển của công nghệ điện tử các bộ biến tần tĩnh được chế tạo từ các van bán dẫn công suất đã đảm nhiệm được nguồn cung cấp năng lượng điện có tần số thay đổi, do đó phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số đang được áp dụng rộng rãi và cạnh tranh với các hệ thống truyền động điện dòng một chiều.

Nếu bỏ qua tổn hao điện áp ở mạch stato ta có:

$$U_1 = E_1 = 4,44 f_1 W_1 k_{cd1} \phi$$

$$\text{Hay } U_1 = k f_1 \phi$$

Từ biểu thức này ta thấy nếu thay đổi f_1 mà giữ $U_1 = \text{const}$ thì từ thông sẽ thay đổi. Việc thay đổi từ thông làm giảm điều kiện công tác của máy điện, thay đổi hệ số $\cos\varphi_1$, thay đổi hiệu suất và tổn hao lõi thép, do đó yêu cầu khi thay đổi tần số phải giữ cho từ thông không đổi.

Mô men cực đại của động cơ dị bộ có thể biểu diễn:

$$M_{\max} = C \left(\frac{U_1}{f_1} \right)^2$$

Nếu hệ số quá tải không đổi, thì tỷ số của mô men tới hạn ở 2 tốc độ khác nhau

phải bằng tỷ số mô men cân ở 2 tốc độ đó tức là:

$$\frac{M'_{th}}{M''_{th}} = \frac{M'_c}{M''_c} = \frac{U'^2_1}{f'^2_1} = \frac{f''^2_1}{U''^2_1}$$

Từ đây ta có:

$$\frac{U'_1}{U''_1} = \frac{f'_1}{f''_1} = \sqrt{\frac{M'_c}{M''_c}}$$

trong đó M'_{th} và M'_c là mô men tới hạn và mô men cân ứng với tần số nguồn nạp f'_1 , điện áp U'_1 còn M''_{th} và M''_c là mô men tới hạn và mô men cân ứng

với tần số nguồn nạp f_1'' và điện áp U_1'' . Nếu điều chỉnh theo công suất không đổi $P_2 = \text{const}$ thì mô men của động cơ tỷ lệ nghịch với tốc độ do vậy:

$$\frac{M_c'}{M_c''} = \frac{f_1''}{f_1'}$$

Do đó:

$$\frac{U_1'}{U_1''} = \sqrt{\frac{f_1'}{f_1''}}$$

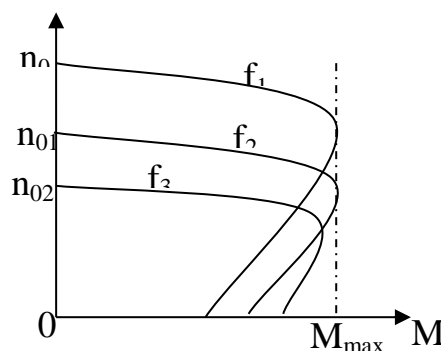
Trong thực tế ta thường gặp điều chỉnh với $M_c = \text{const}$ do đó:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

Khi giữ cho $\phi = \text{const}$ thì $\cos\phi = \text{const}$, hiệu suất không đổi, $I_0 = \text{const}$. Nếu mô men cản có dạng quạt gió thì :

$$\frac{U_1'}{U_1''} = \left(\frac{f_1'}{f_1''}\right)^2$$

Khi dẫn các biểu thức trên đây ta đã giả thiết bỏ qua độ sụt áp trên điện trở R. Điều đó chỉ đúng trong phạm vi tần số định mức, khi tần số nhỏ hơn tần số định mức, đặc biệt khi tần số thấp thì việc bỏ qua độ sụt áp này không chấp nhận được vì khi f nhỏ, X_s nhỏ không thể bỏ qua độ sụt áp trên điện trở thuần, do đó từ thông sẽ giảm và mô men cực đại giảm. Trên hình 4.20 biểu diễn đặc tính cơ khi điều chỉnh tần số với $f_1 > f_2 > f_3$. Ưu điểm của phương pháp điều chỉnh tần số là phạm vi điều chỉnh rộng, độ điều chỉnh lúng, tổn hao điều chỉnh nhỏ.



Hình 2.18. đặc tính cơ khi điều chỉnh tần số theo nguyên lý: $f_1 > f_2 > f_3$.

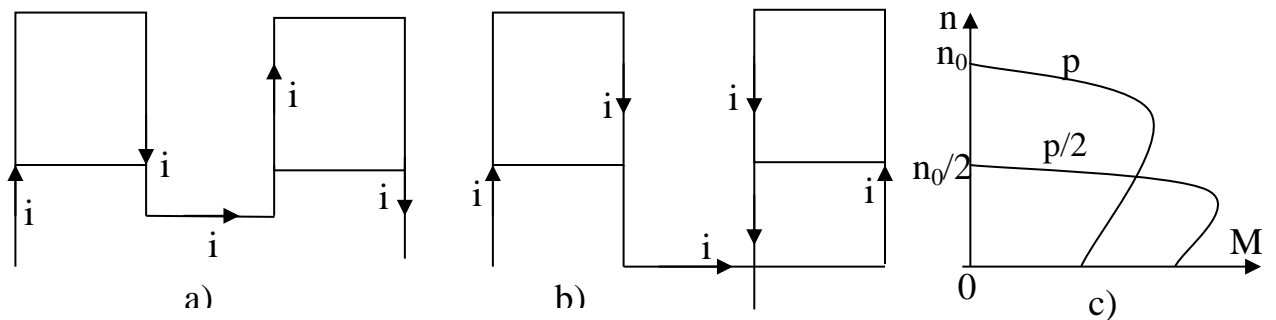
2.3.3 Thay đổi số đôi cực[2]

Nếu động cơ dị bộ có trang bị thiết bị đổi nối cuộn dây để thay đổi số đôi cực thì ta có thể điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi số đôi cực.

Để thay đổi số đôi cực ta có thể :

-Dùng đổi nối một cuộn dây. Giả sử lúc đầu cuộn dây được nối như hình 2.18a, khi đó số cặp cực là p , nếu bây giờ đổi nối như hình 2.18b ta được số cặp cực $p/2$.

