

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



ISO 9001:2015

**TỔNG QUÁT VỀ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT
CHIỀU, ĐI SÂU THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU CHỈNH
TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU CÓ ĐẢO
CHIỀU CÔNG SUẤT NHỎ CẤP ĐIỆN TỬ BỘ
BIẾN ĐỔI**

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

HẢI PHÒNG - 2019

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



ISO 9001:2015

**TỔNG QUÁT VỀ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT
CHIỀU, ĐI SÂU THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU
CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU CÓ
ĐẢO CHIỀU CÔNG SUẤT NHỎ CẤP ĐIỆN TỬ
BỘ BIẾN ĐỔI**

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

Sinh viên: Phạm Văn Thái

Người hướng dẫn: TS.KH Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG - 2019

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

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

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Phạm Văn Thái – MSV : 1613102067

Lớp : ĐC1802- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Tổng về truyền động điện, đi sâu thiết mạch điều chỉnh tốc độ
động cơ một chiều có đảo chiều công suất nhĩ cấp điện từ bộ biến đổi

.

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.....:

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

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

Người hướng dẫn thứ hai:

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

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2018.
Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2018

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N
Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N
Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Phạm Văn Thái

TS.KH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2018

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 GIÁNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên:

Đơn vị công tác:

Họ và tên sinh viên: Chuyên ngành:

Nội dung hướng dẫn:

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm 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...)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. 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 GIÁO 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

CHƯƠNG 1: TỔNG QUÁT VỀ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN 1 CHIỀU. 1

1.1. Cấu trúc và phân loại truyền động điện 1

1.1.1. Cấu trúc chung của hệ truyền động điện 1

1.1.2. Phân loại hệ thống truyền động điện 5

1.2 Cấu tạo và nguyên lý làm việc động cơ một chiều 6

1.2.1. Cấu tạo 6

1.2.2. Nguyên lý làm việc của động cơ điện 1 chiều. 9

1.2.3. Mở máy và điều chỉnh tốc độ động cơ. 10

CHƯƠNG 2 : BỘ BIẾN ĐỔI XUNG ÁP 1 CHIỀU VÀ PHƯƠNG PHÁP PWM. 19

2.1. Đặt vấn đề. 19

2.1.1. Nguyên lý chung của bộ biến đổi xung áp 1 chiều. 19

2.1.2. Các dạng băm xung cơ bản. 21

2.2. Phương pháp PWM. 26

2.2.1. Giới thiệu về phương pháp PWM. 26

2.2.2. Nguyên lý của phương pháp PWM. 27

2.2.3. Các cách để tạo ra được PWM để điều khiển. 29

2.2.4. Một vài ứng dụng nổi bật của PWM 31

Chương 3: THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU. 33

3.1. Sơ đồ khối. 33

3.2. Sơ đồ động lực. 33

3.2.1. Sơ đồ nguyên lý. 33

3.2.2. Tính chọn. 34

3.3. Mạch điều khiển.	36
3.3.1. Mạch đảo chiều động cơ.	36
3.3.2. Mạch điều khiển tốc độ động cơ.	37
3.3.3. Khối nguồn.	42
3.3.4 . Nguyên lý hoạt động của toàn mạch	42
KẾT LUẬN	44

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay trong cuộc sống hàng ngày chúng ta thường xuyên gặp hệ truyền động điện ở bất kỳ nơi đâu. Như trong các nhà máy xí nghiệp ở các phương tiện lao động, máy bào, máy doa... Trong cuộc sống hàng ngày chúng ta cũng cần và sử dụng nhiều như thang máy... Như vậy có thể nói truyền động điện đã khẳng định được vai trò của nó trong cuộc sống và trong lao động sản xuất. Do sự phát triển ngày càng mạnh mẽ của kỹ thuật điện tử và tin học nên các hệ truyền động điện cũng có các bước phát triển nhảy vọt. Việc ứng dụng tin học và kỹ thuật điện tử với những thiết bị hiện đại như bộ lập trình PLC, CNC, các cảm ứng điện tử Thyristor điều khiển... vào hệ truyền động điện làm cho hệ truyền động điện ngày càng có ưu điểm nổi bật so với hệ truyền động cũ như : Dải điều chỉnh rộng, độ tin cậy cao, gọn nhẹ và khả năng tự động hoá cao.

Ở nước ta do yêu cầu công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước nên ngày càng xuất hiện nhiều những dây truyền sản xuất mới có mức độ tự động hoá cao với hệ truyền động hiện đại. Việc xuất hiện các hệ truyền động hiện đại đã thúc đẩy sự phát triển, nghiên cứu, đào tạo ngành tự động hoá ở nước ta tiếp thu khoa học kỹ thuật hiện đại nhằm tạo ra những hệ truyền động mới và hoàn thiện những hệ truyền động cũ.

Trong quá trình làm đồ án tốt nghiệp đề tài em được giao là xây dựng đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập. Đây là đề tài có tính thực tiễn cao vì máy điện một chiều được sử dụng rất nhiều trong thực tế cuộc sống. Trong quá trình làm đồ án em được sự chỉ dẫn tận tình của thầy cô trong bộ môn tự động hoá xí nghiệp công nghiệp, trường đại học Dân Lập Hải Phòng. Đặc biệt là thầy Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn. Thầy đã giúp cho em hiểu và nắm vững hơn về động cơ điện một chiều. Và đã giúp em hoàn thành tốt đồ án tốt nghiệp này. Để thực hiện mục tiêu trên, được sự chỉ bảo của thầy giáo hướng dẫn TsKH. Thân Ngọc Hoàn, cùng với sự nỗ lực của bản thân, em đã hoàn thành bản đồ án

với ba chương có nội dung chính như sau:

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

Chương 2: Các phương pháp cơ bản để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều.

Chương 3: Thiết kế mạch điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều có đảo chiều có công suất nhỏ cấp từ bộ biến đổi.

Sinh viên thực hiện

Phạm Văn Thái

CHƯƠNG 1

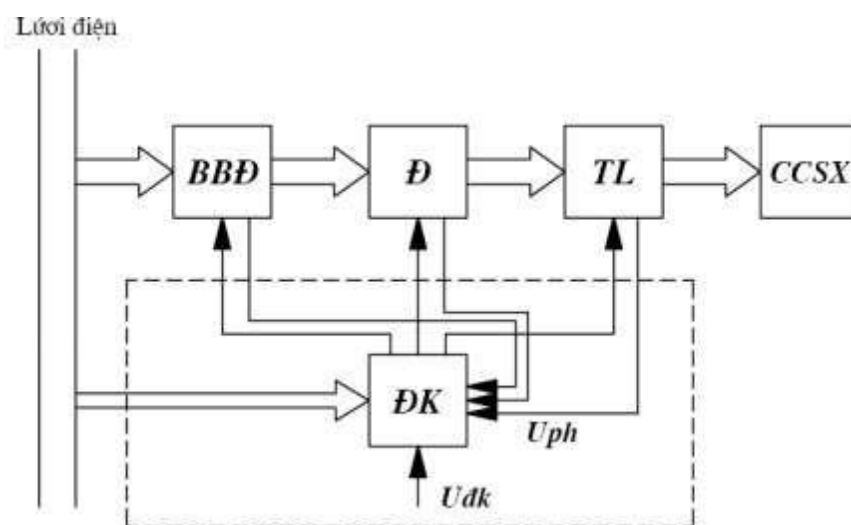
TỔNG QUÁT VỀ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.1. CẤU TRÚC VÀ PHÂN LOẠI TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

1.1.1. Cấu trúc chung của hệ truyền động điện

Truyền động cho một máy, một dây chuyền sản xuất mà dùng năng lượng điện thì gọi là truyền động điện (TĐĐ). Hệ truyền động điện là một tập hợp các thiết bị như: thiết bị điện, thiết bị điện tử, thiết bị điện tử, cơ, thủy lực phục vụ cho việc biến đổi điện năng thành cơ năng cung cấp cho cơ cấu chấp hành trên các máy sản xuất, đồng thời có thể điều khiển dòng năng lượng đó theo yêu cầu công nghệ của máy sản xuất.

