

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

-----o0o-----



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH : ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Đinh Tiến Huy

Giáo viên hướng dẫn : GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

-----o0o-----

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG
CƠ MỘT CHIỀU BẰNG CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN
CỔ ĐIỆN**

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

Sinh viên : Đinh Tiến Huy

Giáo viên hướng dẫn : GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG
-----o0o-----

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Đinh Tiên Huy – **MSV** : 1612102011.

Lớp : ĐC2001

Ngành : Điện Tự Động Công Nghiệp.

Tên đề tài : Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ một chiều
bằng các bộ điều khiển cổ điển.

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp.

-Tìm hiểu về điều khiển động cơ một chiều bằng các bộ điều khiển cổ điển.

.....

.....

.....

2. Các tài liệu, số liệu cần thiết

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn

Học hàm, học vị : GS.TSKH

Cơ quan công tác : Trường Đại Học quản lý và công nghệ Hải Phòng.

Nội dung hướng dẫn : Tìm hiểu về điều khiển động cơ một chiều bằng các bộ điều khiển cổ điển.

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

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 12 tháng 10 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 31 tháng 12 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

Giảng viên hướng dẫn

Đinh Tiến Huy

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày tháng năm 2020

TRƯỞNG KHOA

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giáo viên: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Đinh Tiên Huy

Chuyên ngành: Điện Tự Động Công Nghiệp

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

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

Có tinh thần tự chủ, rất cố gắng học tập đọc tài liệu tham khảo để hoàn thành đề án đề tài tốt nghiệp.

2. Đánh giá chất lượng của đề 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...)

Nội dung đáp ứng yêu cầu của một đề án tốt nghiệp. Nếu chú ý ngay từ đầu kết quả sẽ khá hơn. Do trong quá trình học sinh viên chưa nắm được bản chất của vấn đề điều khiển động cơ một chiều bằng các bộ điều khiển PI,PID nên khi làm đề án hơi lúng túng, kết quả chưa thật như mong đợi.

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Đồng ý cho sinh viên bảo vệ, nhưng sinh viên cần cố gắng nhiều trong quá trình công tác sau này.

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày 24 tháng 12 năm 2021

Giảng viên hướng dẫn

(ký và ghi rõ họ tên)

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM 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 giảng viên chấm phản biện

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

2. Những mặt còn hạn chế

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

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ Không được bảo vệ Điểm hướng dẫn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Giảng viên chấm phản biện

(ký và ghi rõ họ tên)

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây, sự phát triển của kỹ thuật điều khiển truyền động điện cho các dây chuyền sản xuất trong công nghiệp đã đạt được nhiều thành tựu to lớn. Cùng với sự phát triển đó các phương pháp điều khiển động cơ cũng được nghiên cứu phát triển ngày càng tối ưu. Bên cạnh đó việc đi sâu tìm hiểu các giải pháp điều khiển cho động cơ một chiều luôn được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu.

Đã có nhiều tài liệu viết về điều khiển động cơ một chiều. Trong đó nhiều phương pháp nghiên cứu đã được ứng dụng trên thực tế và chế tạo thành các sản phẩm thương mại và sử dụng rất tốt trong công nghiệp. Tuy nhiên các phương pháp điều khiển được ứng dụng vẫn là các phương pháp truyền thống, dựa trên các phương pháp điều khiển sử dụng các phân tử bán dẫn thông dụng điều khiển góc mở cho các van bán dẫn. Trong những năm gần đây có một số công trình nghiên cứu sử dụng vi điều khiển đây là một trong những ứng dụng điều khiển cổ điển. Đã giúp tối thiểu hóa mạch điều khiển hệ truyền động nâng cao tính linh hoạt trong điều khiển tự động truyền động điện.

Việc điều khiển số động cơ một chiều rất quan trọng. Nên em được giao đề tài: **"Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng các bộ điều khiển cổ điển."**

Trong thời gian nghiên cứu đề tài em nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của thầy giáo GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn và các thầy cô trong bộ môn điện tự động công nghiệp. Do thời gian có hạn và năng lực của bản thân còn hạn chế cho nên đề án của em không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em mong nhận được sự thông cảm và chỉ bảo của thầy cô để em hoàn thiện được đề án.

Em xin dành lời chân thành cảm ơn quý thầy cô!

Sinh viên thực hiện.

Đinh Tiến Huy

MỤC LỤC

Trang

Lời nói đầu.....	1
Chương 1: TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU.....	4
1.1 Khái niệm chung.....	4
1.1.1 Khái niệm.....	4
1.1.2 Ưu điểm của động cơ điện một chiều.....	4
1.2 Cấu tạo động cơ điện một chiều.....	5
1.3 Nguyên lí hoạt động của động cơ điện một chiều.....	10
1.4 Các đặc tính của động cơ điện một chiều.....	11
1.4.1 Đặc tính cơ của động cơ kích từ độc lập và song song.....	11
1.4.2 Đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp.....	13
1.4.3 Đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp.....	16
Chương 2: CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU & MỘT SỐ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU TIÊU BIỂU.....	19
2.1 Giới thiệu.....	19
2.2 Các yêu cầu của điều khiển tốc độ động cơ một chiều.....	20
2.2.1 Điều khiển tốc độ bằng thay đổi điện áp.....	20
2.2.2 Điều khiển tốc độ bằng cách thay đổi từ thông ϕ	24
2.2.3 Điều khiển tốc độ bằng phương pháp thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phản ứng.....	26
2.3 Các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều.....	27
2.3.1 Hệ truyền động Máy phát – Động cơ (F – Đ).....	29
2.3.2 Hệ truyền động Van tiristor – Động cơ (T – Đ).....	32
2.3.3 Hệ truyền động Xung áp – Động (XA – Đ).....	37

2.3.3.1 Nguyên lý bộ băm xung một chiều.....	37
2.3.3.2 Các phương pháp điều chỉnh điện áp ra.....	39
Chương 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU SỬ DỤNG CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN CỖ ĐIỆN.....	43
3.1 Mở đầu.....	43
3.2 Mô hình toán học của động cơ.....	44
3.3 Thiết kế bộ điều khiển.....	51
3.3.1 Bộ điều khiển P-I.....	51
3.3.2 Bộ điều khiển I-P.....	51
3.3.3 Bộ điều khiển PID.....	52
3.3.4 Phương pháp chăm sóc ZIEGLER-NICHOLS.....	53
3.3.5 Bộ điều khiển FUZZY.....	53
3.4 Kết quả mô phỏng.....	53
Kết luận.....	60

Chương 1:

TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.1. KHÁI NIỆM CHUNG.

1.1.1. Khái niệm.

Động cơ điện một chiều là loại máy điện biến điện năng dòng một chiều thành cơ năng. Ở động cơ một chiều từ trường là từ trường không đổi.

Để tạo ra từ trường không đổi người ta dùng nam châm vĩnh cửu hoặc nam châm điện được cung cấp dòng điện một chiều.

Ở máy điện một chiều từ trường là từ trường không đổi. Để tạo ra từ trường không đổi người ta dùng nam châm vĩnh cửu hoặc nam châm điện được cung cấp dòng điện một chiều.

Có hai loại máy điện một chiều: loại có cổ góp, loại không có cổ góp.

- Động cơ điện một chiều được phân loại theo kích từ thành những loại sau:
- Kích từ độc lập
- Kích từ song song
- Kích từ nối tiếp
- Kích từ hỗn hợp

Công suất lớn nhất của máy điện một chiều vào khoảng 5-10 MW. Hiện tượng tia lửa ở cổ góp đã hạn chế tăng công suất của máy điện một chiều. Cấp điện áp của máy một chiều thường là 120V, 240V, 400V, 500V và lớn nhất là 1000V. Không thể tăng điện áp lên nữa vì điện áp giới hạn của các phiên góp là 35V.

1.1.2. Ưu 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 như 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,

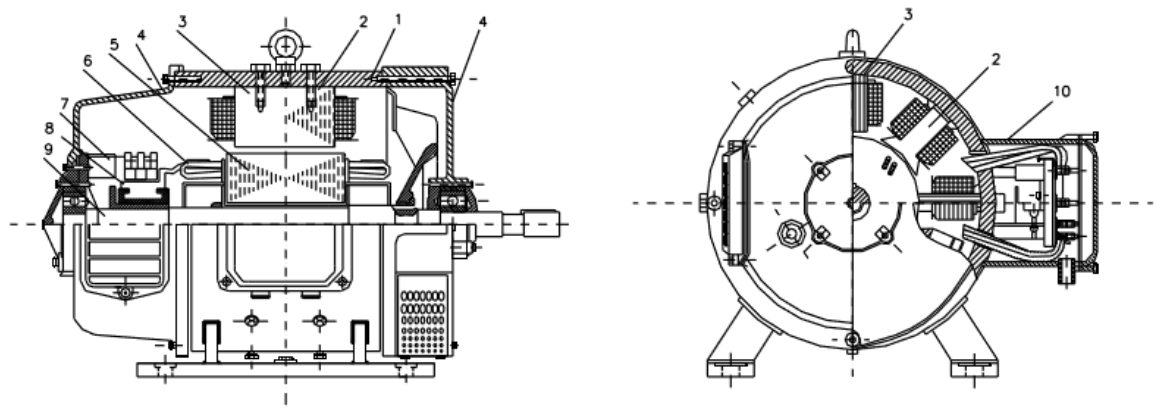
máy công cụ lớn, đầu máy điện...). Mặc dù so với động cơ không đồng bộ để chế tạo động cơ điện một chiều cùng cỡ thì giá thành đắt hơn do sử dụng nhiều kim loại màu hơn, chế tạo bảo quản cỗ góp phức tạp hơn ... nhưng do những ưu điểm của nó mà máy điện một chiều vẫn không thể thiếu trong nền sản xuất 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.

Ngày nay hiệu suất của động cơ điện một chiều công suất nhỏ khoảng $75\% \div 85\%$, ở động cơ điện công suất trung bình và lớn khoảng $85\% \div 94\%$. Công suất lớn nhất của động cơ điện một chiều vào khoảng 100000kw điện áp vào khoảng vài trăm cho đến 1000v. Hướng phát triển là cải tiến tính năng vật liệu, nâng cao chỉ tiêu kinh tế của động cơ và chế tạo những máy công suất lớn hơn đó là cả một vấn đề rộng lớn và phức tạp vì vậy với vốn kiến thức còn hạn hẹp của mình trong phạm vi đề tài này em không thể đề cập nhiều vấn đề lớn mà chỉ đề cập tới vấn đề thiết kế bộ điều chỉnh tốc độ có đảo chiều của động cơ một chiều kích từ độc lập. Phương pháp được chọn là bộ băm xung... đây có thể chọn là phương pháp mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất nhưng nó được sử dụng rộng rãi bởi những tính năng và đặc điểm mà ta sẽ phân tích và đề cập sau này.

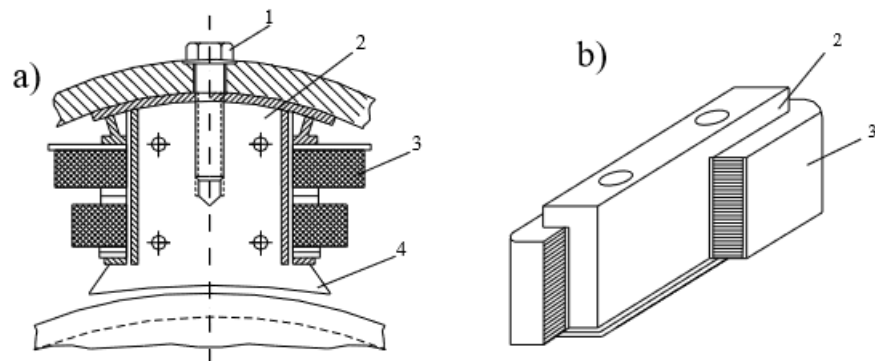
1.2. CẤU TẠO ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU.

Giống như những máy điện quay khác nó cũng gồm phần đứng im (stato) và phần quay (rô to). Về chức năng máy điện một chiều cũng được chia thành phần cảm (kích từ) và phần ứng (phần biến đổi năng lượng). Khác với máy điện đồng bộ ở máy điện một chiều phần cảm bao giờ cũng ở phần tĩnh còn phần ứng là ở rôto. Trên hình 1.2 biểu diễn cấu tạo của động cơ điện một chiều gồm các bộ phận chính.



Hình 1.2 Kích thước, ngang máy điện một chiều. 1-Thép, 2-cực chính với cuộn kích từ, 3-cực phụ với cuộn dây, 4-Hộp ổ bi, 5-Lõi thép, 6-cuộn phần ứng, 7-Thiết bị chổi, 8-Cổ góp, 9-Trục, 10-Nắp hộp đầu dây.

Stato máy điện một chiều là phần cảm, nơi tạo ra từ thông chính của máy. Stato gồm các chi tiết sau:



Hình 1.2.1 Cấu tạo các cực của máy điện một chiều a)Cực chính, b)Cực phụ.

A. Cực chính.

Trên hình 1.2.1a biểu diễn một cực chính gồm: Lõi cực 2 được làm bằng các lá thép điện kỹ thuật ghép lại, mặt cực 4 có nhiệm vụ làm cho từ thông dễ đi qua khe khí. Cuộn dây kích từ 3 đặt trên lõi cực cách điện với thân cực bằng một khuôn cuộn dây cách điện. Cuộn dây kích từ làm bằng dây đồng có tiết diện tròn, cuộn dây được tẩm sơn cách điện nhằm chống thấm nước và tăng độ dẫn nhiệt.

Để tản nhiệt tốt cuộn dây được tách ra thành những lớp, đặt cách nhau một rãnh làm mát.

Là bộ phận sinh ra từ trường gồm có lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ làm bằng những lá thép kỹ thuật điện hay thép cacbon dày 0.5 đến 1 mm ép lại và tán chặt. Trong máy điện nhỏ có thể dùng thép khối. Trong máy 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 và tẩm sơn cách điện trước khi đặt trên các cực từ. Các cuộn dây kích từ đặt trên các cực từ này và được nối nối tiếp với nhau.

B. Cực phụ (Hình 1.2.1b).

Cực phụ nằm giữa các cực chính, thông thường số cực phụ bằng $\frac{1}{2}$ số cực chính số cực chính. Lõi thép cực phụ (2) thường là bột thép ghép lại, ở những máy có tải thay đổi thì lõi thép cực phụ cũng được ghép bằng các lá thép. cuộn dây 3 đặt trên lõi thép 2. Khe khí ở cực phụ lớn hơn khe khí ở cực chính.

Được đặt giữa các cực từ chính và dùng để cải thiện đổi chiều. Lõi thép của 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.

C. Thân máy

Thân máy làm bằng gang hoặc thép, cực chính và cực phụ được gắn vào thân máy. Tùy thuộc vào công suất của máy mà thân máy có chứa hộp ổ bi hoặc không. Máy có công suất lớn thì hộp ổ bi làm rời khỏi thân máy. Thân máy được gắn với chân máy. Ở vỏ máy có gắn bảng định mức với các thông số sau đây:

Trên nhãn máy thường ghi những đại lượng sau.

Công suất định mức $P_{đm}$ (KW hay W).

Điện áp định mức $U_{đm}$ (V).

Tốc độ định mức $n_{đm}$ (Vòng/phút).

Dòng điện định mức $I_{đm}$ (A).

Dòng kích từ định mức $I_{ktđm}$ (A).

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

D. Rôto.

Rô to của máy điện một chiều là phần ứng. Ngày nay người ta dùng chủ yếu là loại rôto hình trống có răng được ghép lại bằng các lá thép điện kỹ thuật. Ở những máy công suất lớn người ta còn làm các rãnh làm mát theo bán kính (các lá thép được ghép lại từng tệp, các tệp cách nhau một rãnh làm mát).

- Lõi sắt phần ứng

Lõi sắt phần ứng dùng để dẫn từ. Thường dùng những tấm thép kỹ thuật điện (thép hợp kim silic) dày 0.5 mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm hao tổn do dòng điện xoáy gây nên. Trên lá thép có dập hình dạng rãnh để sau khi ép lại thì đặt dây quấn vào.

- Dây quấn phần ứng

Dây quấn phần ứng là phần sinh ra sức điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phần ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ thường dùng dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây có tiết diện hình chữ nhật. Dây quấn được cách điện với rãnh của lõi thép.

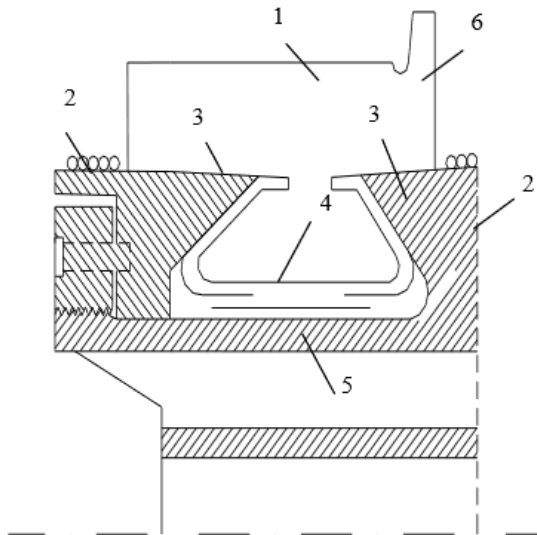
E. Cổ góp.

Cuộn dây rôto là cuộn dây khép kín, mỗi cạnh của nó được nối với phiến góp. Các phiến góp được ghép cách điện với nhau và với trục hình thành một cổ góp. Phiến góp được làm bằng đồng, vừa có độ dẫn điện tốt vừa có độ bền cơ học, chống mài mòn (hình 1.2.2).

- Các bộ phận khác

- a) Thân máy: Thân máy làm bằng gang hoặc thép, cực chính, cực phụ được gắn vào thân máy. Tùy thuộc vào công suất của máy mà thân máy có chứa hộp ổ bi hoặc không. Máy có công suất lớn thì hộp ổ bi làm rời khỏi thân máy. Thân máy được gắn với chân máy. Ở vỏ máy có gắn bảng định mức.
- b) Cánh quạt : Dùng để quạt gió làm nguội máy.
- c) Trục máy : Trên đó đặt lõi sắt phần ứng, cổ góp cách quạt và ổ bi.

Trục máy thường làm bằng thép các bon tốt.