Đặc tính cơ khi thay đổi số đôi cực biểu diễn trên hình 2.19c



Hình 2.19. Cách đổi nối cuộn dây để thay đổi số đôi cực: a) Mắc nối tiếp, số đôi cực là p ; b) Mắc song song số đôi cực là $p/2$; c) Đặc tính cơ của động cơ khi thay đổi số đôi cực

Để thay đổi cách nối cuộn dây có những phương pháp sau:

Đổi từ nối sao sang sao kép (hình 2.19a).

Với cách nối này ta có: khi hệ số $\cos\varphi$ không đổi thì công suất trên trục động cơ ở sơ đồ Y sẽ là:

$$P_Y = \sqrt{3} U_d I_p \eta \cos\varphi_1; \text{ Cho sơ đồ YY có: } P_{YY} = \sqrt{3} U_d 2I_p \eta \cos\varphi_1, \text{ do đó } P_Y/P_{YY} = 2.$$

Ở đây I_p -dòng pha. Như vậy khi thay đổi tốc độ 2 lần thì công suất cũng thay đổi với tỷ lệ ấy. Cách đổi nối này gọi là cách đổi nối có $M=\text{const}$.

Người ta còn thực hiện đổi nối theo nguyên tắc Δ sang YY(sao kép) hình 2.19b.

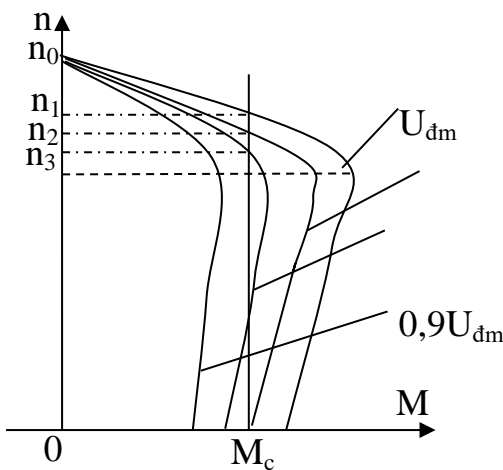
$$\text{Ta có: } P_{\Delta} = \sqrt{3} U_d \sqrt{3} I_p \eta \cos\varphi_1; P_{YY} = \sqrt{3} U_d 2I_p \eta \cos\varphi_1; \text{ do đó } P_{YY}/P_{\Delta} = 2/\sqrt{3} = 1,15,$$

thực tế coi như không đổi. Đây là cách đổi nối có $P=\text{const.}$.

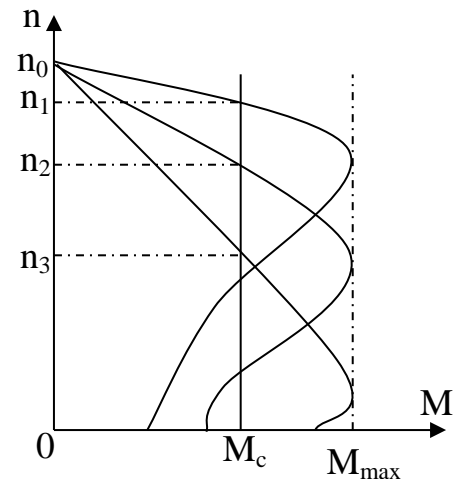
Đặc điểm của phương pháp thay đổi tốc độ bằng thay đổi số đôi cực: rẻ tiền, dễ thực hiện. Tuy nhiên do p là một số nguyên nên thay đổi tốc độ có tính nhảy bậc và phạm vi thay đổi tốc độ không rộng.

2.3.4. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch rô to.

Phương pháp điều chỉnh này chỉ áp dụng cho động cơ dị bộ rô to dây quấn. Đặc tính cơ của động cơ dị bộ rô to dây quấn khi thay đổi điện trở rô to biểu diễn ở hình 2.21. Khi tăng điện trở rô to, đặc tính cơ mềm đi, nếu mô men cản không đổi có thể thay đổi tốc độ động cơ theo chiều giảm. Nếu điện trở phụ thay đổi vô cấp thay đổi được tốc độ vô cấp, tuy nhiên thay đổi vô cấp tốc độ bằng phương pháp điện trở rất ít dùng mà thay đổi nhảy bậc nên các điện trở điều chỉnh được chế tạo làm việc ở chế độ lâu dài và có nhiều đầu ra



Hình 2.20. Đặc tính cơ của động cơ dị bộ khi thay đổi điện áp nguồn



Hình 2.21. Đặc tính cơ của động cơ dị bộ dây quấn khi thay đổi điện trở

Giá trị điện trở phụ đưa vào rô to có thể tính bằng công thức:

$$R_p = \left(\frac{s_2}{s_1} - 1 \right) R_2 \quad \text{trong đó } s_1 \text{ và } s_2 \text{ ứng với tốc độ } n_1 \text{ và } n_2.$$

Khi $M_c=\text{const}$ thì phạm vi điều chỉnh tốc độ là $n_1 - n_3$ (hình 4.24), khi M_c tăng, phạm vi điều chỉnh tốc độ tăng. Khi mô men cản không đổi thì công suất nhận từ lưới điện không đổi trong toàn phạm vi điều chỉnh tốc độ. Công suất hữu ích $P_2=M\omega_2$ ở trên trục động cơ sẽ tăng khi độ trượt giảm, vì $\Delta P=P_{dt}-P_2=M(\omega_1-\omega_2)$ là tổn hao rô to nên khi độ trượt lớn tổn hao sẽ lớn.