Về cấu trúc, một hệ thống TĐĐ nói chung bao gồm các khâu:



Hình 1.1a. Cấu trúc hệ thống truyền động điện.

BBĐ: Bộ biến đổi, dùng để biến đổi loại dòng điện (xoay chiều thành một chiều hoặc ngược lại), biến đổi loại nguồn (nguồn áp thành nguồn dòng hoặc ngược lại), biến đổi mức điện áp (hoặc dòng điện), biến đổi số pha, biến đổi tần số... Các BBĐ thường dùng là máy phát điện, hệ máy phát - động cơ (hệ F-Đ),

các chỉnh lưu không điều khiển và có điều khiển, các bộ biến tần...

Đ: Động cơ điện, dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng hay cơ năng thành điện năng (khi hãm điện). Các động cơ điện thường dùng là: động cơ xoay chiều KĐB ba pha rôto dây quấn hay lồng sóc, động cơ điện một chiều kích từ song song, nối tiếp hay kích từ bằng nam châm vĩnh cửu, động cơ xoay chiều đồng bộ...

TL: Khâu truyền lực, dùng để truyền lực từ động cơ điện đến cơ cấu sản xuất hoặc dùng để biến đổi dạng chuyển động (quay thành tịnh tiến hay lắc) hoặc làm phù hợp về tốc độ, mômen, lực. Để truyền lực, có thể dùng các bánh răng, thanh răng, trục vít, xích, đai truyền, các bộ ly hợp cơ hoặc điện từ...

CCSX: Cơ cấu sản xuất hay cơ cấu làm việc, thực hiện các thao tác sản xuất và công nghệ (gia công chi tiết, nâng - hạ tải trọng, dịch chuyển...).

ĐK: Khối điều khiển, là các thiết bị dùng để điều khiển bộ biến đổi BĐĐ, động cơ điện Đ, cơ cấu truyền lực. Khối điều khiển bao gồm các cơ cấu đo lường, các bộ điều chỉnh tham số và công nghệ, các khí cụ, thiết bị điều khiển đóng cắt có tiếp điểm (các rơle, công tắc tơ) hay không có tiếp điểm (điện tử, bán dẫn). Một số hệ TĐĐ khác có cả mạch ghép nối với các thiết bị tự động khác như máy tính điều khiển, các bộ vi xử lý, PLC... Các thiết bị đo lường, cảm biến (sensor) dùng để lấy các tín hiệu phản hồi có thể là các loại đồng hồ đo, các cảm biến từ, cơ, quang... Một hệ thống TĐĐ không nhất thiết phải có đầy đủ các khâu nêu trên. Tuy nhiên, một hệ thống TĐĐ bất kỳ luôn bao gồm hai phần chính:

- Phần lực: Bao gồm bộ biến đổi và động cơ điện.
- Phần điều khiển.

Một hệ thống truyền động điện được gọi là hệ hở khi không có phản hồi, và được gọi là hệ kín khi có phản hồi, nghĩa là giá trị của đại lượng đầu ra được đưa trở lại đầu vào dưới dạng một tín hiệu nào đó để điều chỉnh lại việc điều khiển sao cho đại lượng đầu ra đạt giá trị mong muốn.

1.1.2. Phân loại hệ thống truyền động điện

1.1.2.1. Theo đặc điểm của động cơ điện:

- Truyền động điện một chiều: Dùng động cơ điện một chiều. Truyền động điện một chiều sử dụng cho các máy có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ và mômen, nó có chất lượng điều chỉnh tốt. Tuy nhiên, động cơ điện một chiều có cấu tạo phức tạp và giá thành cao, hơn nữa nó đòi hỏi phải có bộ nguồn một chiều, do đó trong những trường hợp không có yêu cầu cao về điều chỉnh, người ta thường chọn động cơ KĐB để thay thế.

- Truyền động điện không đồng bộ: Dùng động cơ điện xoay chiều không đồng bộ. Động cơ KĐB ba pha có ưu điểm là có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, vận hành an toàn, sử dụng nguồn cấp trực tiếp từ lưới điện xoay chiều ba pha. Tuy nhiên, trước đây các hệ truyền động động cơ KĐB lại chiếm tỷ lệ rất nhỏ do việc điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB có khó khăn hơn động cơ điện một chiều. Trong những năm gần đây, do sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp chế tạo các thiết bị bán dẫn công suất và kỹ thuật điện tử tin học, truyền động không đồng bộ phát triển mạnh mẽ và được khai thác các ưu điểm của mình, đặc biệt là các hệ có điều khiển tần số. Những hệ này đã đạt được chất lượng điều chỉnh cao, tương đương với hệ truyền động một chiều.

- Truyền động điện đồng bộ: Dùng động cơ điện xoay chiều đồng bộ ba pha. Động cơ điện đồng bộ ba pha trước đây thường dùng cho loại truyền động không điều chỉnh tốc độ, công suất lớn hàng trăm KW đến hàng MW (các máy nén khí, quạt gió, bơm nước, máy nghiền.v.v.).

Ngày nay do sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp điện tử, động cơ đồng bộ được nghiên cứu ứng dụng nhiều trong công nghiệp, ở mọi loại giải công suất từ vài trăm W (cho cơ cấu ăn dao máy cắt gọt kim loại, cơ cấu chuyển động của tay máy, người máy) đến hàng MW (cho các truyền động máy cán, kéo tàu tốc độ cao...).

1.1.2.2. Theo tính năng điều chỉnh:

- Truyền động không điều chỉnh: Động cơ chỉ quay máy sản xuất với một

tốc độ nhất định.

- Truyền có điều chỉnh: Trong loại này, tùy thuộc yêu cầu công nghệ mà ta có truyền động điều chỉnh tốc độ, truyền động điều chỉnh mômen, lực kéo và truyền động điều chỉnh vị trí.

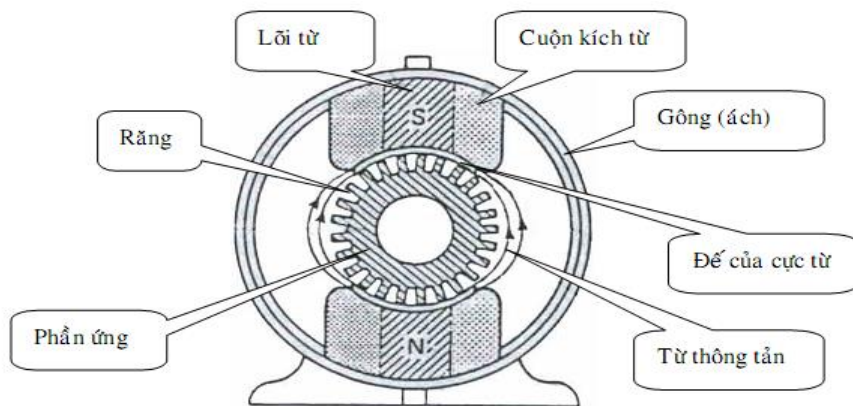
1.1.2.3 .Theo thiết bị biến đổi

- Hệ máy phát – động cơ (F-Đ): Động cơ điện một chiều được cấp điện từ một máy phát điện một chiều (bộ biến đổi máy điện). Thuộc hệ này có hệ máy điện khuếch đại động cơ (MĐKĐ – Đ), đó là hệ có BĐ là máy điện khuếch đại từ trường ngang.

- Hệ chỉnh lưu – động cơ (CL – Đ): Động cơ một chiều được cấp điện từ một bộ chỉnh lưu (BCL). Chỉnh lưu có thể không điều khiển (Điôt) hay có điều khiển (Thyristor)...

1.2 CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

1.2.1. Cấu tạo



Những phần chính của động cơ điện một chiều gồm: vỏ, trục, ổ bi, phần cảm (stato), phần ứng (rôto), cổ góp và chổi điện.