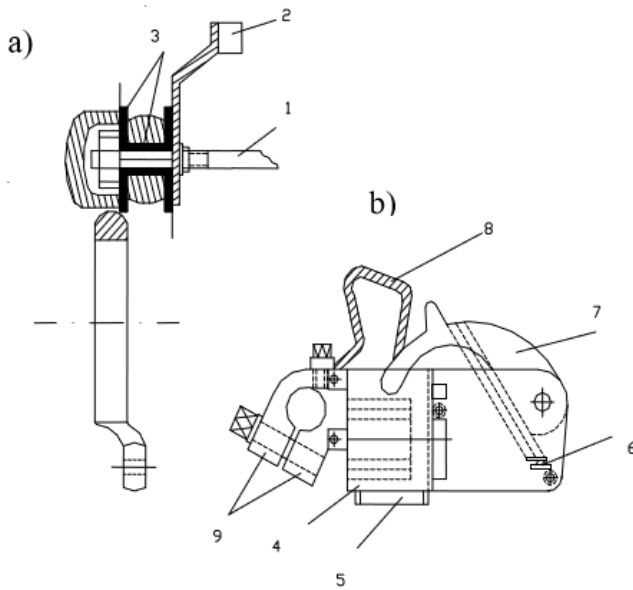


Hình 1.2.2.Kích thước ngang của cổ góp
 1-Phiến góp,2-Ép vò ,3-cách điện, 4-
 phiến cách điện,5-ống cổ góp,6-chổi

Dùng để đổi chiều dòng điện xoay chiều thành một chiều. Kết cấu của cổ góp gồm nhiều phiến đồng có đuôi nhận cách điện với nhau bằng lớp mica dày 0.4 đến 1.2 mm và hợp thành một hình trụ tròn. Hai đầu trụ tròn dùng hai vành ốp hình chữ V ép chặt lại. Giữa vành ốp và trụ tròn cũng cách điện bằng mica. Đuôi vành góp có cao hơn một ít để hàn các đầu dây của các phần tử dây quấn vào các phiến góp được dễ dàng.

F. Thiết bị chổi.

Để đưa dòng điện ra ngoài phải dùng thiết bị chổi gồm: chổi than được làm bằng than granit vừa đảm bảo độ dẫn điện tốt vừa có khả năng chống mài mòn, bộ giữ chổi được làm bằng kim loại gắn vào stato, có lò so tạo áp lực chổi và các thiết bị phụ khác.



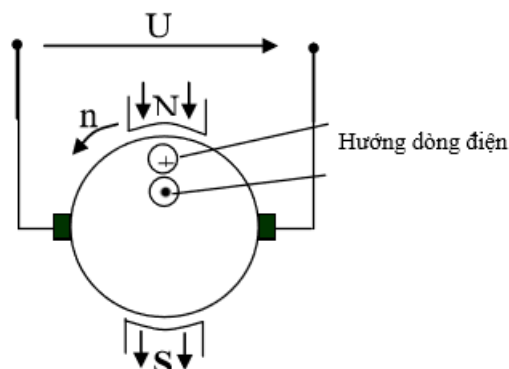
Hình 1.2.3 Thiết bị chổi.

a) Thanh giữ chổi,
b) thiết bị giữ chổi. 1-Ốc vít, 2-Dây dẫn, 3-Cách điện, 4-Giữ chổi, 5-Chổi, 6-Lò so, 7-Đòn

1.3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU.

Động cơ điện một chiều thực chất là máy điện đồng bộ trong đó s.đ.đ xoay chiều được chỉnh lưu thành s.đ.đ một chiều. Để chỉnh lưu s.đ.đ ta có hai đầu vòng dây được nối với hai phiến góp trên có hai chổi điện luôn tỳ sát vào chúng. Khi rôto quay, do chổi điện luôn tiếp xúc với phiến góp nối với thanh dẫn. Vì vậy s.đ.đ xoay chiều trong vòng dây đã được chỉnh lưu ở mạch ngoài thành s.đ.đ và dòng điện một chiều nhờ hệ thống vành góp và chổi điện.

Khi đưa một máy điện một chiều đã kích từ vào lưới điện hình 14.1 thì trong cuộn phần ứng sẽ chạy 1 dòng điện, dòng điện này sẽ tác động với từ trường sinh ra lực, chiều của nó xác định bằng quy tắc bàn tay trái, và tạo ra mômen điện từ làm cho rôto quay với tốc độ n . Trong cuộn dây sẽ xuất hiện sđđ cảm ứng $E_u = C_e \phi n$, ở chế độ quá độ (khi n và dòng I_r thay đổi) ta có phương trình sau:



Hình 14.1 Giải thích nguyên lý động cơ điện một chiều.

$$U + (-e_v) + \left(-L_a \frac{di_v}{dt}\right) = i_v R_t$$

Hoặc:

$$U = e_v + L_a \frac{di_v}{dt} = i_v R_t$$

Ở chế độ ổn định ($n = \text{const}, I_v = \text{const}$) ta có:

$$U = E_v + I_v R_t$$

Khi đặt lên dây quấn kích từ một điện áp kích từ U_k nào đó thì trong dây quấn kích từ sẽ xuất hiện dòng kích từ I_k và do đó mạch từ của máy sẽ có từ thông Φ . Tiếp đó đặt một giá trị điện áp U lên mạch phần ứng thì trong dây quấn phần ứng sẽ có một dòng điện I chạy qua. Tương tác giữa dòng điện phần ứng và từ thông kích thích tạo thành mômen điện từ, mômen này làm cho rô to quay.

Trong khi quay sẽ làm cuộn dây cảm ứng suất điện động, suất điện động này sẽ sinh ra dòng điện tạo ra mômen chống lại rô to quay. Để cho rô to tiếp tục quay ta phải tiếp tục cấp điện cho phần ứng, tạo ra một dòng năng lượng điện chạy liên tục từ nguồn điện một chiều biến sang cơ năng.

Giá trị của mômen điện từ được tính như sau:

$$m = \frac{p \cdot n}{2 \cdot \Pi \cdot a} \cdot \Phi \cdot I = k \cdot \Phi \cdot I$$

Trong đó:

p : số đôi cực của động cơ

n : số thanh dẫn phần ứng dưới một cực từ

a : số mạch nhánh song song của dây quấn phần ứng

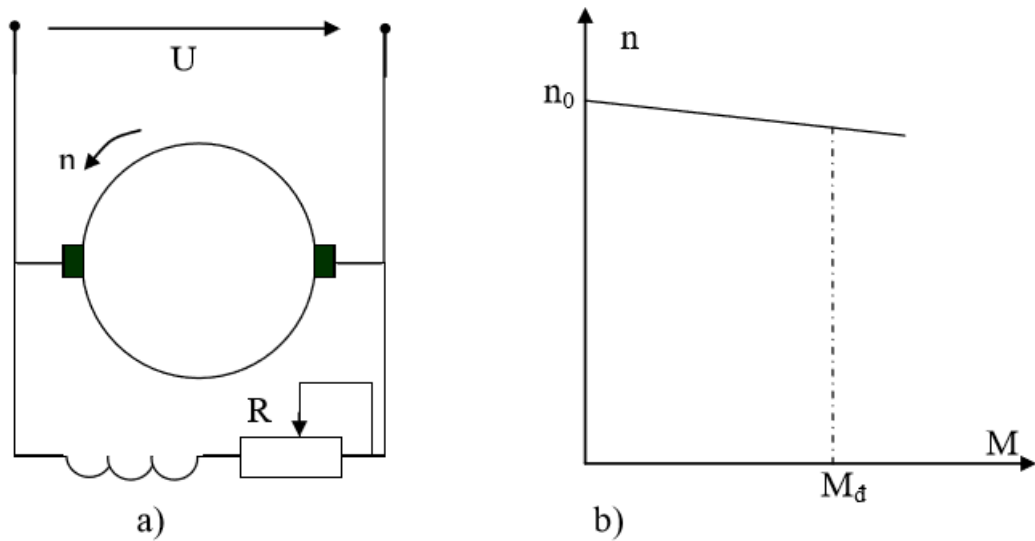
k : hệ số kết cấu của máy

Mômen điện từ này kéo cho phần ứng quay quanh trục.

1.4. CÁC ĐẶC TÍNH CƠ CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU.

1.4.1. Đặc tính cơ của động cơ kích từ độc lập và song song .

Đặc tính cơ là mối quan hệ hàm giữa tốc độ và mômen điện từ $n = f(M)$ khi $I_{kt} = \text{const}$.



Hình 1.4.1 Động cơ điện một chiều kích từ song song: a) Sơ đồ, b) Đặc tính cơ.

Dòng kích từ được xác định bằng:

$$I_{kt} = \frac{U_{kt}}{R_{kt}}; \quad \text{và } \phi = K_I \cdot i_{kt}$$

$$n = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{I_a R_t}{C_e \phi}$$

Rút I_a thay vào ta được:

$$n = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{M R_t}{C_e C_m \phi^2}$$

Do $I_{kt} = \text{const}$ nên $\phi = \text{const}$ ta được phương trình:

$$n = n_0 - BM$$

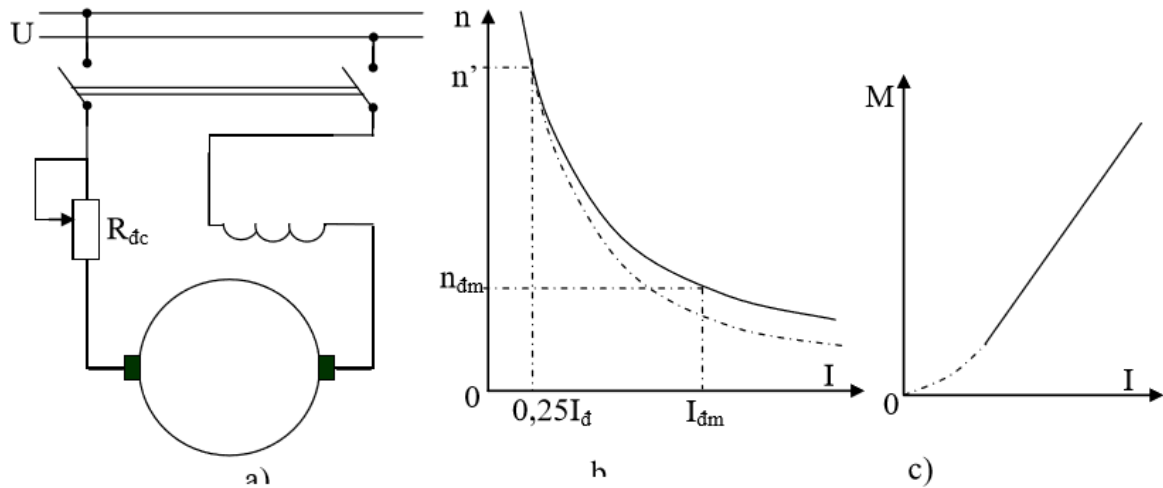
Trong đó: $n_0 = \frac{U}{C_e \phi}$ – gọi là tốc độ không tải, còn $B = \frac{R_t}{C_e C_m \phi^2}$

Về mặt toán học đây là 1 đường thẳng (hình 1.4.1b), song trong máy điện chỉ phối tính chất của máy còn do các hiện tượng vật lý. Thật vậy, khi tải tăng do phản ứng phần ứng làm cho từ thông chính của máy giảm đi đặc tính cơ hơi biến dạng. Nếu động cơ có điện trở điều chỉnh ở mạch phần ứng thì giá trị của hằng số như sau:

$$B = (R_t + R_{dc}) / C_e C_m \phi^2.$$

1.4.2. Đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp.

Đó là mối quan hệ $n = f(M)$ với $U = U_{đm}, U_{đc} = \text{const}$. Sơ đồ động cơ kích từ nối tiếp biểu diễn trên hình 1.4.2



Hình 1.4.2 Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp: a) Sơ đồ, b) Đặc tính cơ.

Từ công thức (1.4.2) ta có:

$$n \frac{U - I_r(R_t + R_{dc})}{C_e \phi} = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{M(R_t + R_{dk})}{C_e C_m \phi^2}$$

Trong máy kích từ nối tiếp $I_{kt} = I_r$.

Ta xét 2 trường hợp:

a. Khi $0 < I_r < I_{đm}$ – máy chưa bão hoà, trong trường hợp này ta có $\phi = K I_r$.

Vậy: $M = C_m K I_r I_r = C_m I_r^2$ do đó: $I_r = C_m \sqrt{M}$

Thay vào biểu thức (14.6) ta có:

$$n = \frac{U - C_m \sqrt{M}(R_t + R_{dc})}{C_e K I_r} = \frac{U}{C_e K C_m \sqrt{M}} - \frac{C_m \sqrt{M}(R_t + R_{dc})}{C_e K C_m \sqrt{M}}$$

Hay:

$$n = \frac{U}{C_e K C_m \sqrt{M}} - \frac{R_t + R_{dc}}{C_e K} = \frac{A}{\sqrt{M}} - B$$

Trong đó:

$$A = \frac{U}{C_e K C'_m}; B = \frac{R_t + R_{dc}}{C_e K};$$

Như vậy trong phạm vi dòng tải nhỏ hơn hoặc bằng dòng định mức, đặc tính có dạng hypebol.

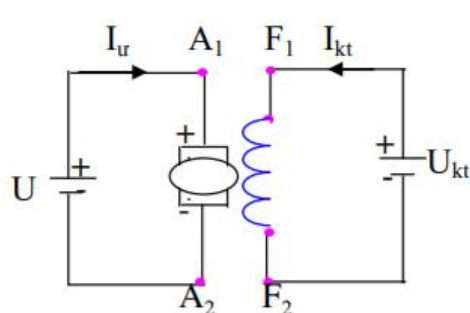
- b.** Khi $I_u > I_{dm}$, máy bão hoà, đặc tính cơ không trùng với đường hypebol nữa (đường nét đứt ở hình 1.4.2b). Sự thay đổi tốc độ bình thường đối với động cơ nối tiếp xác định theo biểu thức:

$$\Delta n_{dm} = \frac{n' - n_{dm}}{n_{dm}} 100\%$$

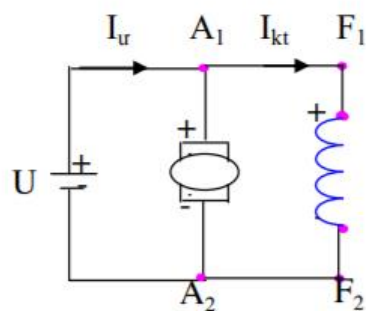
Trong đó: n' - Tốc độ quay của động cơ khi tải thay đổi từ định mức tới 25%.

Qua phân tích trên đây ta thấy đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp không có tốc độ không tải. Khi tải giảm quá mức, tốc độ động cơ tăng đột ngột vì vậy không được để động cơ mắc nối tiếp làm việc không tải, trong thực tế không được cho động cơ nối tiếp chạy bằng dây cu-roa.

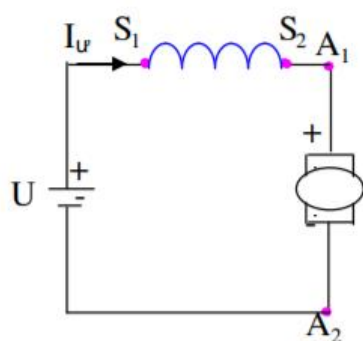
Trong phần trên ta giới thiệu các loại động cơ DC thông dụng, bao gồm động cơ DC kích từ độc lập, kích từ song song, kích từ nối tiếp, kích từ hỗn hợp. Với động cơ DC kích từ độc lập (hình 1.4.3a), dòng phần ứng và dòng kích từ có thể điều khiển độc lập với nhau. Với động cơ kích từ song song (hình 1.4.3b) phần ứng và cuộn kích từ được đấu với nguồn cung cấp. Vì vậy với loại động cơ này dòng kích từ chỉ có thể điều khiển độc lập bằng cách thay đổi điện trở phụ trong mạch phần ứng hoặc mạch kích từ. Tuy nhiên đây là cách điều khiển có hiệu suất thấp. Với động cơ kích từ nối tiếp (hình 1.4.3c), dòng phần ứng cũng chỉ là dòng kích từ, do đó từ thông động cơ là một hàm của dòng phần ứng. Với động cơ kích từ hỗn hợp (hình 1.4.3d) cần đấu nối sao cho sức từ động của cuộn nối tiếp cùng chiều với sức từ động của cuộn song song.



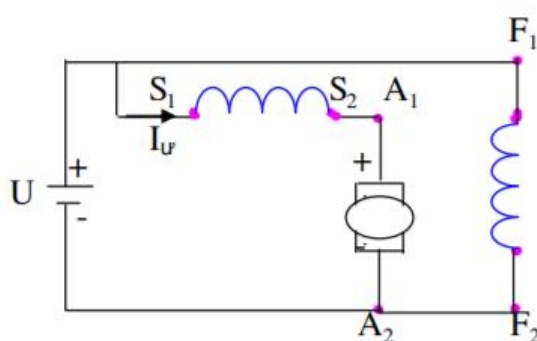
a) Kịch từ độc lập



b) Kịch từ song song



c) Kịch từ nối tiếp



d) Kịch từ hỗn hợp

Hình 1.4.3 Các loại động cơ một chiều thông dụng.