Đặc điểm của phương pháp điều chỉnh điện trở rô to là điều chỉnh lán, dễ thực hiện, rẻ tiền nhưng không kinh tế do tổn hao ở điện trở điều chỉnh, phạm vi điều chỉnh phụ thuộc vào tải. Không thể điều chỉnh ở tốc độ gần tốc độ không tải

Nhận xét

Ưu điểm của động cơ không đồng bộ ba pha

- Kết cấu đơn giản lên giá thành rẻ
- Vận hành dễ ràng bảo quản thuận tiện
- Sử dụng rộng rãi và phổ biến trong phạm vi công suất nhỏ và vừa
- Sản xuất với nhiều cấp điện áp khác nhau : từ 24V đến 10kv. Lên rất thích nghi cho người sử dụng

Nhược điểm của động cơ không đồng bộ ba pha

- Hệ số công suất thấp gây tổn thất nhiều công suất phản kháng của lưới điện
- Không sử dụng được lúc non tải hoặc không tải
- Khó điều chỉnh tốc độ
- Đặc tính mở máy không tốt dòng mở máy lớn gấp 6 7 lần dòng định mức
- Momen mở máy nhỏ

Chương 3

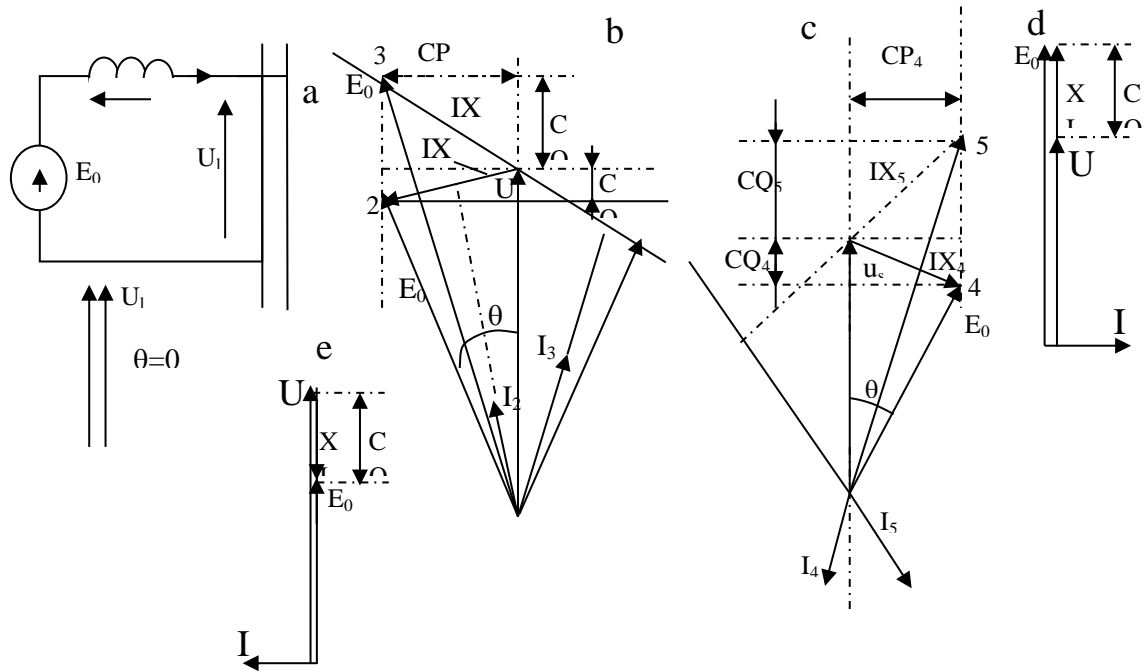
ĐỘNG CƠ ĐỒNG BỘ

3.1. Động cơ đồng bộ

3.1.1 Tính chất động của động cơ đồng bộ

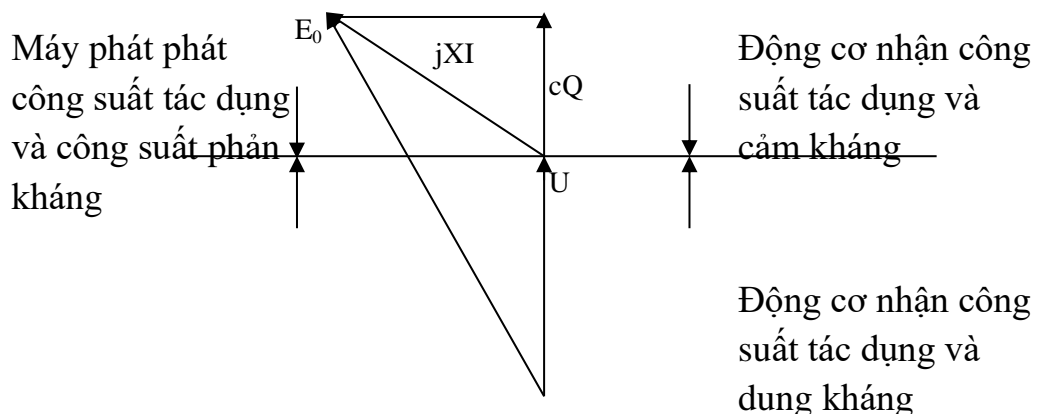
Một máy điện đồng bộ được nối với lưới điện sau khi hoà đồng bộ có thể làm việc như máy phát hoặc như động cơ phụ thuộc vào tải. Để giải thích điều này chúng ta sử dụng sơ đồ véc tơ máy đồng bộ cực ẩn. Giả thiết rằng hoà đồng bộ chính xác $E_p = U_{\text{lưới}}$. Lúc này máy chạy không tải ($\theta = 0$) không nhận và cũng không phát ra một công suất nào, tổn hao trong máy điện được bù đắp bởi máy lai. Nếu tại thời điểm này ta tăng công suất máy lai mà không thay đổi dòng kích từ thì rôto sẽ tăng tốc làm góc công suất $\theta > 0$ (hình 5.36b). Ở một giá trị θ_2 nào đó có sự cân bằng công suất nhận và công suất phát, máy đồng bộ làm việc ổn định (điểm 2). Từ vị trí dòng điện trên đồ thị véc tơ ta thấy máy điện làm việc như máy phát, phát ra công suất tác dụng P_2 và công suất dung kháng Q_2 . Vì máy phát phát ra công suất dung kháng không tốt lắm cho nên ta phải tăng dòng kích từ để dòng tải có tính cảm kháng, máy phát ra công suất tác dụng và công suất cảm kháng.(điểm 3).