Hình 1.2.1a. Cấu tạo động cơ điện 1 chiều.

1.2.1.1. Phần tĩnh: là Stato và luôn luôn là phần cảm. Phần cảm là phần nhận năng lượng điện một chiều để tạo ra từ trường kích từ trong máy.

Trên hình vẽ 1.2 cắt ngang máy điện 1 chiều, xét về phần cảm ta có:

-*Vỏ máy (1)*: Là mạch từ, dùng để dẫn từ và gá lắp các cực từ, ngoài ra vỏ máy còn làm nhiệm vụ bảo vệ máy. Vỏ được làm bằng thép đúc.

-*Cực từ chính (2)* thực tế gồm 2 phần : thân cực, và mặt cực. Thân cực làm bằng thép đúc, mặt cực làm bằng thép lá KTĐ. Cực từ chính có nhiệm vụ dùng để quấn dây kích từ và để tạo ra từ trường phân cảm gọi là từ trường kích từ. Trên cực từ chính người ta quấn dây kích từ W_{kt} .

-*Cực từ phụ (3)*: Làm bằng thép đúc, mặt cực có khe khí với rôto rộng hơn so với cực từ chính. Trên cực từ phụ, được quấn dây kích từ phụ W_p . Nó tạo ra từ trường phụ.

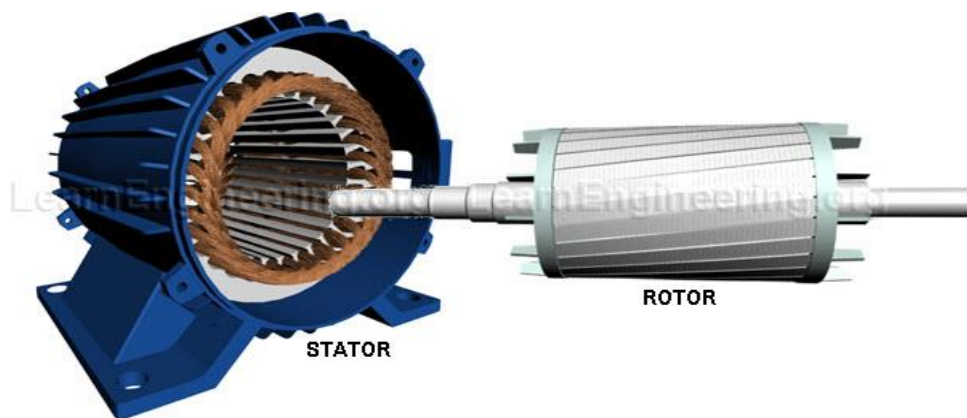
-*Dây quấn*: Là mạch điện dùng để dẫn điện, nó được làm bằng dây đồng bọc cách điện, hoặc dây êmay. Dây quấn gồm các loại sau:

+ *Dây quấn kích từ song song (5)*, hay dây quấn kích từ độc lập : W_{ss} : có nội trở lớn, vì số vòng dây lớn, tiết diện dây bé. W_{ss} có thể đấu song song hay độc lập với phân ứng (rôto).

+ *Dây quấn kích từ nối tiếp (4)*: W_{nt} có nội trở rất bé vì W nhỏ S lớn, W_{nt} được đấu nối tiếp với phân ứng qua chổi than và cổ góp điện, dòng điện qua W_{nt} bằng dòng điện qua rôto.

Tuỳ theo quan điểm phát nhiệt hay quan điểm cách điện mà W_{ss} hay W_{nt} được quấn gần hoặc xa lõi thép Stato hơn.

+ *Dây quấn phụ W_p* : Tương tự như W_{nt} nhưng chỉ khác nó được quấn trên thân cực từ phụ. Tín hiệu dòng qua nó bằng dòng qua cuộn nối tiếp.



Hình 1.2.1b. Stato và rôto động cơ điện 1 chiều.

Ngoài ra, trên phần tĩnh còn có hai nắp máy ở hai đầu để đỡ rôto. Hai

đầu trục có hai vòng bi, trên thân máy có trụ đầu dây, đế máy, giá chổi than, chổi than, biển máy, móc vận chuyển.

1.2.1.2. Phần quay : Là rôto, và luôn luôn là phần ứng. Phần ứng là phần cảm ứng ra các sức điện động xoay chiều. Phần ứng bao gồm:

- *Lõi thép (7)* là mạch từ của rôto, được cấu tạo từ các lá thép KTD có độ dày (0,35 0,5) mm ghép lại với nhau tương tự như lõi thép của rôto dị bộ dây quấn ba pha. Chu vi mặt ngoài của rôto được xẻ rãnh đều đặn để đặt dây.
- *Dây quấn (8)* là mạch điện rôto, dây quấn là dây đồng bọc cách điện hay

dây êmay. Kiểu quấn là rải đều trên chu vi mặt ngoài của rôto. (sẽ học cấu tạo dây quấn ở chương sau).

- *Trục rôto (9)* được làm bằng thép hợp kim có độ bền cơ khí rất cao. Trục dùng để đỡ rôto và quay tự do bởi hai đầu có hai vòng bi.
- Ngoài ra phần quay còn có ổ góp, cánh quạt làm mát.

1.2.1.3.Ổ góp và chổi than:

Là bộ phận để chỉnh lưu hay nghịch lưu dòng điện rô to. Đây có thể coi như bộ chỉnh lưu hay nghịch lưu cơ khí.

- *Ổ góp:* hay còn gọi là vành góp hay vành đổi chiều có cấu tạo bởi nhiều phiến góp bằng đồng (1). Các phiến góp được cách điện với nhau. Các đầu dây của các mô bin dây được nối đến các phiến góp.

- *Chổi than:* là thiết bị đưa dòng điện vào hoặc ra khỏi rôto. Chổi than có cấu tạo bằng than granit vừa có độ bền cơ, vừa chống mài mòn vừa có độ dẫn điện cao. Chổi than đặt trong hộp chổi than là bộ phận giữ chổi than. Hộp chổi than đặt trên giá đỡ chổi than và bật chặt bằng ống vít. Giá chổi than, hộp chổi than, và chổi than đều được cách điện với vỏ máy. Giá chổi than có thể điều chỉnh được vị trí bằng các ốc vít. Để tăng tiếp xúc và giữ chặt chổi có các lò xo tỳ lên chổi, các lò xo này có thể điều chỉnh được độ căng.

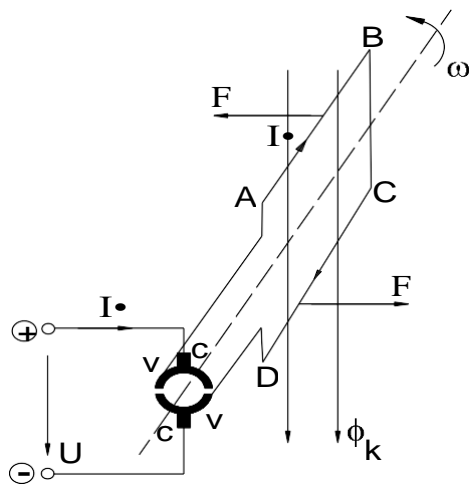
Việc chổi than tỳ lên bề mặt của ổ góp sẽ gây ra tia lửa điện. Tia lửa lớn có thể gây nên vành lửa xung quanh ổ góp, phá hỏng chổi than và ổ góp, gây tổn hao năng lượng, ảnh hưởng xấu đến môi trường và gây nhiễu đến sự làm việc của

các thiết bị điện tử. Vì vậy, trong các ứng dụng công nghiệp đòi hỏi phải bảo vệ và bảo dưỡng định kỳ động cơ.