Phương trình cơ bản động cơ một chiều: Khi rô to quay trong phân ứng sẽ xuất hiện suất điện động có giá trị:

$$E = K \cdot \Phi \cdot \omega \quad (1.1)$$

Điện áp nguồn theo định luật Kirchoft 2 có thể viết:

$$U = E + R_u \cdot I_u \quad (1.2)$$

Còn mômen:

$$M = K \cdot \Phi \cdot I_u \quad (1.3)$$

Trong đó:

Φ : Từ thông trên mỗi cực (Wb)

I_r : Dòng phản ứng (A)

U : Điện áp phản ứng (V)

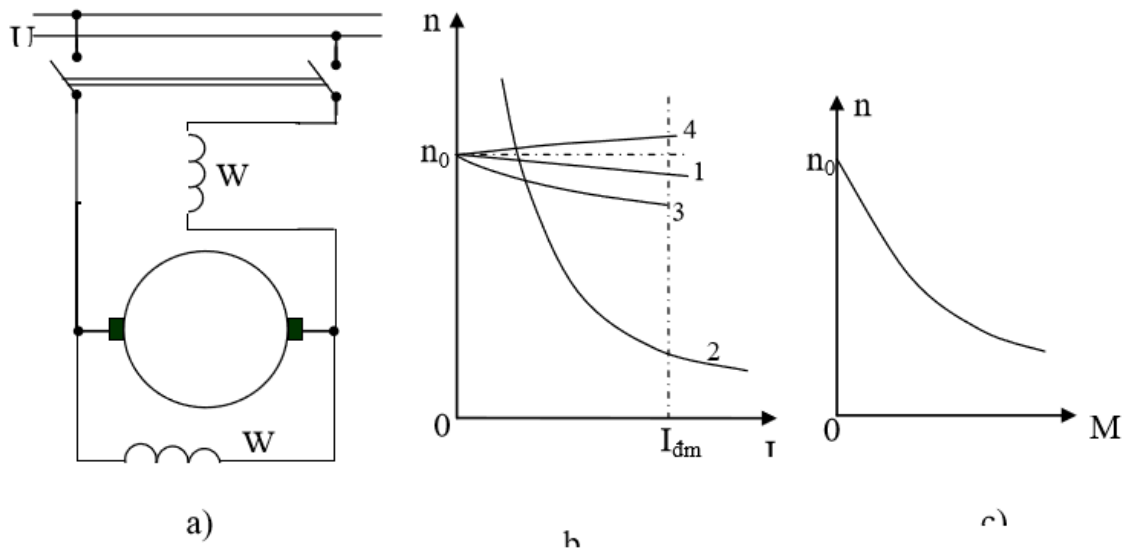
R_r : Điện trở phản ứng (Ω)

ω : Tốc độ động cơ (Rad/s)

1.4.3. Đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp.

Động cơ gồm 2 cuộn kích từ: cuộn nối tiếp và cuộn song song. Đặc tính cơ của động cơ này giống như đặc tính cơ của động cơ kích từ nối tiếp hoặc song song phụ thuộc vào cuộn kích từ nào giữ vai trò quyết định. Ở động cơ nối tiếp, stđ của 2 cuộn dây cùng chiều nhưng giữ vai trò chủ yếu là cuộn song song. So sánh đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp với nối tiếp ta thấy ở động cơ kích từ hỗn hợp có tốc độ không tải (kho không tải từ thông nối tiếp bằng không nhưng từ thông kích từ song song khác khác không nên có tốc độ không tải) khi dòng tải tăng lên, từ thông cuộn nối tiếp tác động, đặc tính cơ mang tính chất động cơ nối tiếp. Trên hình 14.4b biểu diễn đặc tính $n = f(I)$ của động cơ kích từ song song (đường 1), của động cơ kích từ nối tiếp (đường 2), của động cơ kích từ hỗn hợp nối tiếp (đường 3) và đặc tính của động cơ kích từ nối tiếp nối ngược (đường 4) để chúng ta dễ so sánh. Còn hình 14.4c là đặc tính cơ của động cơ kích từ hỗn hợp.

Đặc tính của động cơ một chiều kích từ hỗn hợp có dạng như biểu diễn trên hình 1.6. Tốc độ không tải của động cơ phụ thuộc vào dòng kích từ qua cuộn song song, nối tiếp. Động cơ kích từ hỗn hợp được sử dụng trong những ứng dụng cần có đặc tính cơ tương tự động cơ kích từ nối tiếp đồng thời cần hạn chế tốc độ không tải ở một giá trị giới hạn thích hợp. Cũng cần lưu ý các đặc tính cơ đề cập trên hình 1.6 là đặc tính cơ tự nhiên của động cơ, nghĩa là các đặc tính này nhận được khi động cơ hoạt động với điện áp cung cấp và từ thông định mức, và không có điện trở phụ nào trong mạch phản ứng hoặc kích từ.



Hình 1.4.4 Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp: a) Sơ đồ; b,c) Đặc tính cơ.

Chương 2:

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU & MỘT SỐ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU TIÊU BIỂU.

2.1. GIỚI THIỆU.

Các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều là rất quan trọng vì nó giúp ta lựa chọn phương pháp phù hợp cho từng hệ thống riêng biệt.

Về phương diện điều chỉnh tốc độ, động cơ điện một chiều có nhiều ưu việt hơn so với loại động cơ khác, không những nó có khả năng điều chỉnh tốc độ rẽ ràng mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại đạt chất lượng điều chỉnh cao trong dải điều chỉnh tốc độ rộng.

Thực tế có hai phương pháp cơ bản để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều:

- Điều chỉnh điện áp cấp cho phần ứng động cơ.
- Điều chỉnh điện áp cấp cho mạch kích từ động cơ.

Cấu trúc phân lực của hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều bao giờ cũng cần có bộ biến đổi. Các bộ biến đổi này cấp cho mạch phần ứng động cơ hoặc mạch kích từ động cơ. Cho đến nay trong công nghiệp sử dụng bốn bộ biến đổi chính:

- Bộ biến đổi máy điện gồm: động cơ sơ cấp kéo một máy phát một chiều hoặc máy điện khuếch đại (KĐM).
- Bộ biến đổi điện từ: Khuếch đại từ (KĐT).
- Bộ biến đổi chỉnh lưu bán dẫn: chỉnh lưu tiristo (CLT).
- Bộ biến đổi xung áp một chiều: tiristo hoặc tranzito (BBĐXA).

Tương ứng với việc sử dụng các bộ biến đổi mà ta có các hệ truyền động như:

- Hệ truyền động máy phát - động cơ (F-Đ).
- Hệ truyền động máy điện khuếch đại - động cơ (MĐkĐ-Đ).

- Hệ truyền động khuếch đại từ - động cơ (KĐT-Đ).
- Hệ truyền động chỉnh lưu tiristo - động cơ (T-Đ).
- Hệ truyền động xung áp - động cơ (XA-Đ).

Theo cấu trúc mạch điều khiển các hệ truyền động, điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều có loại điều khiển theo mạch kín (ta có hệ truyền động điều chỉnh tự động) và loại điều khiển mạch hở (hệ truyền động điều khiển “hở”). Hệ điều chỉnh tự động truyền động điện có cấu trúc phức tạp, nhưng có chất lượng điều chỉnh cao và dải điều chỉnh rộng hơn so với hệ truyền động “hở”.

Ngoài ra các hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều cũng được phân loại theo truyền động có đảo chiều quay và không đảo chiều quay. Đồng thời tùy thuộc vào các phương pháp hãm, đảo chiều mà ta có truyền động làm việc ở một góc phân tư, hai góc phân tư, và bốn góc phân tư.

2.2. CÁC YÊU CẦU CỦA ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU.

Từ biểu thức:

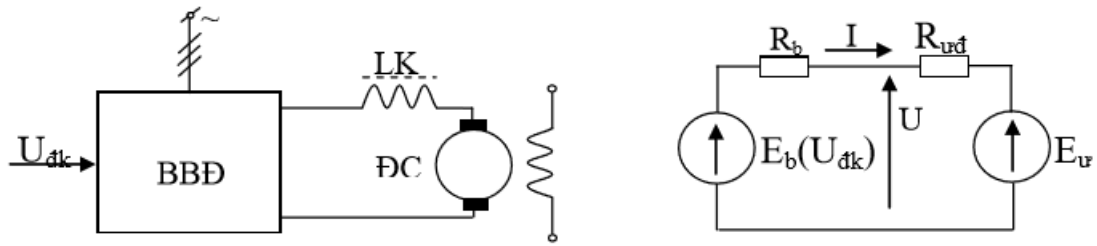
$$n = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{MR_t}{C_e C_m \phi^2}$$

Ta rút ra được các phương pháp điều chỉnh tốc độ :

- Thay đổi điện áp nguồn nạp.
- Thay đổi điện trở mạch rôto.
- Thay đổi từ thông.

2.2.1 Điều khiển tốc độ bằng thay đổi điện áp.

Để điều chỉnh điện áp phản 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 $U_{đk}$. 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.



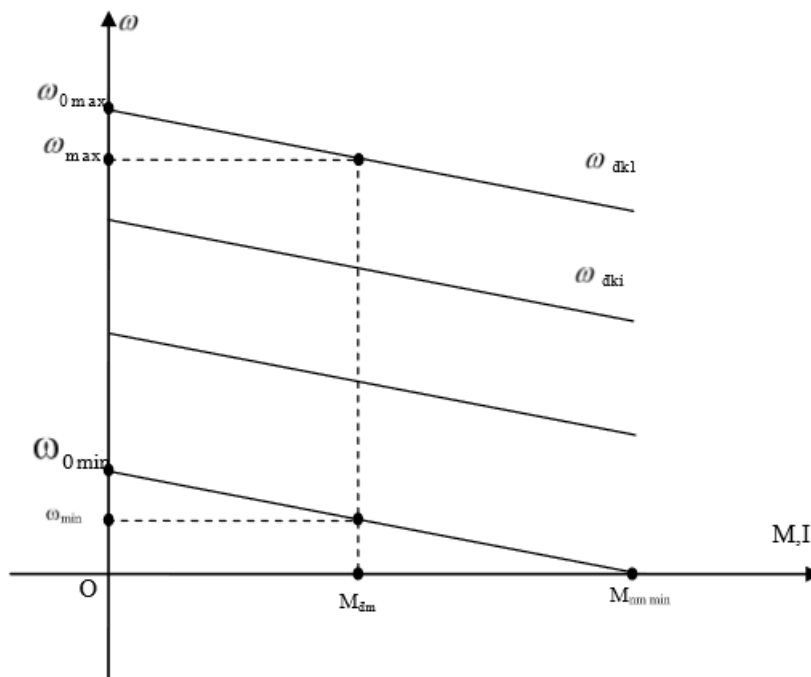
Hình 2.2.1.1 Sơ đồ và sơ đồ thay thế ở chế độ xác lập

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

$$E_b - E_u = I_u \cdot (R_b + R_{ưđ})$$

$$\omega = \frac{E_b}{K \cdot \Phi_{đm}} - \frac{R_b + R_{ưđ}}{K \cdot \Phi_{đm}} \cdot I_u$$

$$\omega = \omega_o \cdot U_{đk} \supseteq \frac{M}{|\beta|}$$



Hình 2.2.1.2 Xác định phạm vi điều chỉnh

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 $U_{đk}$ 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 phần 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:

$$\omega_{max} = \omega_{o max} - \frac{M_{dm}}{\beta}$$

$$\omega_{min} = \omega_{o min} - \frac{M_{dm}}{\beta}$$

Để thoả mãn khả năng quá tải thì đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh phải có mômen ngắn mạch là:

$$M_{nmin} = M_{cmax} = K_M \cdot M_{dm}$$

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

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

Với một cơ cấu máy cụ thể thì các giá trị $\omega_{o max}$, 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 thể tính sơ bộ được:

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

Vì thế, tải có đặc tính mômen không đổi thì giá trị phạm vi điều chỉnh tốc độ cứng 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 “hở” 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:

$$s = \frac{\omega_{o\min} - \omega_{\min}}{\omega_{o\min}} = \frac{\Delta\omega}{\omega_{o\min}}$$

$$s = \frac{M_{\dot{a}m}}{|\beta| \cdot \omega_{o\min}} \leq s_{cp}$$

Vì các giá trị $U_{\dot{a}m}$, $\omega_{o\min}$, 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.

Trong suốt quá trình điều chỉnh điện áp phần ứng thì từ thông kích từ được giữ nguyên, do đó mômen tải cho phép của hệ sẽ là không đổi:

$$M_{c.cp} = K\Phi_{\dot{a}m} \cdot I_{\dot{a}m} = M_{\dot{a}m}$$

Phạm vi điều chỉnh tốc độ và mômen nằm trong hình chữ nhật bao bởi các đường thẳng $\omega = \omega_{\dot{a}m}$, $M = M_{\dot{a}m}$ và các trục toạ độ. Tổn hao năng lượng chính là tổn hao trong mạch phần ứng nếu bỏ qua các tổn hao không đổi trong hệ.

$$E_b = E_u + I_u (R_b + R_{u\dot{a}})$$

$$I_u \cdot E_b = I_u \cdot E_u + I_u^2 (R_b + R_{u\dot{a}})$$

Nếu đặt $R_u + R_{uđ} = R$ thì hiệu suất biến đổi năng lượng của hệ sẽ là:

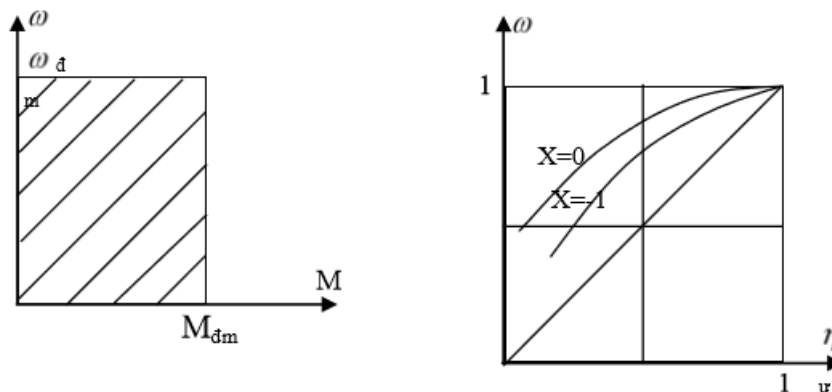
$$\eta_u = \frac{I_u E_u}{I_u E_u + I_u^2 R} = \frac{\omega}{\omega + \frac{MR}{K\Phi_{đm}}}$$

Khi làm việc ở chế độ xác lập ta có mômen do động cơ sinh ra đúng bằng mômen tải tròn trục:

$M^* = M_c^*$ và gần đúng coi đặc tính cơ của phụ tải là $M_c = (\omega^*)^x$ thì:

$$\eta_u = \frac{\omega^*}{\omega^* + R^* \cdot (\omega^*)^x}$$

Hình 2.2.1.3 miêu tả quan hệ giữa hiệu suất và tốc độ làm việc trong các trường hợp đặc tính tải khác nhau. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng là rất thích hợp trong trường hợp mômen tải là hằng số trong toàn dải điều chỉnh. Cũng thấy rằng không nên nối thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng, ví như vậy sẽ làm giảm đáng kể hiệu suất của hệ.



Hình 2.2.1.3 Quan hệ giữa hiệu suất động và tốc độ với các loại tải khác nhau.

2.2.2. Điều khiển tốc độ bằng cách thay đổi từ thông ϕ .

Từ biểu thức:

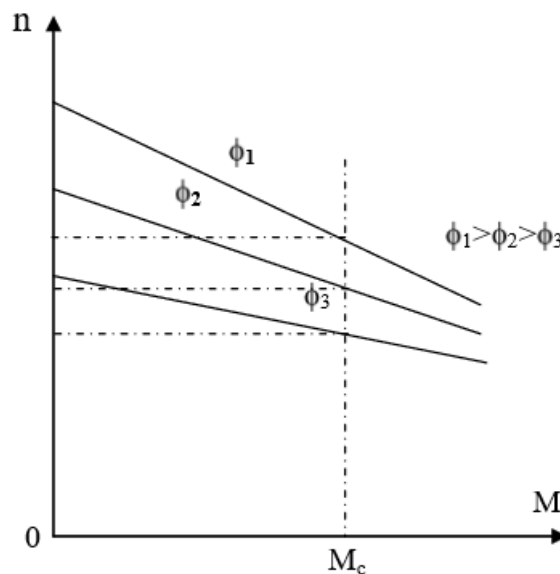
$$n = \frac{U - I_a R_t}{C_e \phi}$$

Khi $M, U = \text{const}, \phi = \text{var}$ (thay đổi dòng kích từ) thì n tăng lên. Thật vậy khi giảm từ thông dòng điện ở rôto tăng nhưng không làm cho tử số biểu thức (14.9) thay đổi nhiều vì độ giảm điện áp ở R_t chỉ chiếm vài % của điện áp U nên khi từ thông giảm thì tốc độ tăng. Song nếu ta cứ tiếp tục giảm dòng kích từ thì tới một lúc nào đó tốc độ không được tăng được nữa. Sở dĩ như vậy vì mômen điện từ của động cơ cũng giảm. Phương pháp này chỉ dùng trong phạm vi khi từ thông giảm tốc độ còn tăng. Hình 2.2.2 biểu diễn đặc tính cơ khi $\phi = \text{var}$. Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông có những ưu khuyết điểm sau:

Ưu điểm: Điều chỉnh tốc độ theo chiều tăng (từ tốc độ định mức), rất lág phạm vi điều chỉnh rộng, tổn hao điều chỉnh nhỏ, dễ thực hiện và kinh tế.

Nhược điểm: Không điều chỉnh được tốc độ ở dưới tốc độ định mức.

Do những ưu điểm trên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông thường được áp dụng hợp với những phương pháp khác nhằm tăng phạm vi điều chỉnh.



Hình 2.2.2 Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập khi thay đổi từ thông.

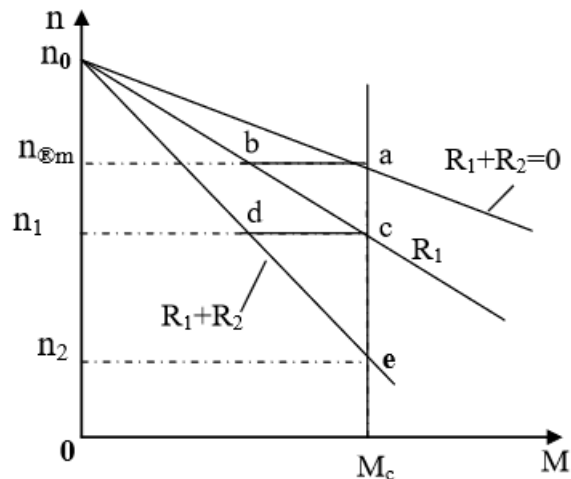
Lưu ý: Không được giảm dòng kích từ tới giá trị không, vì lúc này máy chỉ còn từ dư, tốc độ tăng quá lớn gây nguy hiểm cho các cấu trúc cơ khí của động cơ. Thường người ta thiết kế bộ điện trở điều chỉnh để không khi nào mạch từ bị hở.

2.2.3. Điều khiển tốc độ bằng phương pháp thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phản ứng.