Nhưng cũng tại thời điểm xuất phát nếu ta ngắt máy lai, sau đó tải nó bằng mô men cơ học thì tốc độ rôto chậm dần nhận vị trí ổn định (4) ứng góc công suất θ_4 . Lúc này máy làm việc như động cơ đồng bộ nhận từ lưới công suất P_4 và Q_4 (cảm kháng). Do nhận từ lưới công suất cảm kháng Q_4 không phù hợp nên ta phải tăng dòng kích từ để máy có thể cho $\cos\varphi = 1$ hoặc nhận công suất dung kháng Q_5 và công suất P_5 tác dụng ứng với điểm 5



Hình 3.1 Khả năng làm việc của máy điện đồng bộ. a)Chạy không tải, b) làm việc như máy phát;c) Làm việc như động cơ; d)Làm việc như máy bù.

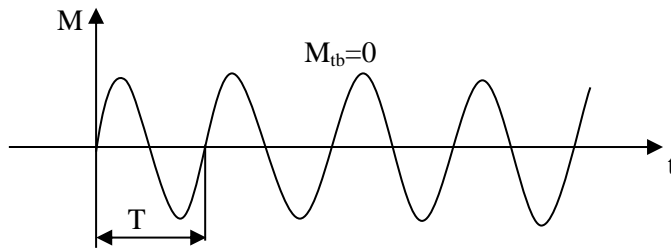
Để hình dung được ảnh hưởng của kích từ ta xét ở chế độ không tải. Tại chế độ này nếu ta chỉ tăng dòng kích từ (quá kích) thì máy sẽ phát dòng cảm kháng còn nếu giảm dòng kích từ máy sẽ phát dòng dung kháng Các chế độ có thể làm việc của máy đồng bộ biểu diễn



Hình 3.2 Các khả năng làm việc của máy điện đồng bộ

3.1.2. Khởi động động cơ đồng bộ:

Trước hết ta hãy xét một máy điện đồng bộ không có một thiết bị phụ đặc biệt nào. Cuộn kích từ được nối vào nguồn 1 chiều, còn cuộn phần ứng được nối vào lưới điện 3 pha tạo ra từ trường quay với tốc độ $n_{tt} = \frac{60f}{P}$. Trong điều kiện này ở trong máy đồng bộ xuất hiện mômen biến đổi.



Hình 3.3 Mô men máy đồng bộ khi rô to không

Chu kỳ biến đổi của mômen xác định:

$$T_M = \frac{1}{f_M} = \frac{60}{p(n_{tt} \mp n)} = \frac{1}{\frac{f(n_{tt} \mp n)}{n_{tt}}}$$

Trong đó: n - Tốc độ tức thời của rôto; dấu “-” khi nó quay thuận chiều quay, còn dấu “+” khi quay ngược chiều quay. Khi $n = 0$ thì $f_M = f_1 = 50\text{Hz}$. Một mômen biến đổi với tần số như vậy thì do rô to có quán tính lớn sẽ không chuyển động. Có thể nói gọn lại là máy điện đồng bộ không có mômen khởi động ($M_{tb} = 0$). Do đó ta phải tìm cách khởi động động cơ đồng bộ.

a-Khởi động bằng máy ngoài

Thực chất của quá trình này là đồng bộ hoá hay tự đồng bộ. Ta dùng một máy lai ngoài (động cơ dị bộ, hoặc động một chiều,...) quay rôto động cơ đồng bộ tới tốc độ cần thiết để hoà vào lưới. Phương pháp này có nhược điểm là cần dùng một động cơ ngoài nên tốn kém vì vậy ít được dùng.

b-Phương pháp khởi động dị bộ

Đây là phương pháp giống như khởi động động cơ dị bộ. Để thực hiện được phương pháp này người ta đặt ở mặt cực một cuộn dây ngắn mạch làm bằng các thanh đồng (đồng thường hay đồng đỏ) giống như cuộn dây của máy điện không đồng bộ rô to ngắn mạch. Nếu bỏ qua cuộn kích từ thì khi nối cuộn dây 3 pha vào lưới sẽ có dòng 3 pha chạy vào và tạo ra từ trường quay làm rôto quay như máy điện dị bộ. Khi đã đạt được tốc độ nhất định nếu ta cấp dòng kích từ cho cuộn kích từ thì giữa từ trường một chiều và từ trường quay sẽ tác động lên nhau và tạo ra mômen có biên độ tăng dần. Chu kỳ T_M của mômen này khi độ trượt nhỏ có giá trị lớn (ví dụ $f = 50\text{Hz}$, $s = 0,005$ thì $T_M = 4\text{s}$), nên mômen

sinh ra trong máy đồng bộ có thể giúp cho rôto tăng tốc để bước vào đồng bộ. Cuộn dây khởi động của máy có thể là bản thân các lá thép cực từ với kích thước nhất định, khi từ trường biến thiên trong nó sẽ xuất hiện dòng xoáy và tạo ra mômen đủ lớn để khởi động máy. Để giảm dòng khởi động người ta sử dụng các phương pháp như ở máy dị bộ.

Cho tới lúc này chúng ta đã bỏ qua cuộn kích từ. Nếu cuộn kích từ hở mạch thì ở thời kỳ đầu của quá trình khởi động, từ trường quay do stato tạo ra sẽ quay so với rôto một tốc độ rất lớn ($n_{tt} - n = sn_{tt}$) sẽ cảm ứng trong cuộn kích từ hở một sđđ có giá trị rất lớn gây nguy hiểm cách điện cuộn kích từ và cho người vận hành. Để tránh hiện tượng quá điện áp ta nối cuộn dây qua một điện trở thích hợp. Việc nối điện trở này lại tạo ra một hiện tượng khác gọi là hiện tượng Gorgesa. Bản chất hiện tượng này như sau:

-Từ trường quay của stato làm xuất hiện dòng xoáy chiều ở mạch kích từ có tần số:

$$f_2 = \frac{p(n_{tt} - n)}{60} = f_1 s$$

Dòng biến đổi này tạo ra một từ trường biến đổi mà theo nguyên tắc ta có thể tách ta làm 2 từ trường quay bằng nhau có cùng tốc độ nhưng chiều quay ngược nhau. Một từ trường quay có chiều quay cùng chiều rôto còn từ trường kia ngược chiều (xem động cơ dị bộ 1 pha). Tốc độ 2 từ trường đó so với rôto như sau:

Từ trường cùng chiều quay rôto:

$$n_{2q} = \frac{60f_2}{p}$$

Từ trường ngược:

$$n'_{2q} = -\frac{60f_2}{p}$$

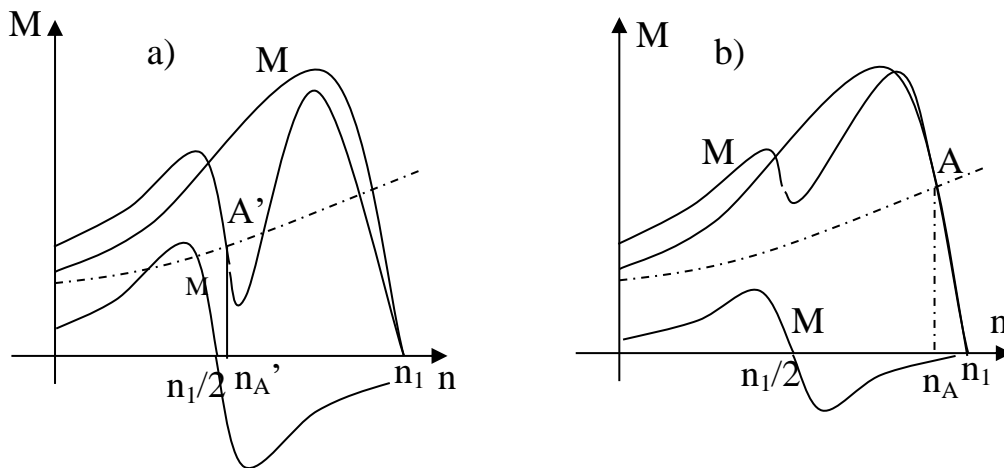
Và so với stato:

$$\text{Từ trường quay thuận: } n_{qs} = n + n_{2q} = n_{tt}$$

Từ trường quay ngược: $n'_{qs} = n + n'_{2q} = n - n_{tt} + n = 2n - n_{tt}$

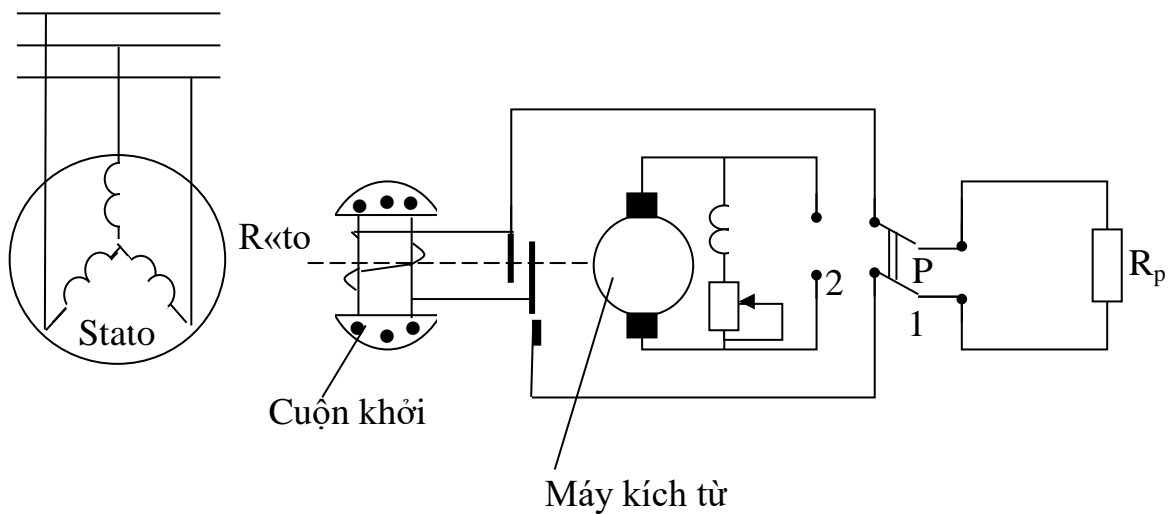
Ta thấy từ trường thuận có tốc độ so với stato không đổi, vậy nó tạo ra mômen dị bộ tác động lên rôto theo chiều của mômen do cuộn khởi động tạo ra.

Ta thấy tốc độ của từ trường ngược n'_{qs} phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto, nó có giá trị và hướng thay đổi. Qua phân tích thấy rằng: Ở phạm vi $0 \leq n \leq \frac{n_{tt}}{2}$ từ trường ngược quay so với stato sang trái mômen do nó tạo ra có chiều sang phải trùng với chiều mômen dị bộ và mômen tạo ra bởi từ trường thuận. Khi $n = \frac{n_{tt}}{2}$ từ trường ngược ở trạng thái không chuyển động so với stato nên trong cuộn dây không cảm ứng một sđđ nào cả và không tạo ra mômen phụ. Khi $n > \frac{n_{tt}}{2}$ hướng quay của từ trường ngược so với stato sẽ ngược với trường hợp $n < \frac{n_{tt}}{2}$ nên mômen do nó sinh ra sẽ ngược với chiều của mômen tạo ra do cuộn khởi động và từ trường thuận. Trên hình biểu diễn đặc tính cơ của các loại từ trường tạo ra. Đặc tính mômen do từ trường ngược tạo ra có: Khi $n = \frac{n_{tt}}{2}$ thì $M_{q's} = 0$, khi $n < \frac{n_{tt}}{2}$ thì $M_{as} > 0$ và khi $n > \frac{n_{tt}}{2}$ thì $M_{q's} < 0$.



Hình 3.4 Đặc tính mô men khi khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp dị bộ a) Mạch kích từ bị nối tắt, b) mạch kích từ nối qua một điện trở

Đặc tính khởi động sẽ là tổng mômen ấy. Từ đồ thị ta thấy đặc tính cơ khởi động có vùng yên ngựa (hiện tượng Gorgesa). Nếu vùng yên ngựa lớn (do dòng xoay chiều cuộn kích từ lớn) thì có thể xảy ra trường hợp mômen khởi động nhỏ hơn mômen cản, khởi động không thành công. Để giảm sự tác động của từ trường ngược, ta đưa vào cuộn kích từ một điện trở phụ có giá trị khoảng 10 lần giá trị điện trở mạch kích từ: $R_p \approx 10R_{kt}$. Nếu chọn R_p lớn quá sẽ gây xuyên thủng cách điện, còn nếu chọn R_p nhỏ quá thì không giảm được hiện tượng Gorges, gây dừng máy không khởi động được.