1.2.2. Nguyên lý hoạt động của động cơ điện 1 chiều

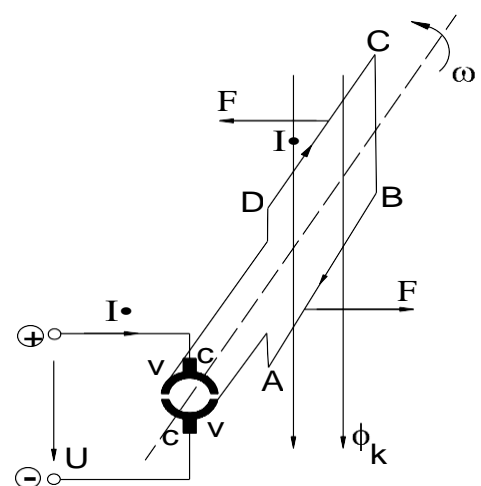
Khi đặt điện áp một chiều vào phần cảm (Stato) thì trong phần cảm xuất hiện từ trường kt. Đồng thời đặt điện áp một chiều vào phần ứng thì trong dây quấn phần ứng (Roto) xuất hiện dòng điện i_r . Do đó thanh dẫn phần ứng chịu một lực tác động F , có chiều được xác định bằng quy tắc bàn tay trái. $F=BLI$ lực F sẽ tạo ra mômen quay làm quay rôto.

Để chứng minh nguyên lý làm việc trên, đơn giản ta xét cho máy điện có rôto là khung dây, Stato là một nam châm điện hai cực Bắc – Nam (N-S)



sau đây:

(h.1)



(h.2)

Hình 1.21c. Nguyên lý làm việc động cơ điện 1 chiều.

Trên hình 1 khi mặt phẳng khung dây ABCD trùng với các đường sức của từ trường kt, nếu điện áp U mạch ngoài có dương ở chổi C_1 âm ở chổi C_2 thì chiều dòng điện chạy trong rôto có chiều là: (+) C_1V_1 ABCDV₁ C_2 (-). Dùng quy tắc bàn tay trái, ta xác định được chiều của lực F và từ đó suy ra chiều momen M

Trên hình 2 tương tự khi mặt phẳng ABCD quay đi 180° so với hình 1 ta thấy chiều dòng điện chạy trong phần ứng là: (+) $C_1.V_2$ DCBAV₁ C_2 (-) và tương tự ta cũng xác định được chiều của F và chiều của momen M

cũng như có chiều tương tự ở hình 1.

Kết luận: Điện áp mạch ngoài là một chiều nhưng dòng phần ứng là xoay chiều, do đó mọi thời điểm chiều của lực mômen là không đổi.

Chổi than và cổ góp đóng vai trò là cái nghịch lưu cơ khí.

1.2.3. Mở máy và điều chỉnh tốc độ động cơ.

1.2.3.1 Mở máy động cơ điện một chiều.

Phương trình cân bằng điện áp: $U = E_r + R_r I_r$ suy ra $I_r = (U - E_r) / R_r$

Khi mở máy, tốc độ $n=0$ suy ra $E_r = k_E n \Phi = 0$ suy ra $I_r = U / R_r$

Vì R_r rất nhỏ, dòng điện phần ứng I_r lúc mở máy rất lớn $I_r = (20,25) I_{dm}$, làm hỏng cổ góp, chổi than và ảnh hưởng đến lưới điện.

Để giảm dòng điện mở máy, dùng các biện pháp :

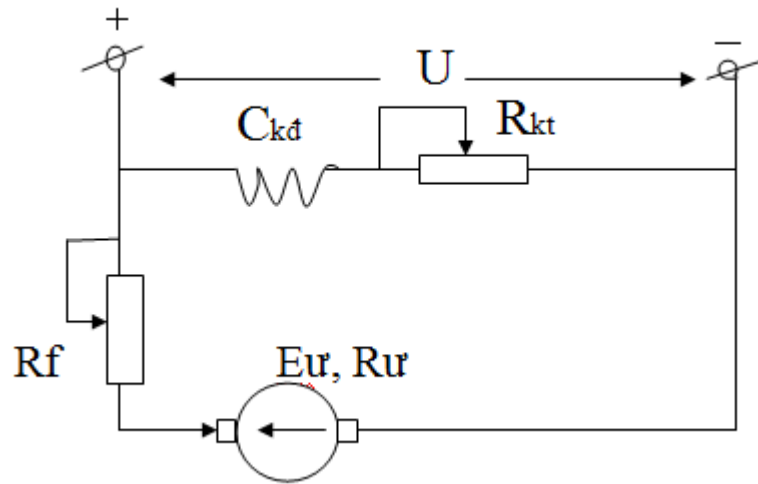
- Dùng biến trở mở máy $R_{Mở}$.

Mắc biến trở mở máy vào mạch phần ứng, dòng điện mở máy lúc có biến trở mở máy: $I_{rMở} = U / (R_r + R_{Mở})$.

Lúc đầu để biến trở $R_{Mở}$ lớn nhất, trong quá trình mở máy, tốc độ tăng lên, điện trở mở máy giảm dần đến không (hình 2.1.3.a).

- Giảm điện áp đặt vào phần ứng.

Phương pháp này được sử dụng khi có nguồn điện một chiều có thể điều chỉnh được điện áp



Hình 1.2.3a Sơ đồ mở máy động cơ bằng giảm điện áp đặt vào phần ứng

*** Điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều.**

Theo lý thuyết máy điện ta có phương trình tính tốc độ động cơ sau:

$$n = \frac{E}{C_e \cdot \theta} = \frac{U - I_u (R_u + R_f)}{C_e \cdot \theta} = n_0 - \Delta n \text{ với } \begin{cases} n_0 = \frac{U}{C_e \cdot \theta} \\ \Delta n = \frac{I_u \cdot (R_u + R_f)}{C_e \cdot \theta} \end{cases}$$

$$\text{hay } n = \frac{U}{C_e \cdot \theta} - \frac{(R_u + R_f) \cdot M}{C_M C_e \theta^2}$$

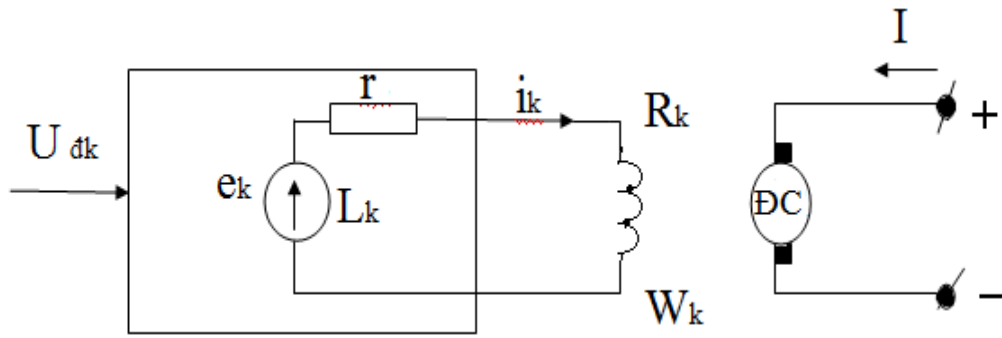
Từ hai phương trình trên ta thấy n (tốc độ của động cơ) phụ thuộc vào θ (từ thông), R (điện trở phần ứng), U (điện áp phần ứng). Vì vậy để điều chỉnh tốc độ của động cơ điện một chiều ta có ba phương án.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông θ

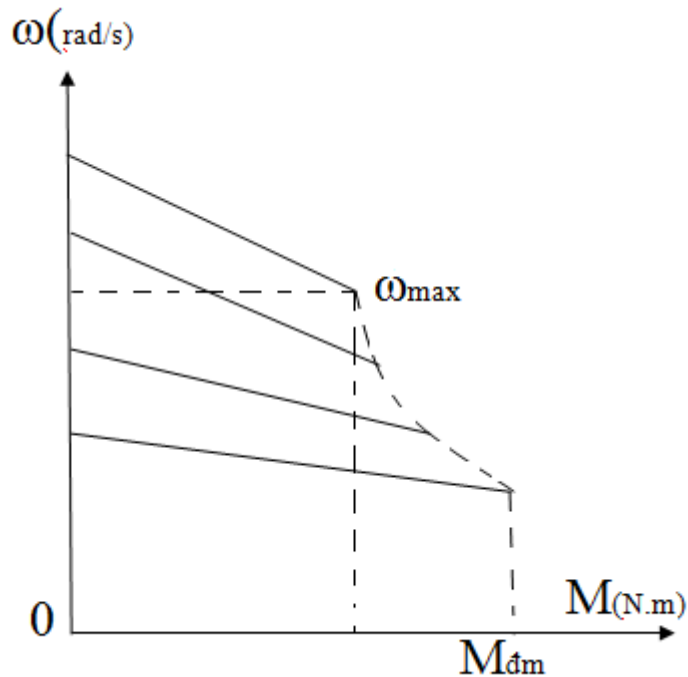
- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi bằng cách thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phần ứng.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp.

*** Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông θ .**



Hình 1.1.3.b- Sơ đồ thay thế.



Hình 1.2.3.c- Đồ thị đặc tính cơ của động cơ điện một chiều khi thay đổi từ thông θ .

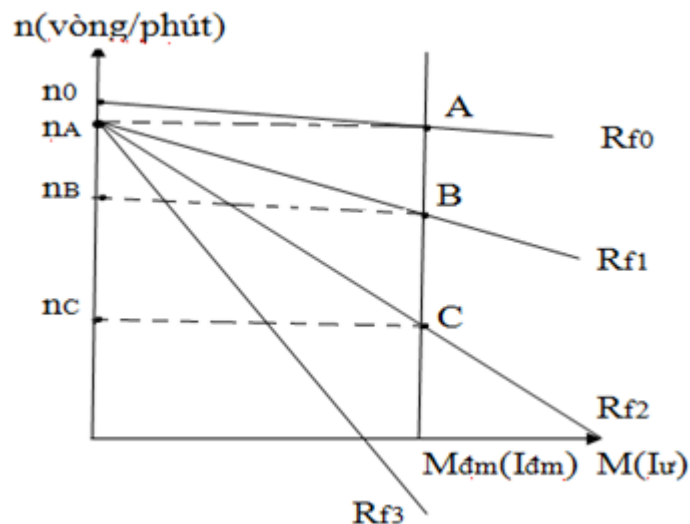
Đồ thị hình trên cho thấy đường đặc tính cơ của động cơ điện một chiều ứng với các giá trị khác nhau của từ thông. Khi từ thông giảm thì n_0 tăng nhưng Δn còn tăng nhanh hơn do đó ta mới thấy độ dốc của các đường đặc tính cơ này khác nhau. Chúng sẽ cùng hội tụ về điểm trên trục hoành ứng với dòng điện rất lớn: $I_r = (U/R_r)$. Phương pháp cho phép điều chỉnh tốc độ lớn hơn tốc độ định mức. Giới hạn trong việc điều chỉnh tốc độ quay bằng phương pháp này là 1:2; 1:5; 1:8.

Tuy nhiên có nhược điểm khi sử dụng phương pháp là phải dùng các biện pháp không chế đặc biệt do đó cấu tạo và công nghệ chế tạo phức tạp, khiến giá thành máy tăng.

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

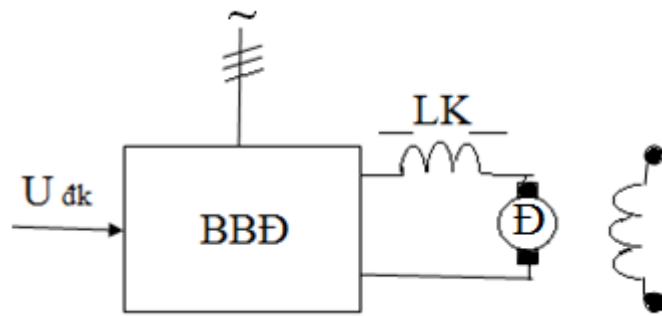
Ta có:
$$n = \frac{U}{C_e \cdot \theta} - \frac{(R_u + R_f) \cdot M}{C_M C_e \theta^2}$$

Từ thông không đổi nên n_0 không đổi, chỉ có Δn là thay đổi. Một điều dễ thấy nữa là, do ta chỉ có thể đưa thêm R_f chứ không thể giảm R_u nên ở đây chỉ điều chỉnh được tốc độ dưới tốc độ định mức. Do R_f càng lớn đặc tính cơ càng mềm nên tốc độ sẽ thay đổi nhiều khi tải thay đổi (từ đồ thị cho thấy, khi I biến thiên thì ứng với cùng dải biến thiên của I đường đặc tính cơ nào mềm hơn tốc độ sẽ thay đổi nhiều hơn).



Hình.1.2.3.d- Đồ thị đặc tính cơ của động cơ điện một chiều khi thay đổi điện trở phụ R_f trên mạch phản ứng.

*** Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phản ứng**



Hình 1.2.1.3e- Sơ đồ khối.

Phương pháp này cho phép điều chỉnh tốc độ cả trên và dưới định mức. Tuy nhiên do cách điện của thiết bị thường chỉ tính toán cho điện áp định mức nên thường giảm điện áp U . Khi U giảm thì n_0 giảm nhưng Δn là const nên tốc độ n giảm. Vì vậy thường chỉ điều chỉnh tốc độ nhỏ hơn tốc độ định mức. Còn nếu lớn hơn thì chỉ điều chỉnh trong phạm vi rất nhỏ.

Đặc điểm quan trọng của phương pháp là khi điều chỉnh tốc độ thì mô men không đổi vì từ thông và dòng điện phản ứng đều không thay đổi ($M = C_M \cdot \theta \cdot I_r$).

Phương pháp cho phép điều chỉnh tốc độ trong giới hạn 1:10, thậm chí cao hơn nữa có thể đến 1:25.

Phương pháp này có từ thông không đổi nên đặc tính cơ có độ cứng không đổi.

Tốc độ không tải lý tưởng phụ thuộc vào giá trị điện áp $U_{đk}$ của hệ thống, do đó có thể nói phương pháp này điều khiển là triệt để.

Dải điều chỉnh tốc độ của hệ thống bị chặn bởi đặc tính cơ bản, là đặc tính ứng với điện áp định mức và từ thông định mức. Tốc độ nhỏ nhất của dải điều khiển bị giới hạn bởi yêu cầu về sai số tốc độ và mômen khởi động. Khi mômen tải là định mức thì các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tốc độ là:

$$\omega_{\max} = \omega_{0\max} - \frac{M_{đm}}{|\beta|}$$

$$\omega_{\min} = \omega_{0\min} - \frac{M_{đm}}{|\beta|}$$

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

$$M_{nmmin} = M_{cmax} = K_M \cdot M_{đm}$$

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 ta có thể viết:

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

$$D = \frac{\omega_{0max} - \frac{M_{đm}}{|\beta|}}{(K_M - 1) \frac{M_{đm}}{|\beta|}} = \frac{\omega_{0max} |\beta| - 1}{K_M - 1}$$

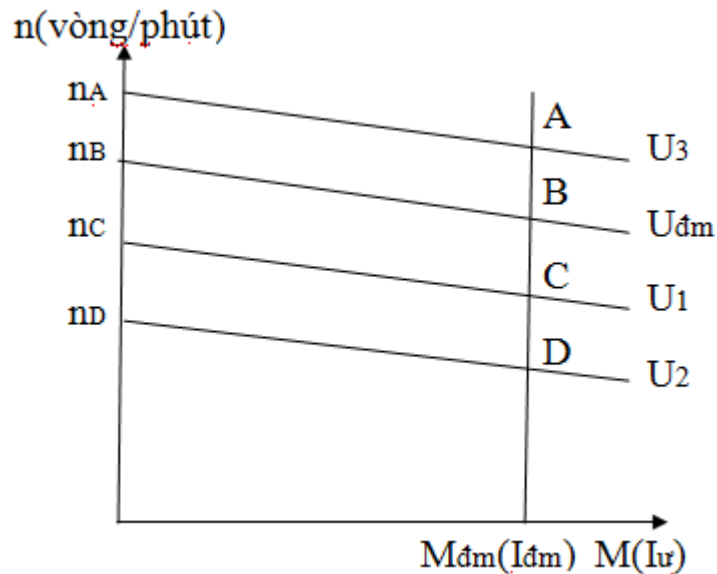
Với ω_{0max} , $M_{đm}$, K_M xác định ở mỗi máy, vì vậy phạm vi điều chỉnh D phụ thuộc tuyến tính vào giá trị của độ cứng β . Khi điều chỉnh điện áp phản ứng của động cơ điện một chiều bằng các thiết bị nguồn điều chỉnh thì điện trở tổng mạch phản ứng gấp khoảng 2 lần điện trở phần ứng động cơ. Do đó có thể tính sơ bộ được:

$$\frac{\omega_{0max} |\beta|}{M_{đm}} \leq 10$$

Do đó phạm vi điều chỉnh tốc độ động cơ không vượt quá 10 khi tải có đặc tính mômen không đổi.