Từ công thức:

$$n = \frac{U - I_0(R_t + R_{dc})}{C_e \phi} = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{M(R_t + R_{dc})}{C_e C_m \phi^2}$$

Ta ký hiệu hiệu $\Delta n = M(R_t + R_{dc})$ thì khi $M = \text{const}$ mà thay đổi R_{dc} thì thay đổi được n (độ giảm tốc độ), tức là thay đổi được tốc độ động cơ. Trên (hình 2.2.3) biểu diễn đặc tính cơ của phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở rô to.



Hình 2.2.3 Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều bằng phương pháp thay đổi điện trở mạch rô to.

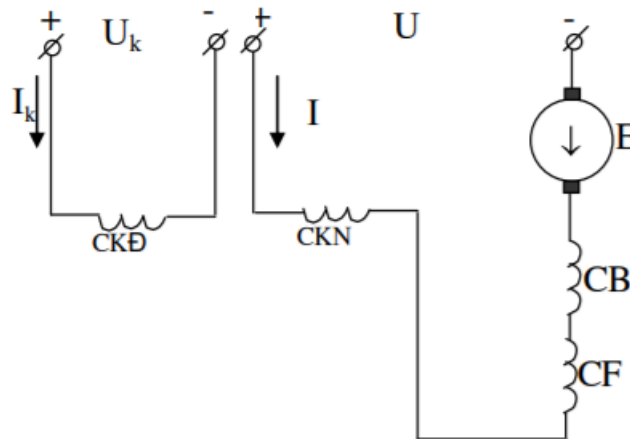
Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi điện trở mạch phản ứng có những ưu khuyết điểm sau:

- Dễ thực hiện, vốn đầu tư ít, điều chỉnh tương đối lúng.
- Tuy nhiên phạm vi điều chỉnh hẹp và phụ thuộc vào tải (tải càng lớn phạm vi điều chỉnh càng rộng), không thực hiện được ở vùng gần tốc độ không tải. Điều chỉnh có tổn hao lớn. Người ta đã chứng minh rằng để giảm 50% tốc độ định mức thì tổn hao trên điện trở điều chỉnh chiếm 50% công suất đưa vào. Điện trở điều chỉnh tốc độ có chế độ làm việc lâu dài nên không

dùng điện trở khởi động (làm việc ở chế độ ngắn hạn) để làm điện trở điều chỉnh tốc độ.

2.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU.

Cho đến nay động cơ điện một chiều vẫn còn dùng rất phổ biến trong các hệ thống truyền động chất lượng cao, dải công suất động cơ một chiều từ vài W đến hàng ngàn KW. Trên hình 1.7 là sơ đồ tổng quát của động cơ một chiều.



Hình 1.7. Kết cấu chung của động cơ điện một chiều

Phần ứng được biểu diễn bởi vòng tròn bên trong có nguồn sức điện động E , phần stato có thể có vài cuộn dây: cuộn kích từ độc lập $CKĐ$, cuộn dây kích từ nối tiếp CKN , cuộn dây cực từ phụ CF và dây quấn bù CB . Hệ thống các phương trình mô tả động cơ một chiều thường là phi tuyến, trong đó các đại lượng đầu vào (tín hiệu điều khiển) thường là điện áp phần ứng U , điện áp kích từ U_k , tín hiệu đầu ra thường là tốc độ góc của động cơ , mômen quay M , dòng điện phần ứng I , hoặc một trong số trường hợp là vị trí của rôto θ , mômen tải M_c là mômen do cơ cấu làm việc truyền về hệ trục động cơ, mômen tải là nhiễu loạn quan trọng nhất của hệ truyền động điện từ động.

Về phương diện điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều có nhiều ưu việt hơn so với loại động cơ khác, không những nó có khả năng điều chỉnh tốc độ dễ dàng mà cấu trúc mạch lực, mạch điều khiển đơn giản hơn đồng thời lại đạt chất lượng điều chỉnh cao trong dải điều chỉnh tốc độ rộng.

Thực tế có hai phương pháp cơ bản để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều nói chung và động cơ một chiều kích từ độc lập nói riêng :

- Điều chỉnh điện áp cấp cho phần ứng động cơ.
- Điều chỉnh điện áp cấp cho mạch kích từ động cơ.

Cấu trúc phần lực của hệ truyền động điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều bao giờ cũng cần có bộ biến đổi. Các bộ biến đổi này cấp cho mạch phần ứng động cơ hoặc mạch kích từ động cơ. Trong công nghiệp thường sử dụng bốn loại bộ biến đổi chính:

- Bộ biến đổi máy điện gồm: động cơ sơ cấp kéo máy phát một chiều hoặc máy điện khuếch đại (KĐM)
- Bộ biến đổi điện từ: Khuếch đại từ (KĐT)
- Bộ biến đổi chỉnh lưu bán dẫn: Chỉnh lưu tiristo (CLT)
- Bộ biến đổi xung áp một chiều: tiristo hoặc tranzito (BBĐXA)

Về phương diện điều chỉnh tốc độ, động cơ điện một chiều có ưu việt hơn so với các loại động cơ khác:

- Khả năng điều chỉnh tốc độ dễ dàng.
- Chất lượng điều chỉnh trong dải điều chỉnh tốc độ rộng.

Có hai phương pháp điều chỉnh tốc độ rộng:

- + Điều chỉnh điện áp cấp cho phần ứng động cơ.
- + Điều chỉnh điện áp cấp cho mạch kích từ động cơ.

Để thay đổi điện áp cấp cho động cơ ta dùng bộ biến đổi, có các loại biến đổi sau đây:

- + Bộ biến đổi quay: máy điện phát điện một chiều(Động cơ sơ cấp kéo máy phát một chiều cấp điện trực tiếp cho động cơ).
- + Bộ biến đổi chỉnh lưu bán dẫn : Chỉnh lưu Thyristor.
- + Bộ biến đổi xung áp một chiều : Thyristor hoặc Tranzitor.

Tương ứng với việc sử dụng bộ biến đổi mà ta có các hệ truyền động điện như:

- + Hệ truyền động điện máy phát - động cơ (F-D)
- + Hệ truyền động điện chỉnh lưu Thyristor - động cơ (T-D)
- + Hệ truyền động xung áp - động cơ

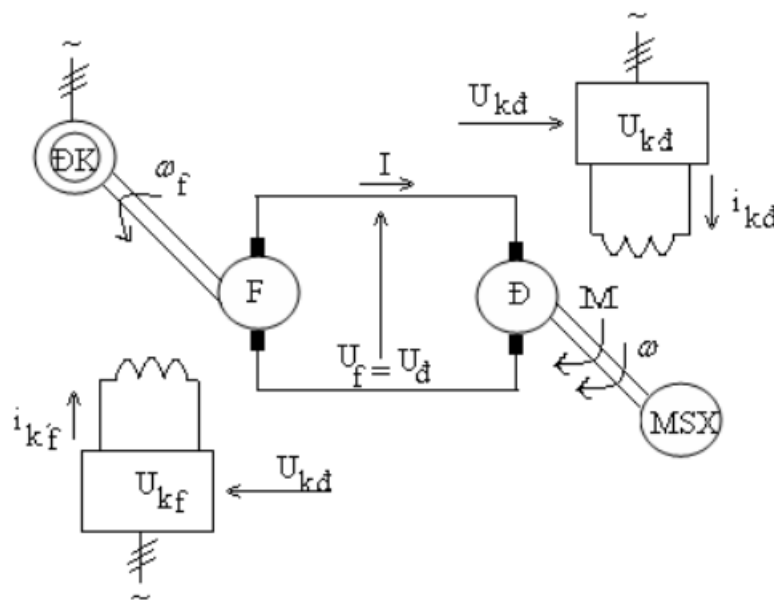
Hệ điều khiển có hai loại cấu trúc mạch:

- + Điều khiển theo mạch hở (hệ truyền động điều khiển hở)
- + Điều khiển theo mạch kín (hệ truyền động điều khiển tự động)

2.3.1. Hệ truyền động Máy phát – Động cơ (F - Đ).

Hệ F - Đ là một trong những phương án điều chỉnh tốc độ động cơ thông qua việc điều chỉnh điện áp phần ứng

Hệ truyền động máy phát động cơ có bộ biến đổi là máy phát điện một chiều kích từ độc lập. Máy phát này thường do động cơ sơ cấp không đồng bộ ba pha ĐK quay với tốc độ không đổi.



Hình 2.9. Sơ đồ nguyên lý hệ truyền động F-D

Đặc điểm của hệ truyền động F- Đ :

- + Tốc độ động cơ Đ có thể được điều chỉnh từ 2 phía:

- Phía kích thích máy phát F
- Phía kích thích động cơ Đ

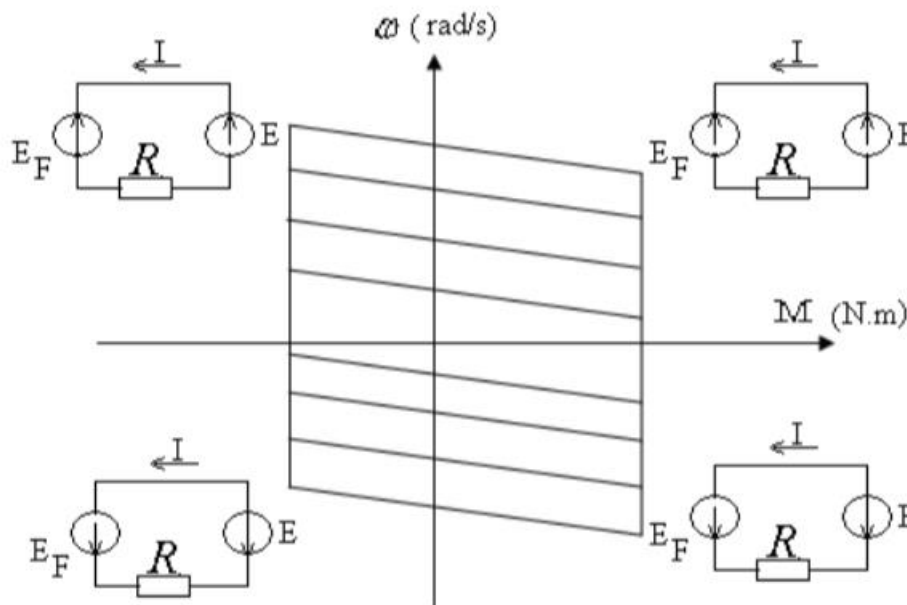
+ Hệ F – Đ có đặc tính cơ điện đầy đủ trong 4 góc phần tư:

Trong đó:

- Góc phần tư thứ nhất và ba làm việc trong chế độ động cơ
- Góc phần tư thứ hai và bốn làm việc trong chế độ hãm

Phương trình đặc tính cơ:

$$\omega = \frac{U_u}{K \cdot \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K \cdot \Phi)^2} M$$



Hình 3.0. Đặc tính cơ của hệ F- Đ

- Ưu điểm của hệ F- Đ :

- + Chuyển đổi trạng thái làm việc rất linh hoạt
- + Dễ dàng điều khiển
- + Phạm vi điều chỉnh rộng ($D = 10 \div 1$)
- + Khả năng quá tải lớn.

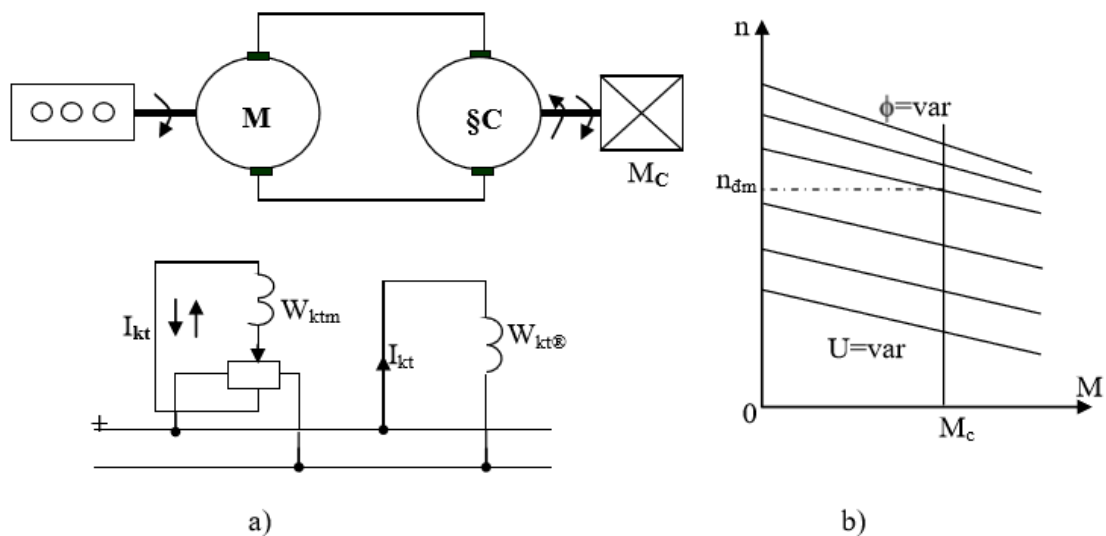
Do đó hệ truyền động F-Đ thường được dùng trong các máy khai thác công nghiệp mỏ.

- Nhược điểm của hệ F-Đ :

- + Dùng nhiều máy phát điện quay nên hiệu suất thấp ($\eta < 75\%$)
- + Gây tiếng ồn lớn
- + Máy phát điện một chiều có từ dư, đặc tính từ hoá có trễ nên khó điều chỉnh sâu tốc độ
- + Công suất lắp đặt máy phát lớn hơn công suất động cơ, diện tích lắp đặt lớn...

Do những nhược điểm trên, nên hệ F – Đ có xu hướng thay thế bằng hệ điều áp dùng bộ biến đổi van - động lực.

Để tăng phạm vi điều chỉnh tốc độ, người ta dùng hệ thống máy phát động cơ điện một chiều (hình 3.1).



Hình 3.1 Hệ truyền động điện máy phát-động cơ a) Sơ đồ, b)Đặc tính cơ khi thay đổi tốc độ.

Trong hệ thống này cả máy phát và động cơ đều là máy điện một chiều kích từ độc lập.

Để thay đổi tốc độ, trong hệ thống máy phát-động cơ có thể áp dụng phương pháp điều chỉnh điện áp nguồn nạp (thay đổi kích từ máy phát), thay đổi điện trở mạch rôto động cơ và thay đổi từ thông kích từ động cơ. Hệ thống cho ta phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng, điều chỉnh được cả 2 chiều tăng và giảm, có độ điều chỉnh rất lằng.

Tuy nhiên do sử dụng nhiều máy điện một chiều nên đầu tư cho hệ thống khá đắt tiền, do đó hệ thống truyền động điện máy phát động cơ chỉ sử dụng ở những nơi thật cần thiết theo chỉ tiêu chất lượng của hệ thống. Ngày nay máy phát điện một chiều được thay bằng bộ chỉnh lưu, xuất hiện hệ thống: van-động cơ. Hệ thống được cấp điện từ nguồn xoay chiều, có tính chất giống hệ máy phát động cơ nhưng rẻ và độ tin cậy cao hơn.

2.3.2. Hệ truyền động Thyristor – Động cơ(T – Đ).

Với hệ truyền động T - Đ ta có thể thay đổi thời điểm đặt xung điện áp lên cực điều khiển, nhờ đó ta có thể điều chỉnh được điện áp chỉnh lưu.

* Cấu tạo hệ T - Đ bao gồm :

+ Máy biến áp (MBA): Chức năng biến điện áp xoay chiều về điện áp phù hợp.

+ Thyristor: Là phân tử biến đổi:

- Thyristor mở khi : $V_A > V_K$ và có xung điều khiển

- Thyristor khoá khi: $V_A < V_K$ và dòng thyristor giảm về 0

+ Cuộn cảm LK: Có tác dụng san bằng điện áp làm việc

+ Động cơ điện một chiều

Nguyên lý hoạt động :

- Xét trong chế độ dòng gián đoạn:

Khi cuộn cảm LK có giá trị L_d không đủ lớn thì năng lượng trong cuộn cảm không đủ lớn để duy trì dòng điện trong cuộn, do vậy sinh ra dòng gián đoạn.

Đặc điểm của hệ CL – Đ ở chế độ này là dòng điện không ổn định, momen sinh ra không đều, động cơ có tốc độ không được ổn định.

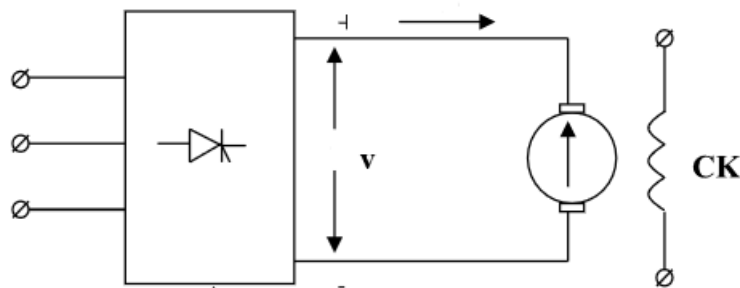
Do vậy, ta cần áp dụng các phương pháp tự động điều chỉnh đặc biệt khi sử dụng hệ CL – Đ ở chế độ dòng gián đoạn. Thực tế người ta thường tăng L_d để tạo ra dòng liên tục.

- Xét trong chế độ dòng liên tục:

+ Chỉnh lưu điều khiển có góc mở van α nhất định tính từ thời điểm chuyển mạch tự nhiên. Tác động mở từng van vào các thời điểm khác nhau cho dòng điều chỉnh lưu i_d (Ta đã chọn α để có dòng i_d liên tục do vậy ta luôn có dòng qua động cơ).

+ Việc lựa chọn thời điểm mở van ta sẽ điều chỉnh được suất điện động chỉnh lưu E_d và do vậy sẽ điều chỉnh được điện áp phản ứng động cơ U_v .