Hình 3.5 Sơ đồ nối dây khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp tần số

Nắm được tính chất này của máy đồng bộ sẽ có lợi cho trường hợp động cơ dị bộ 3 pha dây quấn bị đứt một pha ở rô to. Khi động cơ dị bộ 3 pha dây quấn đứt 1 pha ở rô to có hiện tượng giống như trường hợp vừa nghiên cứu.

c) Khởi động bằng phương pháp tần số

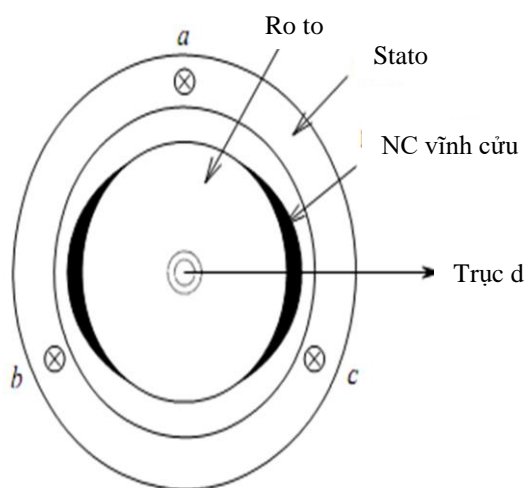
Nếu ta cấp cho stator một nguồn điện có khả năng điều chỉnh tần số, khi tăng dần tần số nguồn điện cung cấp từ 0 đến tần số đồng bộ, nếu mạch kích từ của động cơ đồng bộ được cấp dòng thì cùng với tăng tần số nguồn cung cấp, tốc độ động cơ cũng tăng, đến khi đạt tốc độ đồng bộ ta nối động cơ vào lưới và ngắt nguồn cung cấp có tần số ra khỏi động cơ.

3.2 Một số ứng dụng động cơ đồng bộ

3.2.1. Cấu tạo của động cơ PMSM.

Cấu tạo stato của động cơ PMSM gồm 3 cuộn dây quấn phân tán gần hình sin trên chu vi stato. Ba cuộn dây stato được cấp 3 điện áp xoay chiều. Dạng dòng điện trong cuộn dây là hình sin hoặc gần hình sin Sự phân bố từ thông ở khe hở không khí có dạng hình sin hoặc gần hình sin.

Cấu tạo rô to: Rô to là một nam châm vĩnh cửu được cấu trúc sao cho sự phân bố độ tự cảm (hoặc mật độ từ thông) là hình sin. Trên H.3.4 là sơ đồ cấu trúc của máy PMSM[11,12].



H 3.6. Sơ đồ cấu trúc máy

3.2.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ PMSM

PMSM là một 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 stato 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 không.

3.2.3. Mô hình máy PMSM

Stator của PMSM của động cơ đồng bộ có cuộn dây kích từ ở rôto 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 ở rôto có thể bỏ qua. Hơn nữa không có sự khác biệt sức phản điện động cảm ứng bởi nam châm vĩnh cửu và sđđ cảm ứng bởi từ trường do dòng kích từ tạo ra không. Vì vậy mô hình toán của PMSM giống như của loại động cơ đồng bộ thường có cuộn kích từ ở rôto. Để xây dựng mô hình máy đồng bộ nam châm vĩnh cửu ta giả thiết như sau:

- 1) Bỏ qua bão hòa, nó có thể lưu ý đến khi tính sự thay đổi tham số.
- 2) Stđ là hình sin.
- 3) Dòng phụ cơ và hiện tượng từ trễ bỏ qua
- 4) Không có dòng kích từ động.
- 5) Không có thanh dẫn dạng lồng sóc ở rôto

Với các giả thiết đó phương trình stato ở hệ trục d, q gắn vào rôto của PMSM như sau: [10]-[12]:

$$u_d = r i_d + p \psi_d - \omega_s \psi_q$$

$$u_q = r i_q + p \psi_q + \omega_s \psi_d$$

$$\psi_d = L_d i_d + \psi_{af}$$

$$\psi_q = L_q i_q$$

trong đó ψ_d, ψ_q - Từ thông móc vòng trục d, trục q

u_d và u_q là điện áp ở trục d và q, i_d và i_q là dòng stato ở trục d, q, L_d và L_q , cảm ứng từ cuộn stato ở trục d và q, R và ω_s , là điện trở cuộn dây và tần số bộ biến tần, ψ_{af} là từ thông nam châm vĩnh cửu móc vòng với stato (hay gọi là từ thông hồ cảm giữa stato và rôto).

Mô men điện từ có dạng:

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

Và phương trình động năng như sau:

$$M_e = M_L + B\omega_r + Jp\omega_r$$

Ở đây q - là số đôi cực, M_L là mô men tải, B là hệ số ma sát, ω_r là tốc độ rô to còn J là mô men quán tính. Tần số bộ biến tần quan hệ với tốc độ rô to như sau:

$$\omega_s = q\omega_r$$

Mô hình máy điện là phi tuyến vì nó chứa tích các biểu thức chứa tích các biến trạng thái ω_r, i_q, i_d . Để nghiên cứu tính động của máy PMSM qua mô phỏng cần viết lại các phương trình ở dạng không gian trạng thái như:

$$p i_d = \frac{1}{L_d} (u_d - R i_d + \omega_s L_q i_q)$$

$$p i_q = \frac{1}{L_q} (u_q - R i_q - \omega_s L_d i_d - \omega_s \psi_{af})$$

$$J p \omega_r = \frac{1}{J} (M_e - M_L - B \omega_r)$$

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

$$P = u_a i_a + u_b i_b + u_c i_c$$

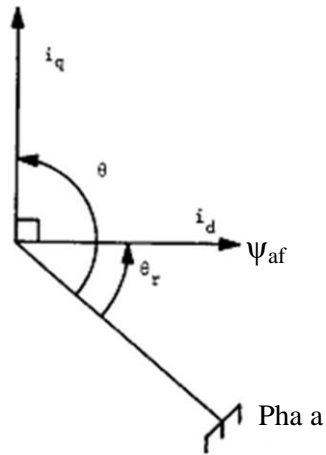
và biểu diễn qua biến d,q như sau:

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

3.2.4 Điều khiển tốc độ động cơ PMSM.