Phương pháp chỉ dùng cho động cơ điện một chiều kích từ độc lập hoặc song song làm việc ở chế độ kích từ độc lập.

Điều chỉnh động cơ DC bằng PWM chính là sử dụng phương pháp này



Hình 1.2.3.f- Đồ thị đặc tính cơ của động cơ điện một chiều khi thay đổi điện áp

Kết luận : 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 một chiều bằng cách thay đổi điện áp U_u 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 hao tổn.

*** Động cơ điện một chiều kích từ song song.**

Để mở máy dùng biến trở mở máy $R_{Mở}$, để điều chỉnh tốc độ thường điều chỉnh $R_{đc}$.

Đường đặc tính cơ $n = f_i(M)$

$$n = (U - R_u I_u) / k_E f_i \quad (1)$$

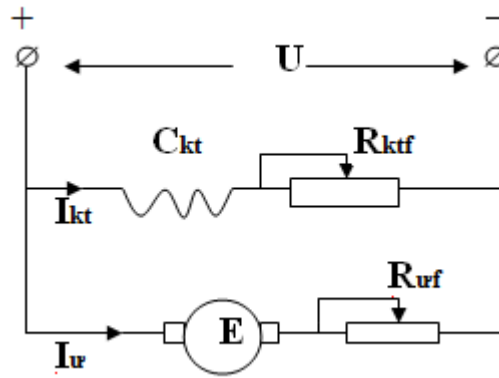
Mặt khác: $M_{đt} = k_M I_u f_i \quad (2)$

Từ (1) và (2) ta có:

$$n = U / k_E f_i - R_u M / (k_M k_E f_i^2)$$

Thêm điện trở R_p vào mạch phần ứng thì ta có:

$$n = U / k_E f_i - (R_u + R_p) M / (k_M k_E f_i^2)$$



Hình 1.2.3.g- Sơ đồ nối dây động cơ điện 1 chiều kích từ song song.

***Đặc tính làm việc.**

Các đường quan hệ giữa tốc độ n , mômen M , dòng điện phần ứng I_{ur} và hiệu suất η theo công suất cơ trên trục P_2 .

Động cơ điện kích từ song song có đặc tính cơ cứng, và tốc độ hầu như không đổi khi công suất trên trục P_2 thay đổi, chúng được dùng nhiều trong máy cắt kim loại, máy công cụ.

CHƯƠNG 2

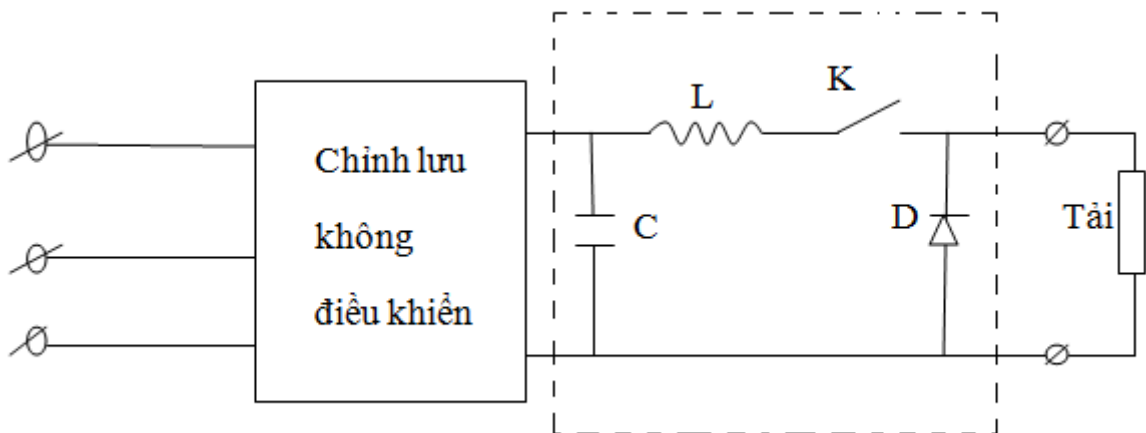
BỘ BIẾN ĐỔI XUNG ÁP 1 CHIỀU VÀ PHƯƠNG PHÁP PWM

2.1. ĐẶT VẤN ĐỀ.

Các bộ biến đổi điện áp một chiều dùng để biến đổi điện áp hiệu dụng đặt lên tải. Nguyên lý của bộ biến đổi này là dùng các phân tử van bán dẫn nối tải với nguồn trong một khoảng thời gian t_1 rồi lại cắt đi trong một khoảng thời gian t_0 theo một chu kỳ lặp lại T . Bằng cách thay đổi độ rộng của t_1 hay t_0 trong khoảng T ta thay đổi được giá trị điện áp trung bình ra trên tải. Nguyên lý này có ưu điểm là điều chỉnh điện áp ra trong một phạm vi rộng và vô cấp, hiệu suất cao vì tổn thất trên các phân tử điện tử công suất rất nhỏ.

Phân loại: Có nhiều cách phân loại các bộ biến đổi xung áp một chiều, tùy thuộc vào cách mắc khoá điện tử song song hay nối tiếp mà người ta chia các bộ biến đổi xung áp thành nối tiếp hay song song. Cũng có thể phân biệt bộ biến đổi tùy thuộc vào điện áp ra, ví dụ như bộ biến đổi xung áp có bộ biến đổi xung áp có điện áp ra nhỏ hơn điện áp vào, còn bộ biến đổi xung áp có bộ biến đổi xung áp có điện áp ra lớn hơn điện áp vào. Tùy thuộc vào dấu điện áp mà người ta chia ra: bộ biến đổi xung áp không đảo chiều hoặc bộ biến đổi xung áp có đảo chiều.

2.1.1. Nguyên lý chung của bộ biến đổi xung áp 1 chiều.



Hình 2.1.1 a- Sơ đồ nguyên lý của bộ băm xung.

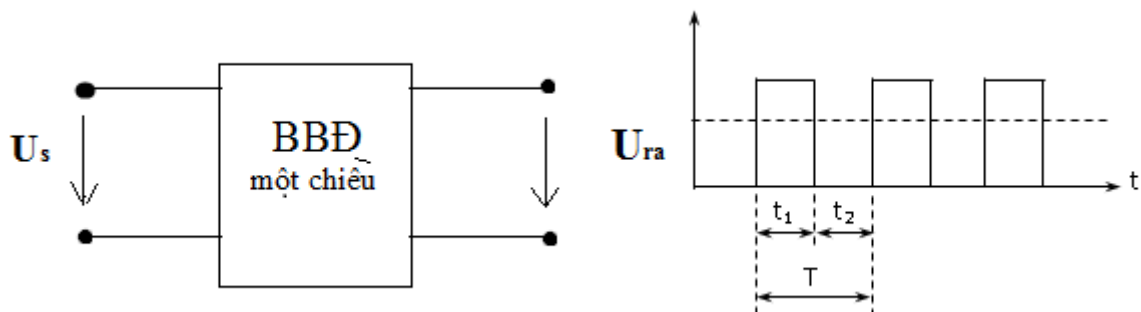
BX DC có chức năng biến đổi điện áp một chiều, nó có ưu điểm là có thể thay đổi điện áp trong một phạm vi rộng mà hiệu suất của bộ biến đổi cao và tổn thất của bộ biến đổi chủ yếu trên các phần tử đóng cắt rất nhỏ.