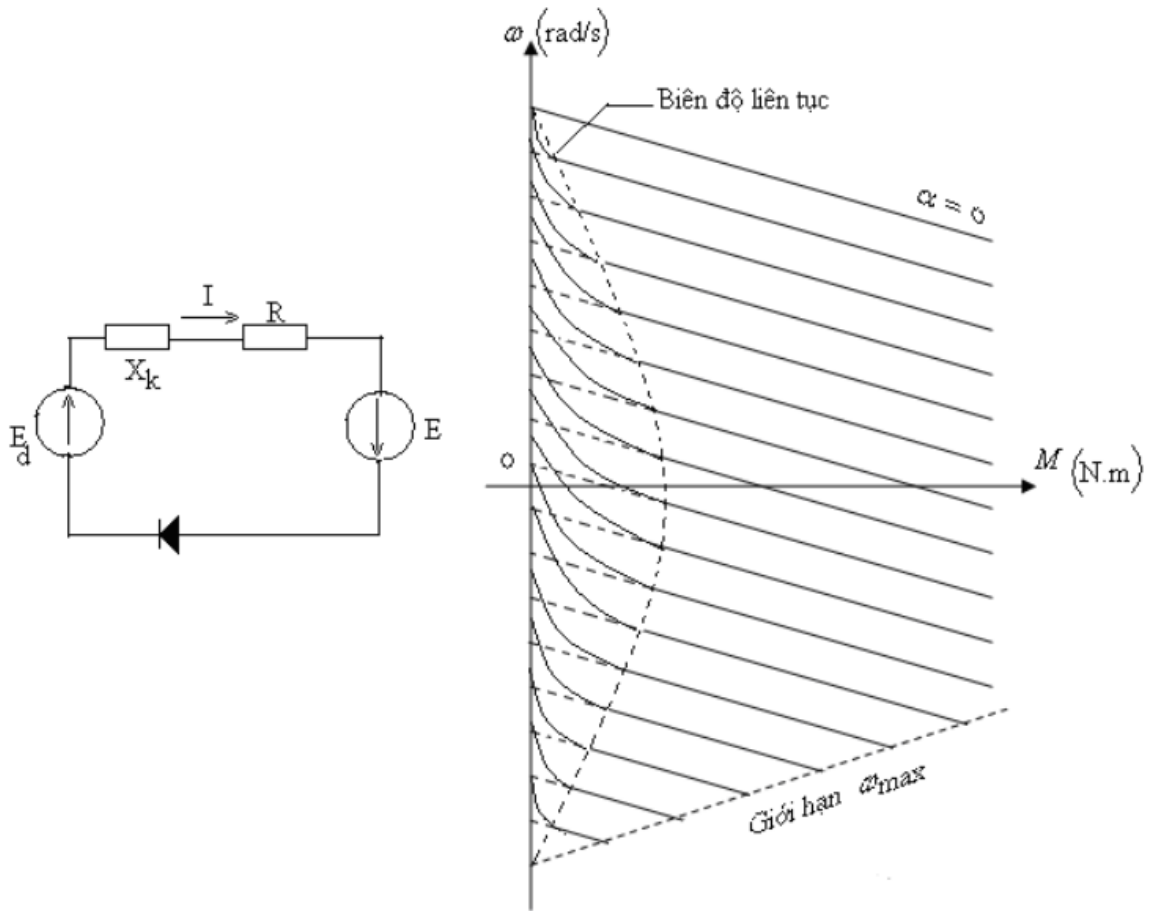
$$\text{Từ sơ đồ thay thế ta có : } I_d = \frac{U_{d0} \cdot \cos \alpha - E}{R + \omega L} \quad ; \quad E_d = U_d = U_{d0} \cdot \cos \alpha$$



Hình 2.12. Sơ đồ nguyên lý của hệ T – Đ

+ **Lưu ý:** Khi có hiện tượng trùng dẫn (hai van cùng dẫn) sẽ làm ngắn mạch phía thứ cấp máy biến áp. Vì vậy để tránh hiện tượng cháy, nổ do ngắn mạch ta phải lắp MBA có $N_N \% = \{5 \div 10\} \%$

- Đặc tính cơ của hệ T – Đ



Hình 2.13. Sơ đồ thay thế chỉnh lưu thyristor - động cơ và đặc tính cơ của động cơ

+ Phương trình đặc tính cơ:

$$\omega = \frac{U_{do} \cdot \cos \alpha}{K \cdot \Phi_{dm}} - \frac{R_t \cdot X_k}{(K \cdot \Phi_{dm})^2} M$$

Từ đó ta có $\omega_o = \frac{U_{do} \cdot \cos \alpha}{K \cdot \Phi_{dm}}$ và $\beta = \frac{(K \Phi_{dm})^2}{R + X_k}$

• Khi thay đổi góc điều khiển α :

- Trong khoảng $\alpha = [0 \div \Pi / 2]$ thì bộ biến đổi làm việc ở chế độ chỉnh lưu

- Nếu $E > 0$, động cơ làm việc ở chế độ động cơ
- Nếu $E < 0$ động cơ làm việc ở chế độ hãm ngược

- Trong khoảng $\alpha = [\Pi / 2 \div \alpha_{max}]$ thì tải có tính chất thế năng .Để quay ngược động cơ, lúc này E_d và E đổi dấu. Nên dòng điện I_u vẫn chạy theo chiều cũ,

động cơ làm việc ở chế độ hãm tái sinh. Bộ biến đổi làm việc ở chế độ nghịch lưu biến cơ năng của tải thành điện năng xoay chiều trả về lưới.

- Ưu nhược điểm của hệ T- Đ

• Ưu điểm:

+ Độ tác động nhanh cao.

+ Dễ tự động hoá, van có hệ số khuếch đại công suất lớn nâng cao chất lượng các đặc tính tĩnh và đặc tính động của hệ thống.

+ Không gây ồn.

+ Điều khiển góc mở van α có thể điều chỉnh tốc độ nhanh

+ công suất điều khiển nhỏ, giá thành rẻ hơn so với các hệ truyền động khác.

• Nhược điểm:

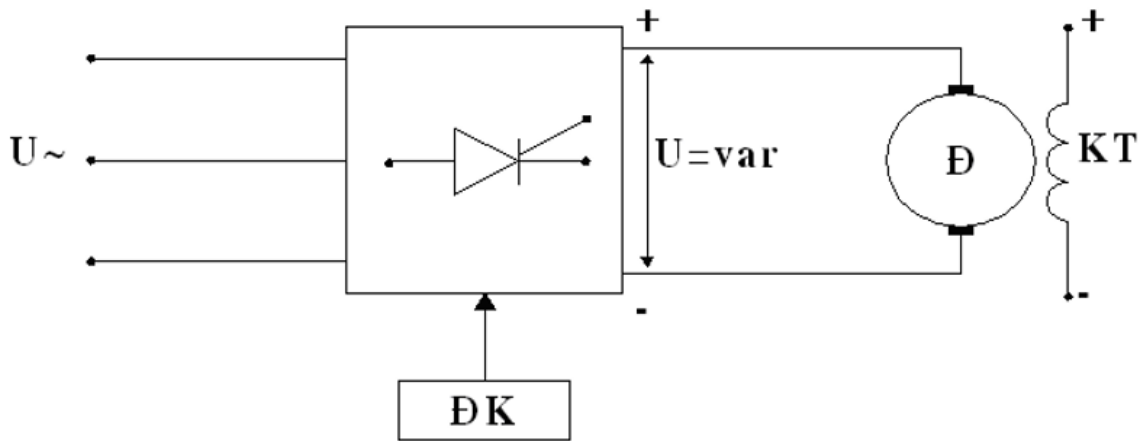
- Van bán dẫn có dòng phi tuyến, thời gian quá độ sẽ lớn

- Điện áp chỉnh lưu có biên độ đập mạch cao, gây tổn thất phụ trong máy điện và ở xấu dạng điện áp của nguồn hoặc lưới.

Kết luận :

Với sự phân tích các hệ truyền động ở trên, em thấy rằng bộ biến đổi chỉnh lưu điều khiển trong hệ truyền động T – Đ là phù hợp nhất với động cơ trong mô hình thực nhất. Vì công suất của động cơ sử dụng là nhỏ lại yêu cầu điều chỉnh tốc độ chính xác, êm, trơn, gọn nhẹ, chi phí ít...

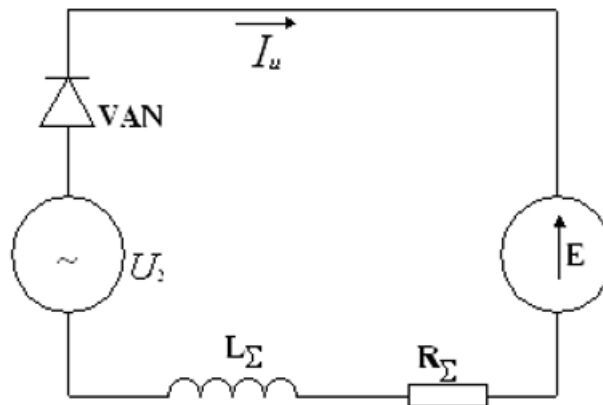
- Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.3.2. Sơ đồ nguyên lý của hệ T – Đ

Bộ biến đổi Thyristor là một loại nguồn điện áp một chiều, nó trực tiếp biến đổi dòng xoay chiều thành dòng. Việc điều chỉnh điện áp đầu ra của bộ biến đổi được thực hiện bằng cách điều chỉnh góc mở α của van. Điện áp chỉnh lưu U_{d0} (điện áp không tải ở đầu ra) có dạng đập mạch với tần số đập mạch là n trong một chu kỳ 2π của điện áp sơ cấp của máy biến áp lực. Một bộ biến đổi van có thể bao gồm: Máy biến áp lực, tổ van, kháng lọc, thiết bị bảo vệ và thiết bị điều khiển.

- Sơ đồ thay thế có dạng sau:



Hình 3.2.2: Sơ đồ thay thế chỉnh lưu Thyristor – Động cơ một chiều

Khi van dẫn ta có phương trình:

$$U_2 - E = IR_{\Sigma} + L_{\Sigma} \frac{dI}{dt}$$

Với:

$$R_{\Sigma} = R_{ba} + R_{\dot{u}} + R_{kt}$$

$$L_{\Sigma} = L_{ba} + L_{\dot{u}} + L_{kt}$$

Nhận xét:

Ưu điểm: Hệ (T-Đ) tác động nhanh, tổn thất năng lượng ít, kích thước và trọng lượng nhỏ, không gây ồn và dễ tự động hóa do các van bán dẫn có hệ số khuếch đại lớn, điều đó rất thuận lợi cho việc thiết lập các hệ thống tự động điều chỉnh nhiều vòng để nâng cao chất lượng các đặc tính tĩnh và các đặc tính động của hệ thống.

Do các van bán dẫn có tính phi tuyến, dạng điện áp chỉnh lưu ra có biên độ đập mạch cao, khả năng linh hoạt và chuyển trạng thái làm việc không cao, khả năng quá tải về dòng và áp của van kém, chất lượng điện áp ra không cao, tổn thất phụ, và làm xấu hiện tượng chuyển mạch trên cổ góp.

Khắc phục: Thiết kế truyền động van cố gắng làm ngắn vùng gián đoạn bằng cách nối kháng lọc, tăng số lần đập mạch, nối van đệm.

2.3.3. Hệ truyền động Xung áp – Động cơ (XA - Đ).

2.3.3.1. Nguyên lý bộ băm xung một chiều.

Hệ XA - Đ sử dụng bộ biến đổi để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.

- Cấu tạo : Gồm có bộ nguồn áp một chiều và bộ khoá điều khiển

- Đặc điểm :

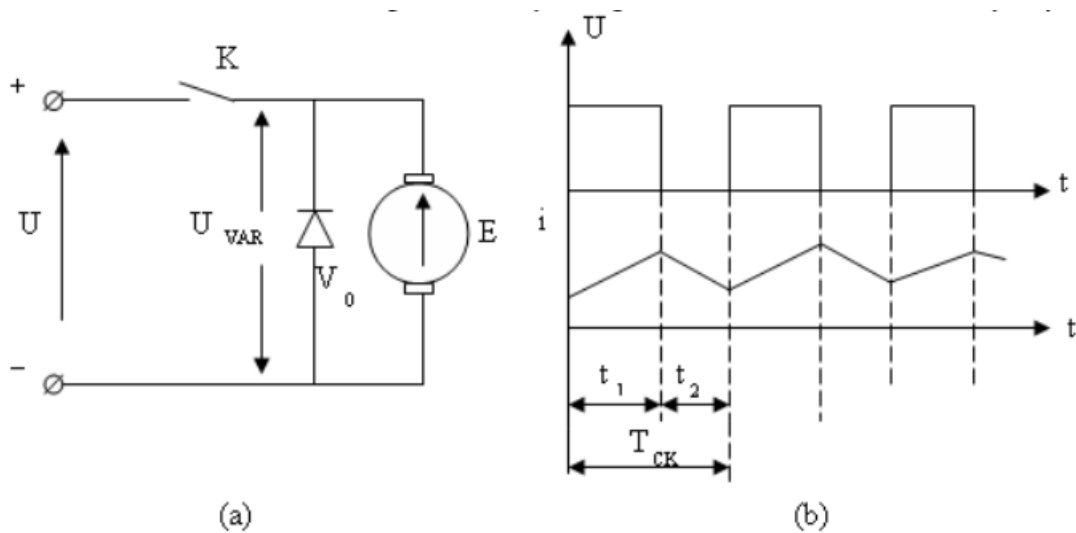
+ Có van đệm điốt Đ_o (mắc song song với động cơ) để cải thiện dạng

dòng điện phần ứng

+ Khi đóng khoá K, thì điện áp trên phần ứng động cơ thay đổi theo dạng

xung vuông. Chính vì vậy mà khi ta thay đổi thời gian đóng khoá K thì ta sẽ điều chỉnh được điện áp của phần ứng của động cơ.

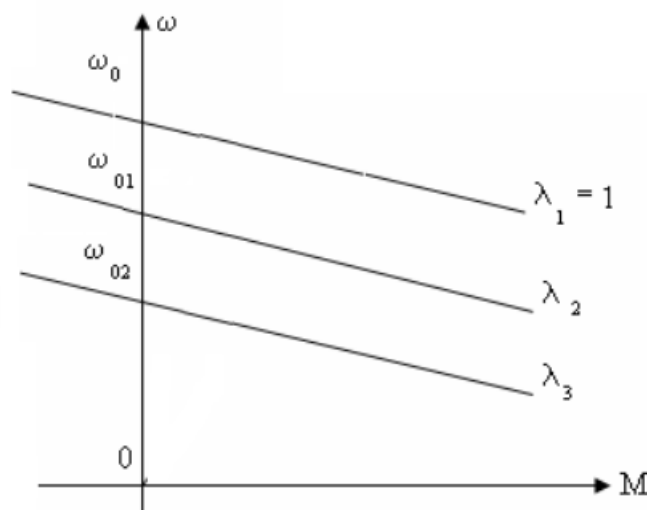
+ Do yêu cầu đóng ngắt với tần số cao, cỡ vài trăm chu kì trong một giây nên khoá K thường được thay bằng khoá bán dẫn tranzitor hay thyristor.



Hình 2.10. Sơ đồ nguyên lý (a) và đồ thị điện áp, dòng điện (b)

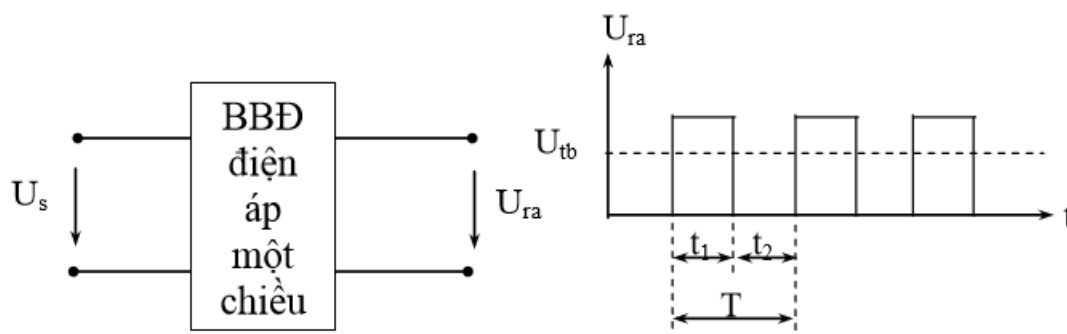
- Phương trình đặc tính cơ của hệ XA – Đ :

$$\omega = \frac{\lambda U}{K \cdot \Phi} - \frac{R_v + R_b}{(K \cdot \Phi)^2} M \quad (\lambda \text{ là giá trị độ rộng của xung áp})$$



Hình 2.11. Đặc tính cơ của hệ truyền động xung áp

Bộ băm điện áp một chiều cho phép từ nguồn điện một chiều U_s tạo ra điện áp tải U_{ra} cũng là điện áp một chiều nhưng có thể điều chỉnh được (hình 2.3.3).



Hình 2.3.3. sơ đồ khối và đồ thị điện áp ra.

U_{ra} là một dãy xung vuông (lý tưởng) có độ rộng t_1 và độ nghỉ t_2 . Điện áp ra bằng giá trị trung bình của điện áp xung: $U_{ra} = \gamma \cdot U_s$ ($\gamma = t_1/T$). Nguyên lý cơ bản của các bộ biến đổi này là dùng quy luật đóng mở các van bán dẫn công suất một cách có chu kỳ để điều chỉnh hệ số γ đảm bảo thay đổi được giá trị điện áp trung bình trên tải.

2.3.3.2. Các phương pháp điều chỉnh điện áp ra.

Có 3 phương pháp điều chỉnh điện áp ra:

a) Phương pháp thay đổi độ rộng xung:

Nội dung của phương pháp này là thay đổi t_1 , giữ nguyên $T \rightarrow$ Giá trị trung bình của điện áp ra khi thay đổi độ rộng là:

$$U_{tai} = \frac{t_1 \cdot U_s}{T} = \varepsilon \cdot U_s$$

Trong đó: $\varepsilon = \frac{t_1}{T}$ Là hệ số lấp đầy, còn gọi là tỉ số chu kỳ.

Như vậy theo phương pháp này thì dải điều chỉnh của U_{ra} là rộng ($0 < \varepsilon < 1$).

b) Phương pháp xung - tần:

Nội dung của phương pháp này là thay đổi T, còn $t_1 = \text{const}$. Khi đó:

$$U_{\text{tai}} = \frac{t_1}{T} \cdot U_S = t_1 \cdot f \cdot U_S$$

Vậy $U_{\text{ra}} = U_S$ khi $f = \frac{1}{t_1}$ và $U_{\text{ra}} = 0$ khi $f = 0$.

c) Phương pháp xung - thời gian:

Vừa thay đổi độ rộng xung vừa thay đổi tần số theo nguyên tắc giữ ΔI min. Trong thực tế, phương pháp biến đổi độ rộng xung được dùng phổ biến hơn vì đơn giản hơn, không cần thiết bị biến tần đi kèm.