PMSM thường được điều khiển vector (FOC) hoặc điều khiển trực tiếp mô men (DTC).

3.2.5. Điều khiển véc tơ máy PMSM



Hình 3.7. Sơ đồ véc tơ của điều khiển véc tơ

Từ thông móc vòng rô to phát triển ở tốc độ rô to ω_r và nó được gắn với vị trí cố định bởi vị trí góc rô to cho bởi:

$$\theta_r = \int \omega_r dt$$

Nếu i_d được cưỡng bức bằng 0 thì :

$$\Psi_d = \Psi_{af}$$

Do đó

$$M_e = \frac{3}{2} q \Psi_{af} i_q$$

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

$$M_e = K_t \cdot i_q$$

Trong đó

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

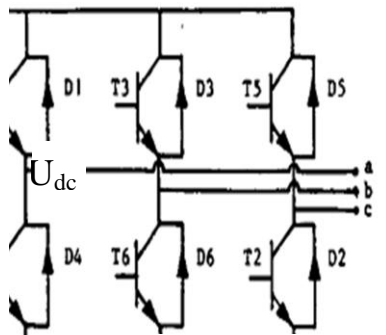
Phương trình mô men giống với động cơ một chiều có kích từ độc lập và nó hoàn toàn cho phép chuyển PMSM về phương trình tương đương của động

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 ở biểu thức

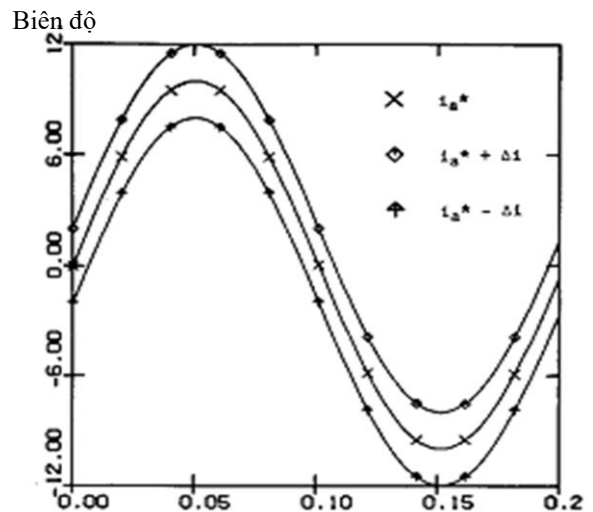
3.2.6. Bộ điều khiển dải trễ.

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.

Mạch công suất điều khiển động cơ PMSM ở H.3.8. 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 stato



Hình 3.8. Bộ biến tần



H.3.9 Bộ điều khiển dải trễ dòng điện

Chiến thuật 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 sen sơ 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. Biểu diễn giá trị dòng đặt i_a^* . Ngoài ra còn có 2 đường cong khác là đường cong $i_a^* + \Delta i$ and $i_a^* - \Delta i$ cũng được trình bày. Δi xác định biên độ giải trễ. Tính chất trên cho phép giá trị tức thời i_a vượt quá hay nhỏ hơn giá trị so sánh một đại lượng Δi . Logic này cho

Bảng 7.1, Lô gic của bộ điều chỉnh

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 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 điện không thể đạt giá trị zero ngay lập tức, thì diod mắc song song với với các transistor bổ xung của nó, trong trường hợp này là T_4 bắt đầu dẫn dòng của pha A, khi điều này xảy ra thì điện áp của pha A chuyển từ $U_{dc}/2$ tới $-U_{dc}/2$ (điểm trung tính của nguồn dc nhận là điện áp so sánh)

Trường hợp ngược lại khi T_4 chuyển từ 'on' sang 'off' một quá trình tương tự xảy ra ở pha khác. Lý do để gọi là bộ điều khiển 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 dải 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 các tần số đóng mở các van điện tử công suất. Tần số đóng ngắt tăng lại làm tăng tổn hao ở bộ biến tần.

3.2.7. Bộ điều chỉnh PWM

Phương pháp thứ 2 sử dụng để điều khiển dòng stato là sử dụng bộ điều khiển dòng PWM. Giá trị tức thời của dòng 3 pha stato được đo lường và so sánh với dòng thực tế. Sai số sẽ xuất hiện đem so sánh với sóng mang dạng tam giác

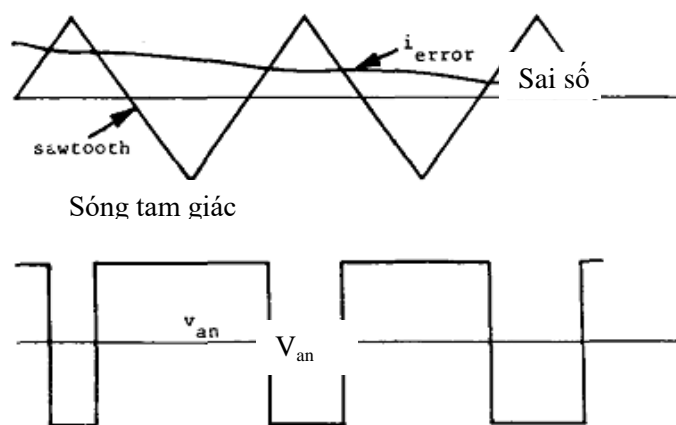


Fig. 4. Pulsewidth-modulated current controller.