So với các phương pháp thay đổi điện áp một chiều để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều như phương pháp điều chỉnh bằng biến trở, bằng máy phát một chiều, bằng bộ biến đổi có khâu trung gian xoay chiều, bằng chỉnh lưu có điều khiển... thì phương pháp dùng mạch băm xung có nhiều ưu điểm đáng kể: điều chỉnh tốc độ và đảo chiều dễ dàng, tiết kiệm năng lượng, kinh tế và hiệu quả cao, đồng thời đảm bảo được trạng thái hãm tái sinh của động cơ. Cùng với sự phát triển và ứng dụng ngày càng rộng rãi các linh kiện bán dẫn công suất lớn đã tạo nên các mạch băm xung có hiệu suất cao, tổn thất nhỏ, độ nhạy cao, điều khiển đơn giản, chi phí bảo trì thấp, kích thước nhỏ. Mạch băm xung đặc biệt thích hợp với các động cơ một chiều công suất nhỏ.

Điện thế trung bình đầu ra sẽ được điều khiển theo mức mong muốn mặc dù điện thế đầu vào có thể là hằng số (ắc qui, pin) hoặc biến thiên (đầu ra của chỉnh lưu), tải có thể thay đổi. Với một giá trị điện thế vào cho trước, điện thế trung bình đầu ra có thể điều khiển theo hai cách:

- Thay đổi độ rộng xung.
- Thay đổi tần số băm xung.

**Nguyên lý*: Nguyên lý chung là biến đổi giá trị của điện áp một chiều ở các mức khác nhau.



Hình 2.1.1b - Sơ đồ. Hình 2.1.1c - Dạng sóng

2.1.1.1. Phương pháp thay đổi độ rộng xung

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

$$U_d = \frac{t_1 \cdot U}{T} = \gamma \cdot U$$

Trong đó đặt: $\gamma = \frac{t_1}{T}$ 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 ($0 < \gamma \leq 1$).

2.1.1.2. Phương pháp thay đổi tần số xung

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

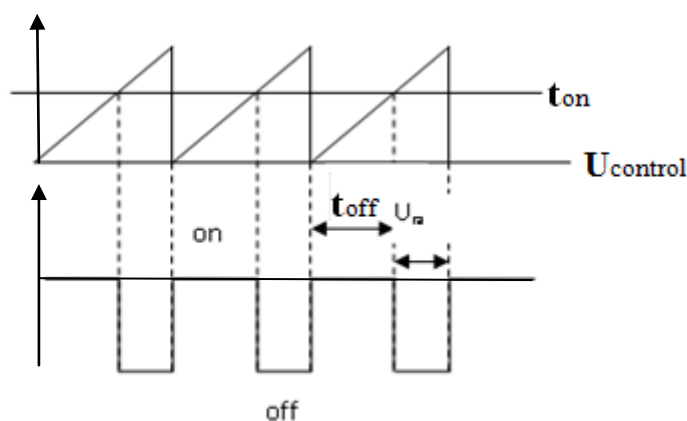
$$U_d = \frac{t_1}{T} \cdot U = t_1 \cdot f \cdot U$$

Vậy $U_d = U$ khi $f = \frac{1}{t_1}$ và $U_d = 0$ khi $f = 0$.

Ngoài ra có thể phối hợp cả hai phương pháp trên. 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.

Kết luận

Ở đây ta chọn cách thay đổi độ rộng xung, phương pháp này gọi là PWM (Pulse Width Modulation), theo phương pháp này tần số băm xung sẽ là hằng số. Việc điều khiển trạng thái đóng mở của van dựa vào việc so sánh một điện áp điều khiển với một sóng tuần hoàn (thường là dạng tam giác (Sawtooth)) có biên độ đỉnh không đổi. Nó sẽ thiết lập tần số đóng cắt cho van, tần số đóng cắt này là không đổi với dải tần từ 2kHz đến 200kHz. Khi $U_{\text{control}} > U_{\text{st}}$ thì cho tín hiệu điều khiển mở van, ngược lại khóa van.



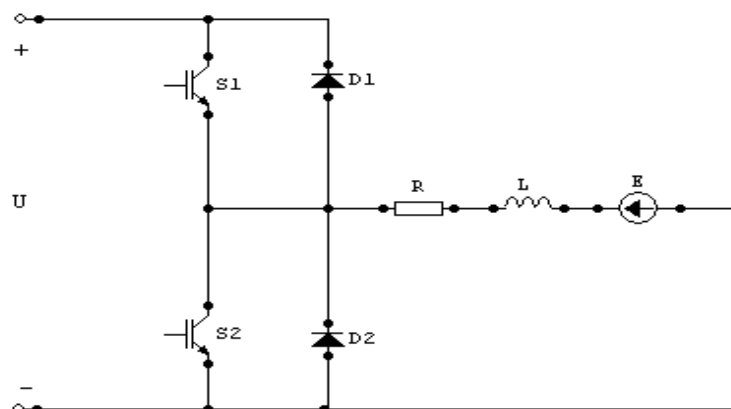
Hình 2.2.1d-Dạng sóng sau khi sử dụng phương pháp PWM.

2.1.2. Các dạng băm xung cơ bản.

Dựa vào cách mắc khoá xung, các bộ lọc và nguồn cung cấp mà có các dạng sơ đồ:

2.1.2.1. Xung áp đảo dòng lớp B.

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.1.2.a-Sơ đồ nguyên lý xung áp đảo dòng lớp B.

Tải là phần ứng động cơ một chiều kích từ độc lập đã được thay bởi mạch tương đương R-L-E.

*Nguyên lý hoạt động.

Chế độ động cơ:

Trong khoảng $0 \leq t \leq \gamma T$, động cơ được nối nguồn qua S_1 , điện áp đặt lên động cơ là U .

Trong khoảng $\gamma T \leq t \leq T$, S_1 ngắt, động cơ được nối ngắn mạch qua D_2 , điện áp đặt lên động cơ là 0.

Chế độ hãm tái sinh:

Trong khoảng $0 \leq t \leq \gamma T$, S_2 ngắt, động cơ được nối nguồn qua D_1 , điện áp đặt lên động cơ là U .

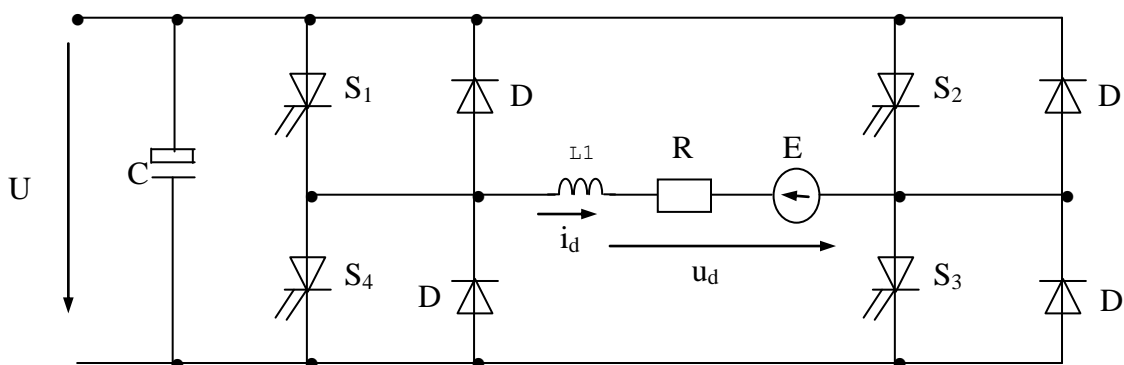
Trong khoảng $\gamma T \leq t \leq T$, S_2 dẫn, động cơ được nối ngắn mạch qua S_2 , điện áp đặt lên động cơ là 0.