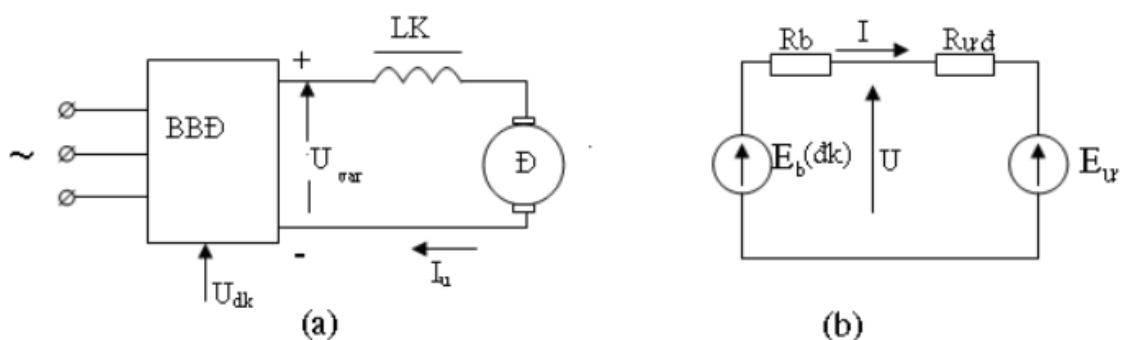
2.4 KẾT LUẬN.

Từ việc phân tích các phương pháp điều chỉnh tốc độ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập, em thấy phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng có rất nhiều ưu điểm (nổi bật nhất là độ cứng đặc tính cơ không thay đổi) phù hợp với động cơ công suất nhỏ, điều chỉnh tốc độ ở vùng dưới tốc độ định mức, momen tải không đổi trong toàn dải điều chỉnh.

Vậy trong mô hình thực, em chọn phương pháp thay đổi điện áp phần ứng để điều chỉnh tốc độ động cơ.

Nguyên lý điều chỉnh tốc độ động cơ :

+ Để điều chỉnh điện áp phần ứng động cơ điện một chiều cần có bộ biến đổi (thiết bị nguồn, các bộ chỉnh lưu...). Các bộ biến đổi này có chức năng biến năng lượng điện xoay chiều thành một chiều có sức điện động E_b điều chỉnh được theo yêu cầu của mạch lực cấp cho mạch phần ứng động cơ thông qua tín hiệu điều khiển $U_{\text{đk}}$.



Hình 2.5. Sơ đồ cấu trúc khối và sơ đồ thay thế ở chế độ xác lập

+ Phương trình đặc tính cơ :

$$\omega = \frac{E_b}{K \cdot \Phi} - \frac{R_b + R_{ud}}{K \cdot \Phi} \cdot I_u$$

Trong đó: E_b là suất điện động của bộ biến đổi

R_b là điện trở trong của bộ biến đổi

+ Do khi điều chỉnh tốc độ ta giữ từ thông (Φ) và điện trở phần ứng không đổi nên độ cứng đặc tính cơ cũng không đổi, nhưng có thêm điện trở của bộ biến đổi nên đường đặc tính cơ sẽ dốc hơn so với đường đặc tính cơ tự nhiên. Còn tốc độ không tải lý tưởng thì tùy thuộc vào giá trị điện áp điều khiển $E_b = U_{dk}$.

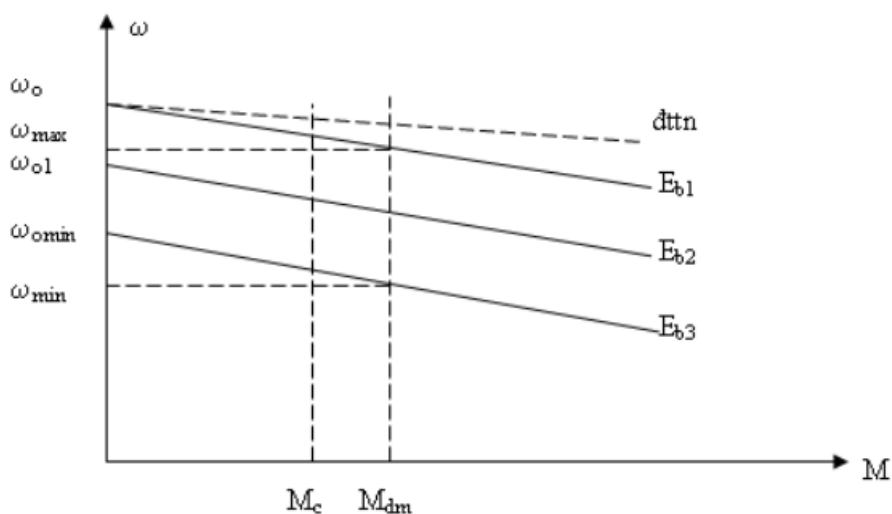
$$\omega_0 = \frac{E_b}{K \cdot \Phi_{dm}} \quad \beta = \frac{(K \cdot \Phi)^2}{(R_b + R_u)}$$

+ Để xác định giải điều chỉnh tốc độ khi ta thay đổi điện áp phần ứng động cơ thì ta phải xác định tốc độ lớn nhất và tốc độ nhỏ nhất của dải điều chỉnh khi

mà momen tải là định mức.

$$\omega_{max} = \omega_{0max} - \frac{M_{dm}}{|\beta|} \quad ; \quad \omega_{min} = \omega_{0min} - \frac{M_{dm}}{|\beta|}$$

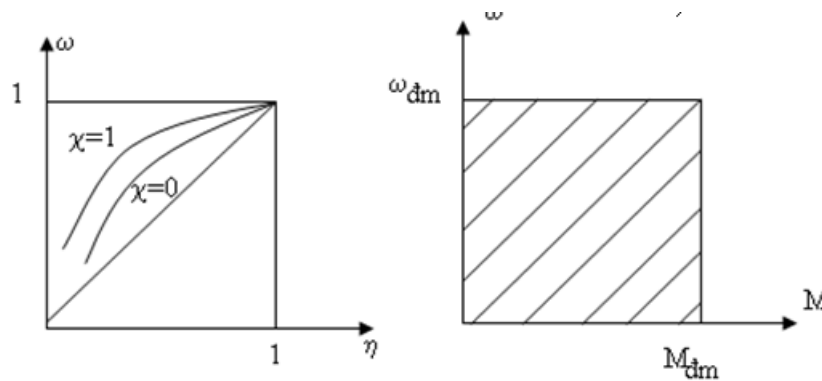
Như vậy, phạm vi điều chỉnh D phụ thuộc tuyến tính vào giá trị của độ cứng β .



Hình 2.6. Phạm vi điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều

+ Vì $\Phi = \Phi_{dm} = \text{const}$, nên momen tải sẽ không đổi ($M_{c.cp} = K \cdot \Phi_{dm} \cdot I_{dm} = M_{dm}$), do vậy phạm vi điều chỉnh tốc độ và momen nằm trong hình chữ nhật bao bởi các đường thẳng $\omega = \omega_{dm}$; $M = M_{dm}$ (các trục tọa độ như biểu đồ bên dưới). Tổn hao năng lượng chính là tổn hao trong mạch phản ứng, nếu bỏ qua các tổn hao không đổi trong hệ thì hiệu suất của mạch được xác định qua biểu thức:

$$\eta_u = \frac{P_1}{P_2} = \frac{E \cdot I}{E \cdot I + I^2 \cdot R} = \frac{\omega}{\omega + \frac{M \cdot R}{(K \cdot \Phi)^2}}$$



Hình 2.7. Quan hệ giữa hiệu suất truyền động và tốc độ với các loại tải khác nhau Với phụ tải đường 1 là tải máy nâng ($X=0$); đường 2 là phụ tải máy tiện ($X=1$)

Trong đó X là hệ số xác định dạng đặc tính tải:

$$M_c = M_{c0} + (M_{dm} - M_{c0}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{dm}} \right)^X$$

Qua những phân tích trên chúng ta thấy điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phản ứng rất thích hợp với những tải có momen là hằng số trong toàn dải điều chỉnh. Đặc biệt là không nên nối thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng vì như vậy sẽ làm giảm hiệu suất của hệ.

Chương 3:

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU SỬ DỤNG CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN CỖ ĐIỆN.

3.1. MỞ ĐẦU.

Động cơ DC được sử dụng nhiều trong các ngành công nghiệp qua AC động cơ vì đặc tính tốc độ tuyệt vời của nó. Có nhiều kỹ thuật để điều khiển tốc độ động cơ DC. Một số trong số đó là:

1. Điều khiển điện áp phản ứng.
2. Kiểm soát hiện trường.

Bộ điều khiển được thiết kế cho các hệ thống vòng kín để kết quả tốt hơn. Ở đây các bộ điều khiển P-I, I-P, PID được thiết kế bằng cách sử dụng phương pháp điều chỉnh Ziegler-Nichols. Chính sự khác biệt giữa bộ điều khiển P-I và I-P là trong P-I độ lợi tỷ lệ điều khiển nằm trong đường dẫn nguồn cấp dữ liệu chuyển tiếp nơi như trong bộ điều khiển I-P, độ lợi tỷ lệ trong phản hồi con đường.

Bộ điều khiển PID là bộ điều khiển được sử dụng nhiều trong các ngành vì hiệu suất cao hơn P-I và Bộ điều khiển I-P. Có nhiều kỹ thuật để thiết kế PID bộ điều khiển. Phương pháp Ziegler-Nichols là một phương pháp cơ bản và đơn giản phương pháp.

Bộ điều khiển logic mờ chủ yếu bao gồm cơ sở quy tắc, quá trình làm mờ, làm mờ. FLC chứa hai lối đầu vào, lối phái sinh và một đầu ra. Chúng ta có thể đặt số lượng các quy tắc và chức năng thành viên theo theo yêu cầu của chúng tôi. Nhược điểm chính của P-I bộ điều khiển là nó có độ vọt lố cao. Cái nào là không mong muốn trong điều khiển tốc độ của động cơ DC? Đây là giảm phần nào trong bộ điều khiển I-P. Nhưng nó không loại bỏ hoàn toàn sự vọt lố. Do đó chúng tôi đi đến PID bộ điều khiển, giúp loại bỏ độ vọt lố, nhưng giải quyết thời gian cho bộ điều khiển này là một chút cao.

Bộ điều khiển mờ loại bỏ hiện tượng vọt lố hoàn toàn và thời gian lắng ít hơn rất nhiều khi so sánh với bộ điều khiển PID.

3.2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA ĐỘNG CƠ.

Khi đặt lên dây quấn kích từ một điện áp nào đó thì trong dây quấn kích từ sẽ có dòng điện và mạch từ của máy sẽ có từ thông Φ . Tiếp đó đặt một giá trị điện áp U_u lên mạch phần ứng thì trong dây quấn phần ứng sẽ có dòng điện I_u chạy qua, tương tác giữa dòng điện phần ứng và từ thông kích từ tạo thành mômen điện từ. Vậy ta có các phương trình cơ bản của động cơ một chiều.

- Phương trình cân bằng điện áp phần ứng:

$$U_u = E_u + I_u(R_u + R_f) \quad (3.1)$$

$$L_u = \frac{K_L \cdot U_{đm}}{I_{uđm} \cdot Z_p \cdot \omega_m} \quad \text{Với } \omega_m = \frac{n_{đm}}{9,55}$$

Trong đó:

K_L – Hệ số điện cảm chọn $K_L = 5,6$ (máy không bù)

Z_p – Số đôi cực, chọn $Z_p = 2$.

$n_{đm} = I_{đm}$

$I_{uđm}$ tốc độ định mức, chọn $n_{đm} = 3000$ v/p

Thay số vào công thức ta có:

$$L_u = 5,6 \frac{220}{10.2.3000/9,55} = 0,196(A)$$

Như vậy ta có hằng số thời gian chuyển mạch phần ứng là:

$$T_u = \frac{L_u}{R_u} = \frac{0,198}{1,65} = 0,12(s)$$

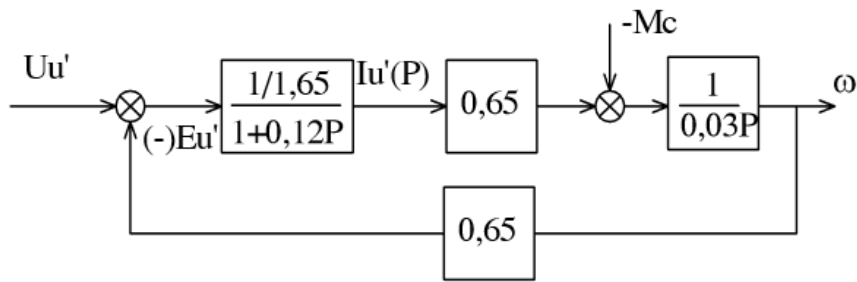
Từ phương trình đặc tính cơ tự nhiên:

$$\omega_m = \frac{U_{đm} - R_u I_{đm}}{K\theta_{đm}}$$

$$\text{Suy ra } K\theta_{đm} = \frac{U_{đm} - R_u I_{đm}}{\omega_m} \quad \text{với } \omega_m = \frac{n_{đm}}{9,55}$$

Thay số ta có:

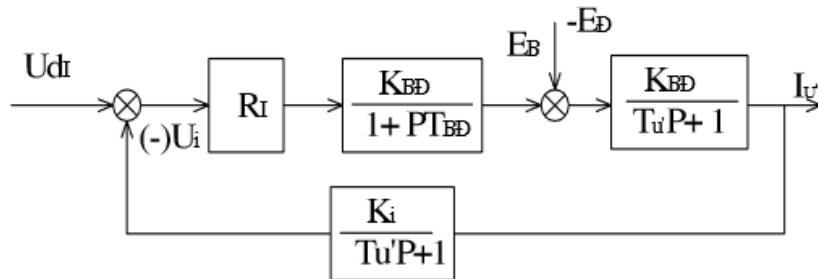
$$K\theta_{đm} = \frac{220 - 1,65.10}{3000/9,55} = 0,65$$



- Sức điện động phản ứng E_r được tính theo biểu thức:

$$E_r = k \cdot \Phi \cdot \omega \quad (3.2)$$

Ta có sơ đồ khối của mạch vòng dòng điện.



Điện cảm phản ứng động cơ điện một chiều kích từ độc lập được xác định theo công thức

$$L_u = K_i \frac{U_{t,m}}{I_{t,m} \cdot Z_p \cdot \omega_m}$$

Với: K_i – Hệ số dự trữ dòng điện chọn $K = 0,25$

Z_p – Số đôi cực chọn $Z_p = 2$.

Thay số vào ta có:

$$L_u = 0,25 \frac{220}{10 \cdot 2 \cdot 3000 / 9,55} = 0,008 (H)$$

Hằng số thời gian điện từ thuộc phản ứng động cơ

$$T_u = \frac{L_u}{R_u} = \frac{0,008}{1,65} = 0,0048 (s)$$

- Mômen điện từ của động cơ được xác định:

$$M_{dt} = k \cdot \Phi \cdot I_v \quad (3.3)$$

Từ (I) suy ra : $R_j = \frac{T_{Ri}}{C}$ với $T_{ri} = T_v = 0,008$ (s)

Chọn $C = 1\mu\text{f} \Rightarrow R_f = \frac{0,0048}{1 \cdot 10^{-6}} = 4800(\Omega)$

Từ (II) suy ra: $R_1 = \frac{K \cdot T_{ri}}{C}$. Chọn $C = 1(\mu\text{f})$ $K_{ri} = 0,03$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{0,03}{1 \cdot 10^{-6}} = 30000(\Omega) = 30(\text{k}\Omega)$$

Vì $U_d = U_i = 6\text{v} \Rightarrow R_1 = R_2 = 30 \text{ k}\Omega$

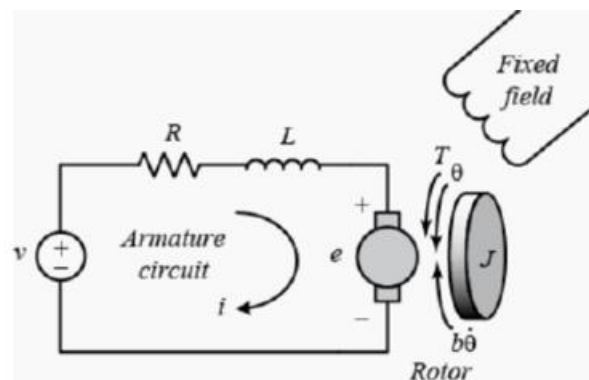
Đặc tính và hàm truyền của động cơ điện một chiều thay đổi rất mạnh khi chuyển về vùng dòng điện gián đoạn. Điều này làm phức tạp cho công việc tổng hợp các bộ điều chỉnh của hệ.

- Phương trình cân bằng mô men của động cơ:

$$M(t) - M_C(t) = J \frac{d\omega}{dt} \quad (3.4)$$

Trong đó:

Chúng tôi coi một động cơ DC được kích thích riêng biệt là được hiển thị trong hình dưới đây.



Hình 1: Động cơ DC được kích thích riêng biệt

Từ (hình 1) bằng cách áp dụng KVL, chúng ta có thể nhận được phương trình vòng phản ứng như:

$$V(t) = IR + L \frac{dl}{dt} + E \quad (1)$$

Khâu phản hồi âm tốc độ có hàm truyền:

$$W_{\omega}(P) = \frac{K_{\omega}}{1 + T_{\omega}P}$$

Trong đó hệ số tỷ lệ $K_{\omega} = \frac{U_{\omega}}{\omega_m}$ Chọn $U_{\omega} = 6v$

$$\text{Vậy: } K_{\omega} = \frac{6}{3000/9,55} = 0,02$$

áp dụng theo tiêu chuẩn tối ưu đối xứng với hàm truyền của bộ điều chỉnh tốc độ có dạng:

$$R_{\omega}(P) = \frac{1 + T_{\omega}P}{KT_{\omega}P}$$

với $T_{\omega} = 4T_{s\omega}$ mà $T_{s\omega} = T_{\omega} + 2 T_{si}$. Chọn $T_{\omega} = 0,001$ (s)

vậy: $T_{s\omega} = 0,001 + 2 \cdot 0,02 = 0,041$ (s)

$$T_{\omega} = 4 T_{s\omega} = 4 \cdot 0,041 = 0,164$$
(s)

$$K = \frac{2 T_{\omega} R_{\omega} K_{\omega}}{K_f \cdot K_{\Phi} \cdot T_c}$$

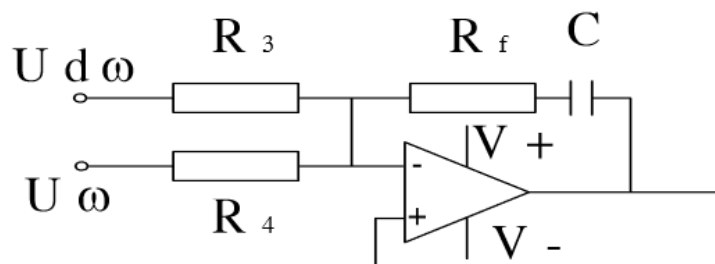
Thay số vào biểu thức trên ta có:

$$K = \frac{2 \cdot 0,001 \cdot 1,65 \cdot 0,02}{0,6 \cdot 0,64 \cdot 0,015} = 0,47$$

$$R_{\omega} = \frac{1 + T_{\omega}P}{KT_{\omega}} = \frac{1 + 0,164 \cdot P}{0,47 \cdot 0,164}$$

theo tiêu chuẩn tối ưu đối xứng bộ điều chỉnh tốc độ có cấu trúc là PI.