Hình 3.10. Các tạo tín hiệu điều khiển của PWM

Nếu sai số dòng điện dương và lớn hơn tín hiệu so sánh điện áp được nối vào dương còn nếu sai số là âm thì điện áp được nối vào âm. Lưu ý rằng không cần thiết phải mở bỏ xung để đạt được dạng điện áp này. Ví dụ nếu T_1 dẫn V_{an} sẽ bằng $+U_{dc}/2$, trong đó U_{dc} là điện áp cung cấp một chiều, còn điện áp so sánh lấy điểm giữa của nguồn cung cấp. Khi T_1 ngắt diod mắc song song với T_4 lập tức dẫn để giữ dòng điện chạy qua động cơ cảm ứng. Dòng điện này lập tức tạo điện áp V_{an} để bằng $-U_{dc}/2$ ngay cả khi T_4 còn chưa dẫn điện. Gọi là bộ điều khiển PWM vì rằng nó tạo điện áp độ rộng xung thay đổi. Ưu điểm của bộ điều chỉnh dòng điện PWM so với bộ điều chỉnh dải trễ dòng điện là ở chỗ tần số đóng ngắt đã xác định trước và vì vậy dễ dàng thỏa mãn được tần số đóng ngắt của bộ biến tần không bị vượt quá. Ở bộ điều chỉnh dải trễ tần số đóng ngắt phụ thuộc vào giá trị của cửa sổ trễ và tần số đóng ngắt thực tế yêu cầu của biến tần chưa biết trước. Ưu điểm của bộ điều khiển dòng dải trễ so với bộ điều khiển PWM từ quan điểm điều khiển sẽ không có sự chuyển trễ hay chậm của hệ thống. Ở bộ điều khiển PWM sẽ không vượt quá độ trễ trung bình bằng một nửa chu kỳ của PWM. Tuy nhiên nếu trễ nhỏ hơn $1/10$ hằng số thời gian stato của máy có thể bỏ qua ảnh hưởng lên tính chất truyền động.

Qua trình bày trên nhận thấy: do việc chuyển đổi điều khiển véc tơ của PMSM về máy dc có kích từ độc lập nên hàm truyền của mô men và dòng điện là tuyến tính. Vì vậy kết quả nhận được khi tín hiệu đáp ứng lớn hay nhỏ là giống nhau. Kết quả này không đúng cho động cơ xoay chiều mà không sử dụng điều khiển véc tơ, vì mô hình là phi tuyến. Đáp ứng với tín hiệu lớn và nhỏ là

giống nhau bất kể sử dụng loại bộ điều khiển nào. Sở dĩ như vậy vì ngay cả khi độ dao động mô men của chúng khác nhau nhưng mô men trung bình lại giống nhau. Biên độ dải trễ tăng, tần số của bộ biến tần giảm làm tăng biên độ dao động của mô men. Một bộ biến tần PWM tần số 2 kHz tạo ra sự dao động mô men gần giống nhau khi sử dụng bộ điều chỉnh dòng dải trễ đóng mở ở tần số 3.8 kHz. Từ nhận xét này, việc dùng bộ điều khiển dòng PWM tốt hơn. Tuy nhiên PWM có thể có trễ một chu kỳ so với một chu kỳ tần số mang tương ứng. Điều đó có thể cải thiện ở truyền động tốc độ cao. Tuy nhiên nếu độ trễ này nhỏ hơn $1/10$ hằng số thời gian của stato thì thực tế có thể bỏ qua ở tính chất của truyền động. Biên độ dao động mô men tỷ lệ tuyến tính với kích thước cửa sổ của dải trễ. Nếu dải trễ đo bằng đại lượng tương đối so với giá trị định mức của dòng hiệu dụng stato thì dao động mô men bằng kích thước của cửa sổ ở pu.

Nhận xét

Ưu điểm

-Cấu tạo chắc chắn

-Máy bù đồng bộ làm việc tùy theo chế độ kích từ, có thể cung cấp hoặc tiêu thụ công suất phản kháng của lưới nên còn được dùng để điều chỉnh điện áp cho mạng điện rất tốt

Nhược điểm

-Là máy điện quay nên việc lắp ráp, vận hành, bảo dưỡng khó khăn

-Thường chế tạo với công suất lớn nên chỉ thích hợp ở những nơi cần bù tập trung với dung lượng lớn

-Tiêu thụ nhiều điện năng

-Chi phí đầu tư và bảo dưỡng cao

KẾT LUẬN

Sau thời gian ba tháng nỗ lực tìm hiểu và nghiên cứu, đến nay đồ án tốt nghiệp của em đã hoàn thành với những nội dung cụ thể sau:

Chương 1: Tổng quan về hệ truyền động điện một chiều

Chương 2: Động cơ không đồng bộ

Chương 3: Động cơ đồng bộ

Đồ án tốt nghiệp của em đã hoàn thành với sự cố gắng của bản thân trong việc tìm hiểu sản phẩm, ứng dụng và thao tác vận hành sản phẩm. Bằng những kiến thức đã được trang bị ở trường và tìm hiểu một số tài liệu tham khảo có liên quan đến vấn đề đang nghiên cứu, em đã cố gắng trình bày đồ án một cách ngắn gọn và đầy đủ nhất. Tuy nhiên do trình độ còn hạn chế, kinh nghiệm thực tế còn chưa nhiều nên đề tài của em còn có nhiều khiếm khuyết. Qua đây, em mong muốn nhận được ý kiến đóng góp của các thầy cô giáo và các bạn sinh viên để đồ án của em ngày càng hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn Th.S Nguyễn Đoàn Phong, cùng các thầy cô giáo trong bộ môn: Điện tự động công nghiệp - Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng đã giúp đỡ em trong quá trình làm đồ án này.

Sinh viên

Phạm Đăng Quang

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS TSKH Thân Ngọc Hoàn (2005), Máy điện, Nhà xuất bản Xây dựng.
2. Bùi Quốc Khánh - Phạm Quốc Hải - Nguyễn Văn Liễn - Dương Văn Nghi, Điều chỉnh từ động truyền động điện, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1998
3. Bùi Quốc Khánh - Nguyễn Văn Liễn - Nguyễn Thị Hiền, Truyền động điện, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1998.
4. PGS. TS. Bùi Đình Tiểu, Giáo trình Truyền động điện, NXB Giáo dục, 2004.
5. Bùi Đình Tiểu - Phạm Duy Nhi, Cơ sở Truyền động điện tự động, tập 1 & 2, NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1982.