Vậy sơ đồ điều khiển bộ điều chỉnh tốc độ:



Ở đây: V = điện áp áp dụng
 I = dòng điện phần ứng
 E = trở lại emf
 L = điện cảm phần ứng
 R = điện trở phần ứng

Chúng ta có,

$$E = K_b w(t) = K_b \frac{d\theta}{dt} \quad (2)$$

$$R_g \cdot C = T_o \quad (III)$$

$$R_3 \cdot C = K T_o \quad (IV)$$

Từ (III) $\Rightarrow R_r = \frac{T_o}{C}$ chọn tụ $C = 1\mu\text{F}$

Thay số vào $R_r = \frac{0,164}{1 \cdot 10^{-6}} = 164000(\Omega) = 164(k\Omega)$

Từ (IV) suy ra: $R_3 = \frac{K T_o}{C}$ thay số vào ta có:

$$R_3 = \frac{0,74 \cdot 0,164}{1 \cdot 10^{-6}} = 77000(\Omega) = 77(k\Omega)$$

Đây: K_b = hằng số emf

θ = dịch chuyển góc

w = tốc độ góc

Từ phương trình (1) và (2), chúng ta nhận được:

$$V(t) = IR + L \frac{dI}{dt} + K_b w(t) \quad (3)$$

Đối với hoạt động bình thường, phương trình mô-men xoắn được cho bởi:

$$T = J \frac{dw}{dt} + Bw(t) + T_L \quad (4)$$

Đây:

T = mômen động cơ

T_L = tải mô-men xoắn

J = quán tính rôto

B = hệ số ma sát

Chúng ta có, $T = K_t I$ và thay thế $T_L = 0$ trong bằng (4)

$$J \frac{d\omega}{dt} + B\omega(t) = K_t I \quad (5)$$

$$R_\omega(P) = \frac{1 + T_o P}{K T_o P}$$

với $T_o = 4T_{s\omega}$ mà $T_{s\omega} = T_\omega + 2 T_{si}$. Chọn $T_\omega = 0,001$ (s)

vậy: $T_{s\omega} = 0,001 + 2 \cdot 0,02 = 0,041$ (s)

$$T_o = 4 T_{s\omega} = 4 \cdot 0,041 = 0,164$$
(s)

$$K = \frac{2 T_{i\omega} R_{\sigma} K_{\omega}}{K_f K_{\Phi} T_c}$$

Thay số vào biểu thức trên ta có:

$$K = \frac{2 \cdot 0,041 \cdot 1,65 \cdot 0,02}{0,6 \cdot 0,64 \cdot 0,015} = 0,47$$

$$R_\omega = \frac{1 + T_o P}{K T_o} = \frac{1 + 0,164 \cdot P}{0,47 \cdot 0,164}$$

theo tiêu chuẩn tối ưu đối xứng bộ điều chỉnh tốc độ có cấu trúc là PI.

Vậy sơ đồ điều khiển bộ điều chỉnh tốc độ:

Các phép biến đổi Laplace cho bằng (3) và (5) cho:

$$V(s) = R I(s) + L S I(s) + K_b W(s) \quad (6)$$

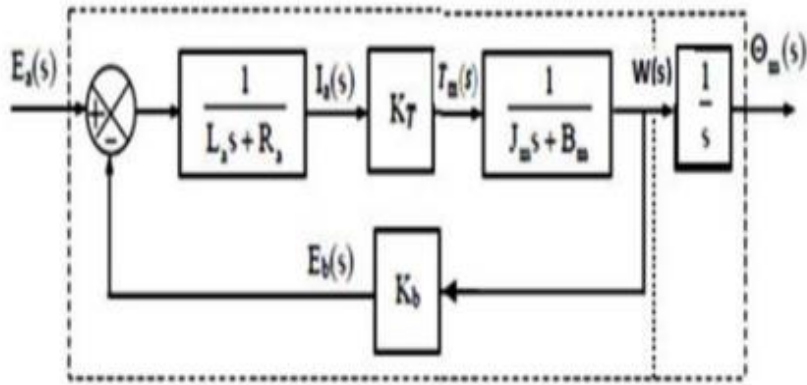
$$K_t I(s) = J S W(s) + B W(s) \quad (7)$$

Từ hàm (6) và (7), chúng ta có thể nhận được hàm truyền của Động cơ DC như:

$$\frac{W(s)}{V(s)} = \frac{K_t}{(SL + R)(JS + B) + K_t \cdot K_b} \quad (8)$$

Và chúng ta có:

$$\theta(s) = \frac{1}{S} W(s) \quad (9)$$



Hình 2: Sơ đồ khối của động cơ DC

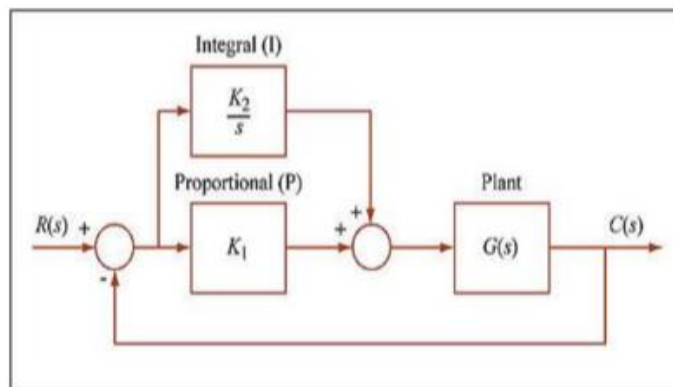
(Bảng 1): thông số của động cơ DC.

Tham số	Giá trị
Điện trở phần ứng (R)	0.6Ω
Điện cảm phần ứng (L)	0.012H
Emf hằng số (K _b)	0.55(volt/(rad/sec))
Mômen không đổi (K _t)	0.55(N-m/ampere)
Mômen quán tính (J)	0.0465 (kg-m ² /rad)
Hệ số ma sát (B)	0.004 (N-m/(rad/sec))

3.3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

3.3.1. Bộ điều khiển P-I:

Bộ điều khiển tích phân tỷ lệ chứa hai phụ âm của độ lợi tỷ lệ và độ lợi tích phân. Điều này bộ điều khiển đưa vào đường dẫn tiếp theo của vòng kín của hệ thống. Lợi tức tỷ lệ là thiết lập hệ thống ổn định và để cải thiện phản ứng nhất thời. Một phần không thể thiếu là để giảm sai số trạng thái ổn định. Bằng cách áp dụng Ziegler- Phương pháp Nichols chúng ta có thể tính toán các giá trị của lãi tỷ lệ và tích phân.



Hình 3: Sơ đồ khối của bộ điều khiển P-I

Bộ điều khiển được định nghĩa là:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{S}$$

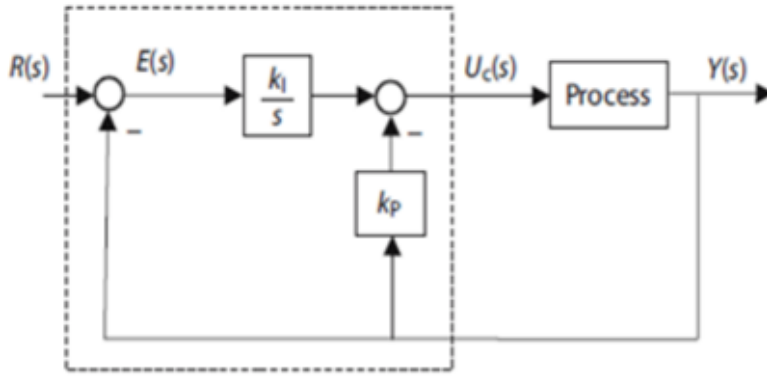
Đây:

K_p = Tỷ lệ thuận

K_I = Tích phân

3.3.2. Bộ điều khiển I-P:

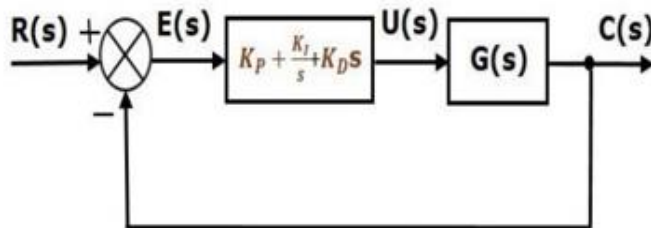
Bộ điều khiển tỷ lệ tích phân là dạng nâng cao của bộ điều khiển tích phân tỷ lệ. Trong bộ điều khiển này, phần tích phân nằm trong đường dẫn truyền tiếp và phân tỷ lệ nằm trong đường dẫn phản hồi. Nhược điểm trong bộ điều khiển P-I là vượt quá đỉnh cao đó. Để giảm độ vọt lố đỉnh đáng kể là chúng ta có thể sử dụng bộ điều khiển I-P này.



Hình 4: Sơ đồ khối của bộ điều khiển I-P

3.3.3. BỘ ĐIỀU KHIỂN PID:

Bộ điều khiển PID chủ yếu là bộ điều khiển được sử dụng trong thời gian thực các ứng dụng. Vì bộ điều khiển này có lợi thế hơn P- I và bộ điều khiển I-P. Bộ điều khiển này đưa vào nguồn cấp dữ liệu đường dẫn của hệ thống vòng kín như trong hình dưới đây.



Hình 5: sơ đồ khối của bộ điều khiển PID

Bộ điều khiển PID được định nghĩa là:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_I}{S} + K_d S$$

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S \right)$$

Đây:

T_i = thời gian hành động tích hợp.

T_d = thời gian hành động phái sinh.

3.3.4. PHƯƠNG PHÁP CHĂM SÓC ZIEGLER-NICHOLS:

Việc điều chỉnh bộ điều khiển thích hợp là cần thiết để cải thiện hiệu suất của bất kỳ hệ thống nào. Có nhiều phương pháp để thiết kế các bộ điều khiển này. Phương pháp này đơn giản và phương pháp tốt nhất để thiết kế bộ điều khiển.

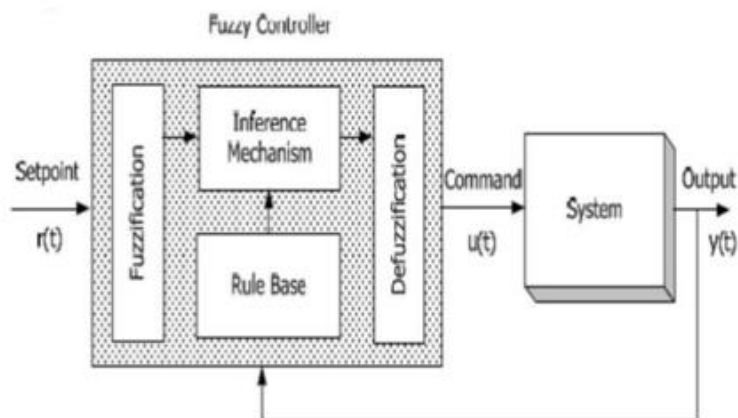
Bằng cách thiết lập $T_i = \infty$ và $T_d = 0$ và sử dụng tỷ lệ chỉ tăng kiểm soát, giá trị của mức tăng được tăng từ 0 đến a giá trị quan trọng (K_{cr}) mà đầu ra đang trung bày dao động (hệ thống không bị phá hủy). Ở giá trị thu được này, lưu ý giảm giá trị của chu kỳ dao động (P_{cr}).

(Bảng 2): giá trị độ lợi bộ điều khiển.

Controller type	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{P_{cr}}{1.2}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$\frac{P_{cr}}{2}$	$\frac{P_{cr}}{8}$

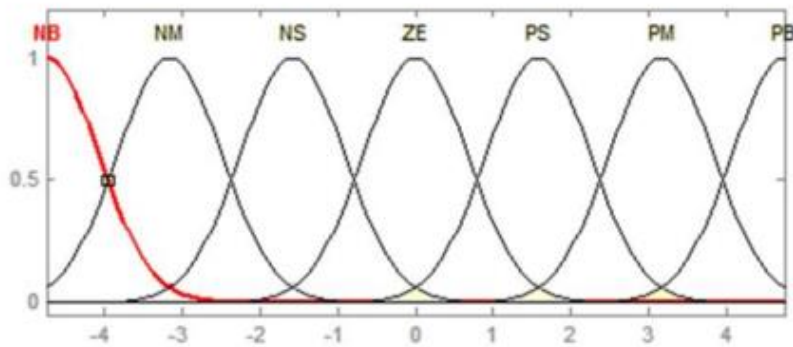
3.3.5. BỘ ĐIỀU KHIỂN FUZZY:

Điều khiển logic mờ là một thuật toán điều khiển dựa trên chiến lược kiểm soát ngôn ngữ, được đúc kết từ chuyên gia kiến thức thành một chiến lược điều khiển tự động. Một khối sơ đồ cho một hệ thống điều khiển mờ được cho trong hình dưới đây.

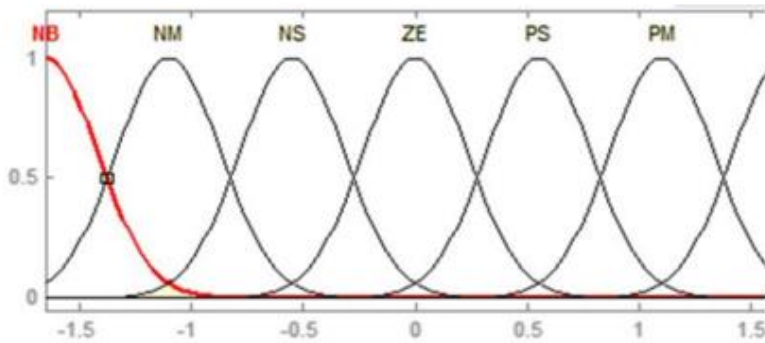


Hình 6: sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ.

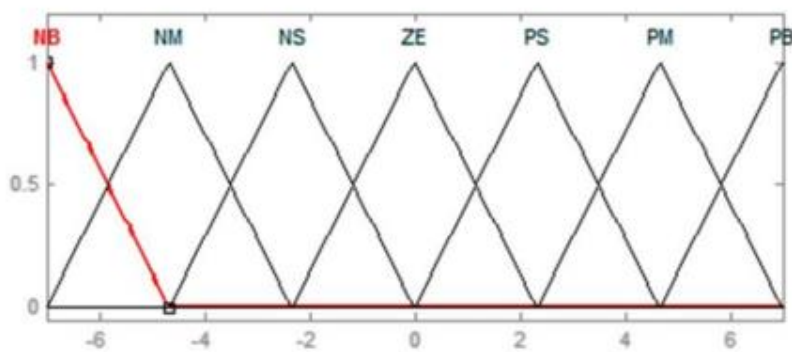
Điều này có hai lỗi tốc độ đầu vào và thay đổi trong lỗi tốc độ và một đầu ra. Đầu vào có bảy mỗi chức năng thành viên và đầu ra cũng có bảy các chức năng thành viên.



Hình 7: biến lỗi tốc độ.



Hình 8: thay đổi trong biến lỗi tốc độ.



Hình 9: biến đầu ra

Có 49 luật mờ trong hệ thống này. Chúng được xác định như:

(Bảng 3): quy tắc mờ

CE E	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	MS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Đây:

NB = âm lớn

NM = phương tiện âm

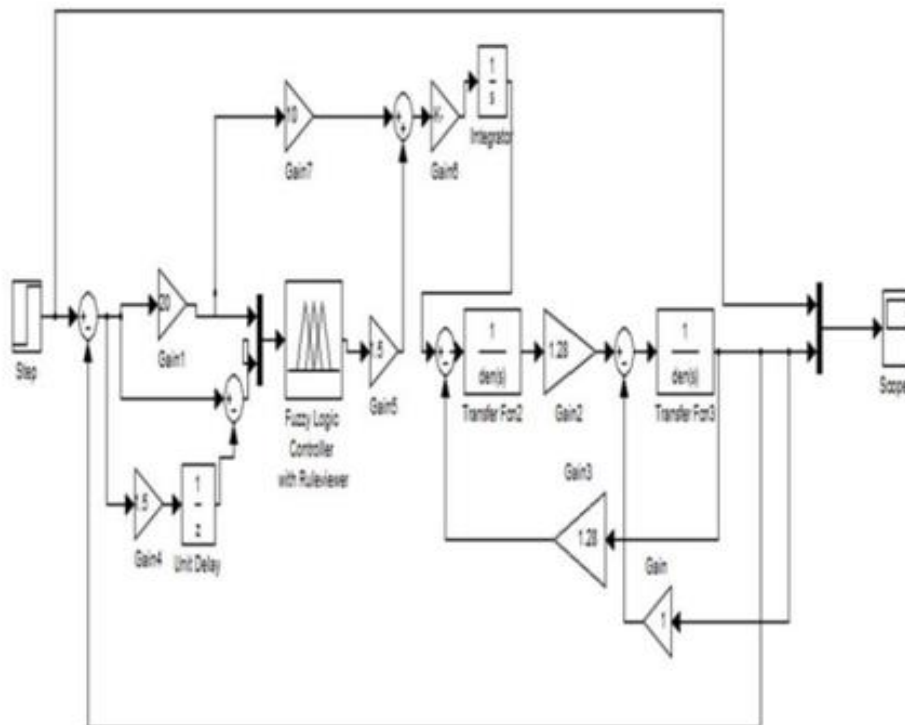
NS = âm nhỏ

ZE = không

PS = dương nhỏ

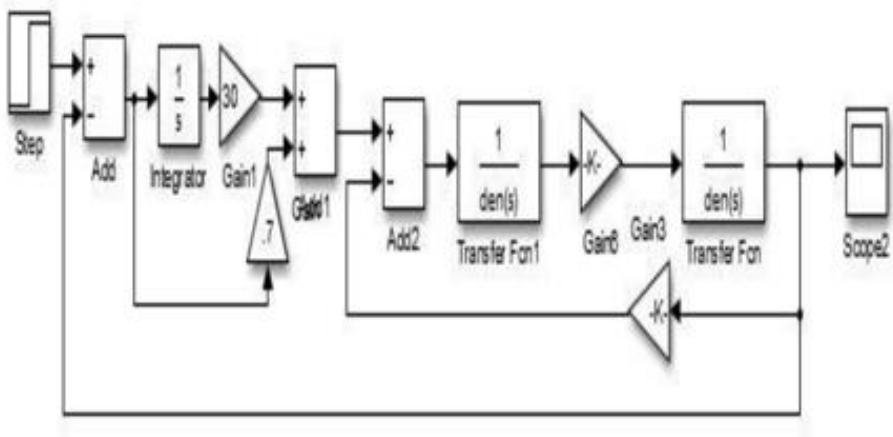
PM = phương tiện tích cực

PB = tích cực lớn

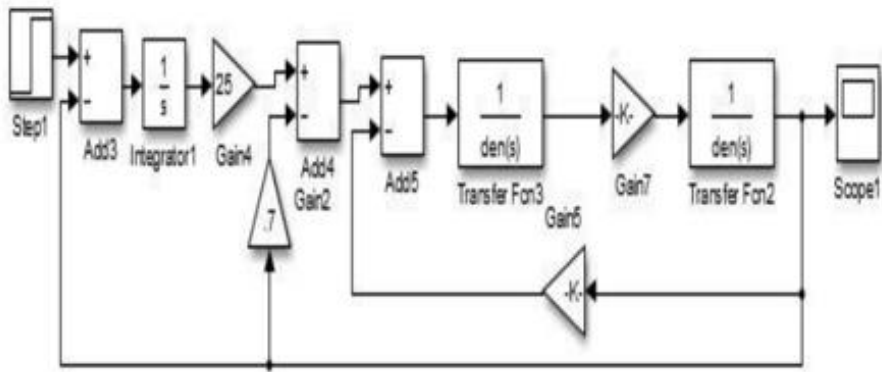


(Hình 10): Mô hình liên kết mô phỏng của bộ điều khiển logic mờ.

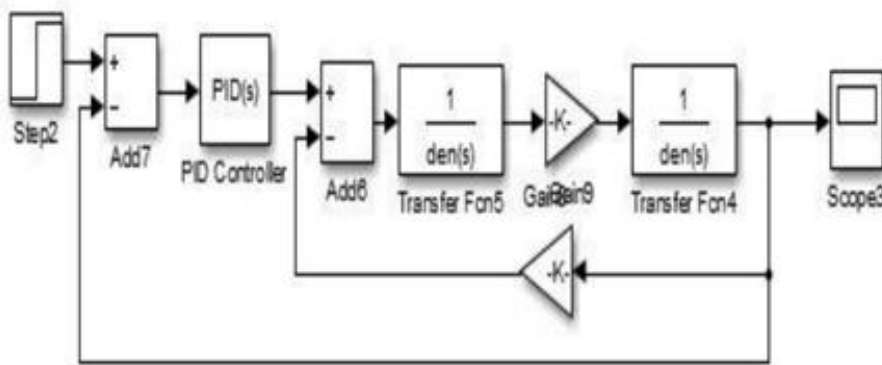
3.4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG.



(Hình 11): Mô hình mô phỏng cho bộ điều khiển P-I

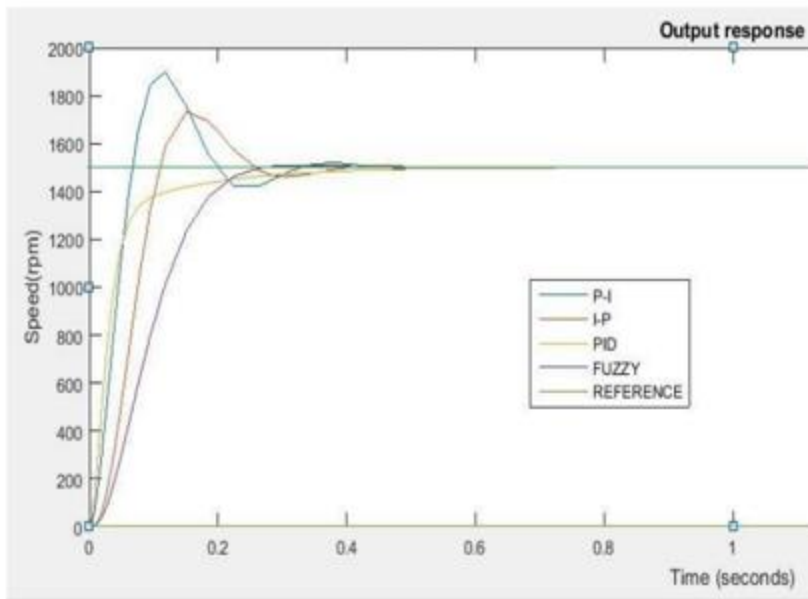


(Hình 12): Mô hình mô phỏng cho bộ điều khiển I-P



(Hình 13): Mô hình mô phỏng cho bộ điều khiển PID.

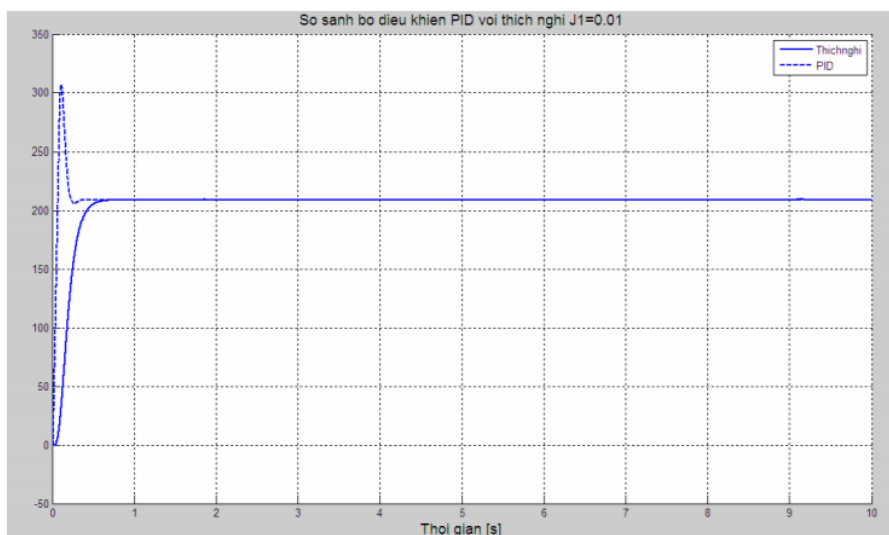
Hình dưới đây cho thấy phản ứng của hệ thống đối với các bộ điều khiển khác nhau của P-I, I-P, PID và mờ.

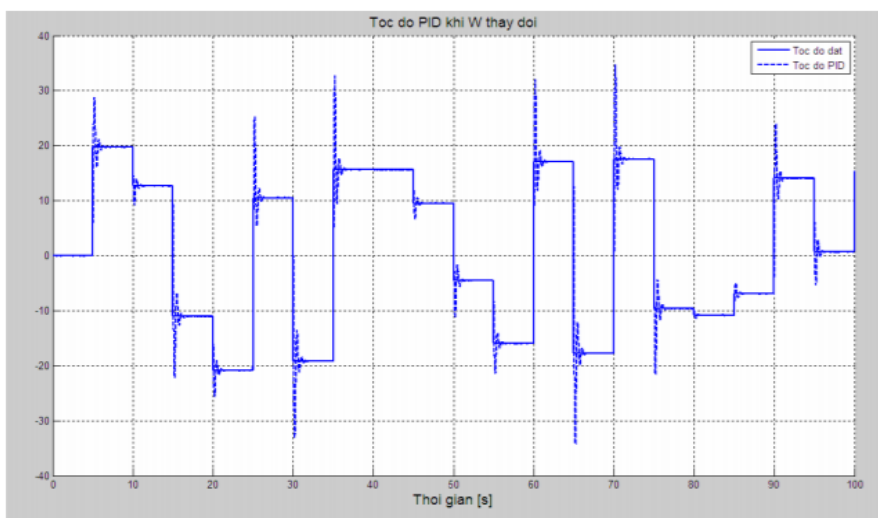
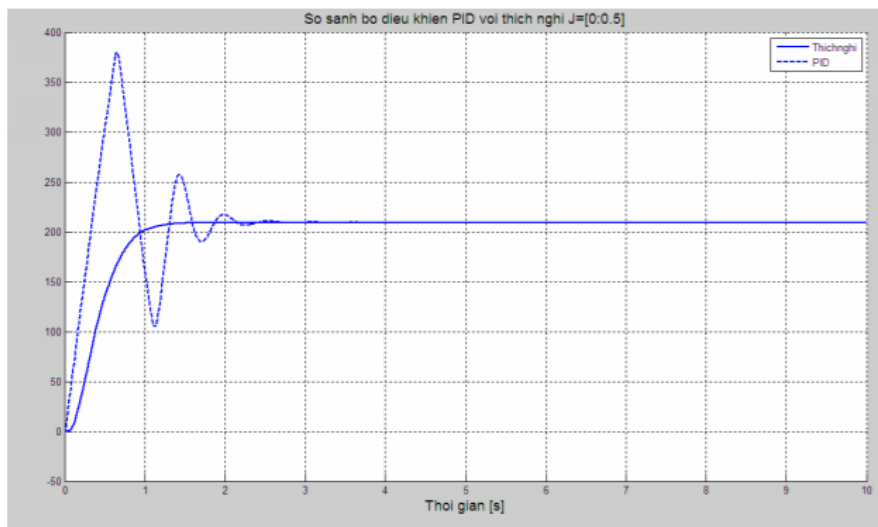
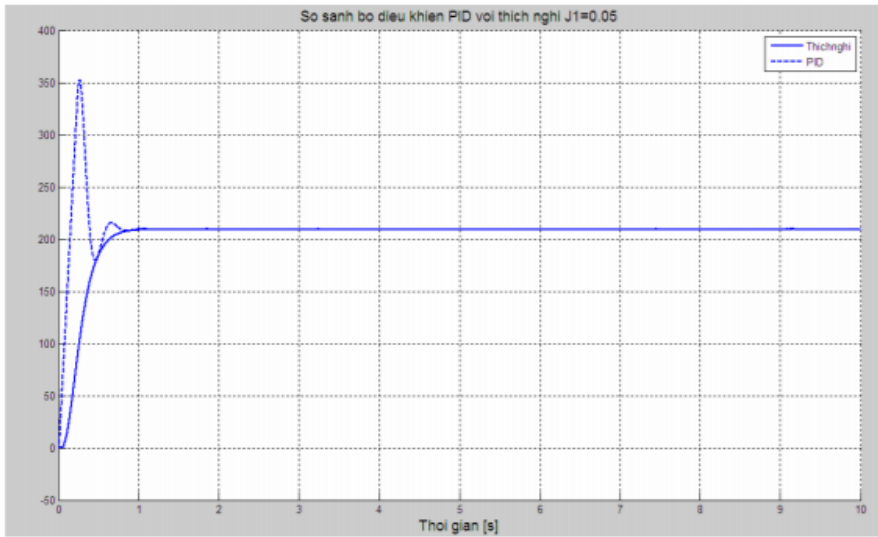


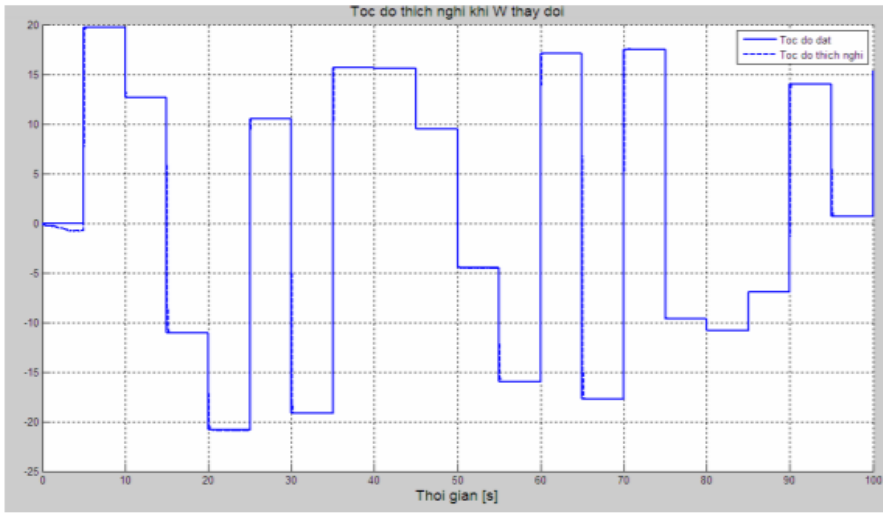
(Hình 14): Tốc độ vs thời gian

Bảng (4): so sánh các bộ điều khiển.

Loại bộ điều khiển	% Vượt quá	Thời gian giải quyết (giây)
P-I	26.6	0.6
I-P	16.6	0.55
PID	0	0.45
PUZZY	0	0.25







KẾT LUẬN

Sau thời gian 3 tháng làm đồ án với sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn. Em đã hoàn thành đề tài được giao. **“Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng các bộ điều khiển cổ điển”**.

Quá trình thực hiện đồ án đã giúp em củng cố lại những kiến thức mà mình đã học. Ngoài ra qua quá trình tìm hiểu thực tế bên ngoài để hoàn thành đồ án đã giúp em có thêm những kiến thức thực tế rất quý báu. Do kiến thức còn hạn chế nên em còn có những thiếu sót nhất định. Vì vậy, em rất mong được sự góp ý, bổ sung của các thầy cô giáo để đồ án của em được hoàn thiện hơn.

Bộ điều khiển P-I có độ vọt lố cao và độ lắng cao thời gian. Trong bộ điều khiển I-P độ vọt lố được giảm bớt. Nhưng vẫn thời gian lắng cao. Bộ điều khiển PID loại bỏ tình trạng vọt lố hoàn toàn, nhưng thời gian giải quyết không giảm đáng kể. Bộ điều khiển mờ giúp loại bỏ hoàn toàn việc chạy quá tốc độ và thời gian lắng cũng giảm. Do đó bộ điều khiển mờ hoạt động tốt hơn trong số tất cả các bộ điều khiển. Một mô hình toán học của hệ thống cân bằng bóng trên thanh được phát triển bằng các định luật vật lý và điện. Các giá trị tham số của bộ điều khiển (K_p , K_i và K_d) có được bằng cách sử dụng phương pháp điều chỉnh thủ công từ mô phỏng và mô hình thực tế để hệ thống phản hồi tốt nhất. Từ kết quả thử nghiệm, chúng tôi thấy rằng các tham số bộ điều khiển mang lại phản hồi tốt nhất của hệ thống là: $K_p = 3$, $K_i = 0$ và $K_d = 1$.

Em xin chân thành cảm ơn !

Hải Phòng, ngày 24 tháng 12 năm 2020

Sinh viên

Đình Tiến Huy

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn – TS Nguyễn Tiên Ban, **Điều khiển tự động các hệ thống Truyền động điện**, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
2. Nguyễn Bính (1996), **Điện tử công suất**. NXB Khoa Học Kỹ Thuật
3. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi (2008), **Điều chỉnh tự động truyền động điện**. NXB Khoa học và kỹ thuật
4. Yasser Ali Almatheel, Ahmed Abdelrahman. “Điều khiển tốc độ động cơ DC sử dụng logic mờ Bộ điều khiển ”. Hội nghị quốc tế 2017 về Giao tiếp, Điều khiển, Máy tính và Kỹ thuật Điện tử (ICCCCEE), Khartoum, Sudan.
5. McGraw-Hill, Kỹ sư Điện tử Sổ tay, 2005.
6. Cho biết Ali Bhatti, Amil Daraz. “So sánh P-I và Bộ điều khiển I-P bằng cách sử dụng Ziegler-Nichols Phương pháp điều chỉnh để điều khiển tốc độ của động cơ DC ”.
7. Natick, Hướng dẫn sử dụng hộp công cụ logic mờ, 1995 - Năm 1999.
8. Tiến sĩ Maan, M. Shaker- Yaareb, và M.B. Ismeal Al khashab, Thiết kế và Triển khai Mờ Hệ thống logic điều khiển tốc độ động cơ DC, Iraq J. Kỹ thuật điện và điện tử, Tập 6 số 2. , Năm 2010.
9. F. Ahmed, A. Tobshy, A. Mahfouz, M. Ibrahim. "SỐ PI và bộ điều khiển IP trong một vòng kín cho động cơ DC ổ đĩa. "Hội nghị chuyên đề công suất-Nagaoka 1997., Kỷ yếu của. Tập 2. IEEE, 1997.
- 10.S. Singh, Tiến sĩ Pandey, Dipraj "Thiết kế của PI Bộ điều khiển để giảm thiểu lỗi tốc độ của D.C Động cơ Servo. "Tạp chí Khoa học Quốc tế & Nghiên cứu Công nghệ, tập. 1 năm 2012.
- 11.S. Khuntia, K. Mohanty, S. Panda, C. Ardil. A nghiên cứu so sánh PI, IP, mờ và mờ thần kinh bộ điều khiển để điều khiển tốc độ truyền động động cơ DC. Tạp chí Khoa học Hệ thống Điện Quốc tế và Kỹ thuật, tập 1, 2009.
- 12.Wang, Y. G. và Shao, H. H. (1999). Điều chỉnh PID cho cải thiện hiệu suất, Giao dịch IEEE trên Công nghệ Hệ thống Điều khiển, vol. 7, trang 457-465.
- 13.Website www.ebook.edu.vn