Khi S_1 mở dòng điện từ nguồn chảy qua S_1 qua tải và trở về âm nguồn. Khi S_1 khoá dòng tải được ngắn mạch qua diod D_1 đảm bảo dòng tải là liên tục ngay cả khi S_1 khoá. Để đảo chiều dòng điện phần ứng động cơ (dòng i_d) ta cho S_2 và D_2 vào vận hành còn S_1 ngắt. Khi đó, do quán tính động cơ vẫn quay theo chiều cũ mặc dù bị ngắt ra khỏi nguồn $\rightarrow E > 0$. Lúc này mạch tải chỉ có nguồn duy nhất E ngắn mạch qua $S_2 \rightarrow$ xuất hiện dòng điện chạy ngược lại chiều ban đầu. Công suất điện từ của động cơ là: $P_{dt} = I_d \cdot E > 0$.

Công suất lúc này được tích lũy trong cuộn cảm L . Khi S_2 ngắt, trên điện cảm L sinh ra sức điện động tự cảm (ΔU_L) cùng chiều với E . Tổng hai sức điện động này lớn hơn điện áp nguồn U_s làm D_2 dẫn ngược dòng về nguồn và trả lại phần năng lượng đã tích lũy trong cuộn cảm L .

Để đảm bảo S_2 dẫn dòng điện ngược ngay khi dòng thuận qua D_1 tắt ta phát xung vào mở S_2 đồng thời với việc phát xung khoá S_1 .

2.1.2.2. Xung áp đảo áp lớp B.

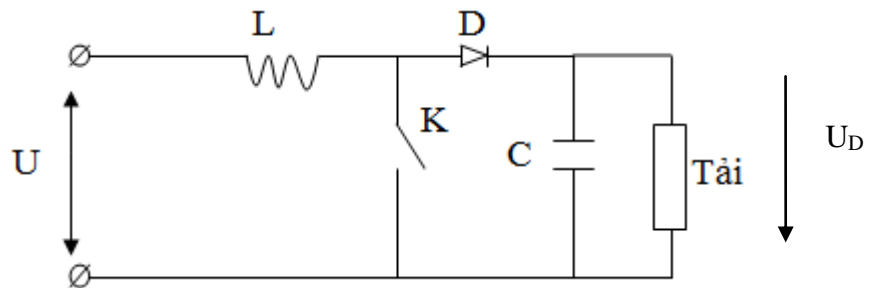


Hình 2.1.2b- Sơ đồ nguyên lý xung áp đảo áp lớp B.

S_1, S_2, S_3, S_4 là các van điều khiển hoàn toàn. Trong sơ đồ này cho phép điều chỉnh và đảo chiều quay của động cơ một cách linh hoạt, đặc tính làm việc cả ở 4 góc phần tư. Tuy nhiên, điều khiển các van sẽ rất phức tạp, ở đây ta chỉ nêu ra sơ đồ chứ không nghiên cứu sâu.

2.1.2.3 Xung áp song song.

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.1.2c- Sơ đồ nguyên lý xung áp song song.

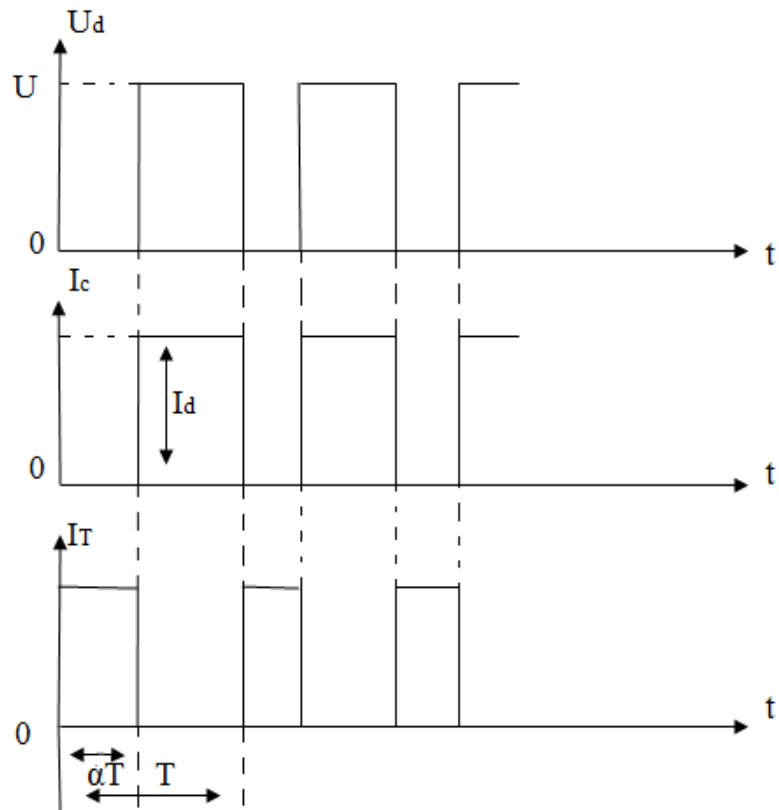
Đặc điểm của sơ đồ này là L mắc nối tiếp với tải, khóa K mắc song song với tải. Cuộn cảm L không tham gia vào quá trình lọc gợn sóng mà chỉ có tụ C đóng vai trò này.

+ k đóng: dòng điện từ $+U$ qua $L \rightarrow S \rightarrow -U$. Khi đó D tắt vì trên tụ có U_c (đã được tích điện từ trước đó).

+ k ngắt: dòng điện từ $+U$ qua $L \rightarrow D \rightarrow$ Tải $\rightarrow -U$. Vì từ thông trong cuộn cảm L không giảm tức thời về không do đó trong L xuất hiện suất điện động tự cảm $e_L = \omega \frac{d\Phi}{dt}$, có cùng cực tính với U . Do đó tổng điện áp: $U_d = U + e_L$. Như vậy ta có bộ biến đổi tăng áp.

Đặc tính của bộ biến đổi này là tiêu thụ năng lượng từ nguồn U ở chế độ liên tục và năng lượng truyền tải dưới dạng xung nhọn.

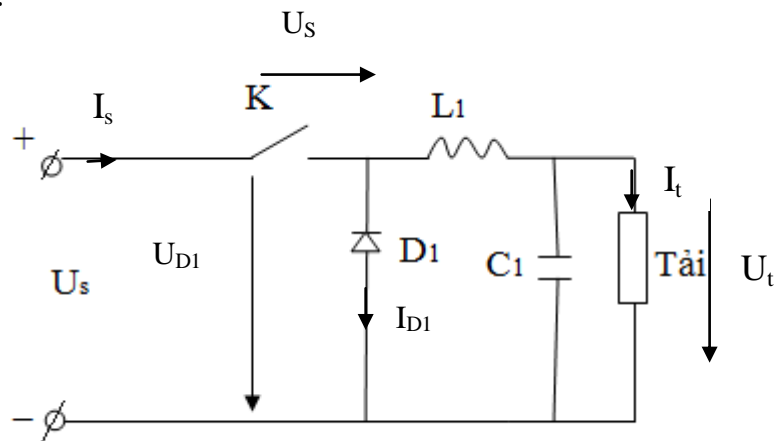
Đặc tính truyền đạt: $W_I = \frac{U_d}{U}$



Hình 2.1.2d- Sơ đồ biểu diễn dạng sóng của điện áp ngõ ra, dòng I_c và I_t .

2.1.2.4. Xung áp nối tiếp.

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 2.1.2e-Sơ đồ nguyên lý xung áp nối tiếp.

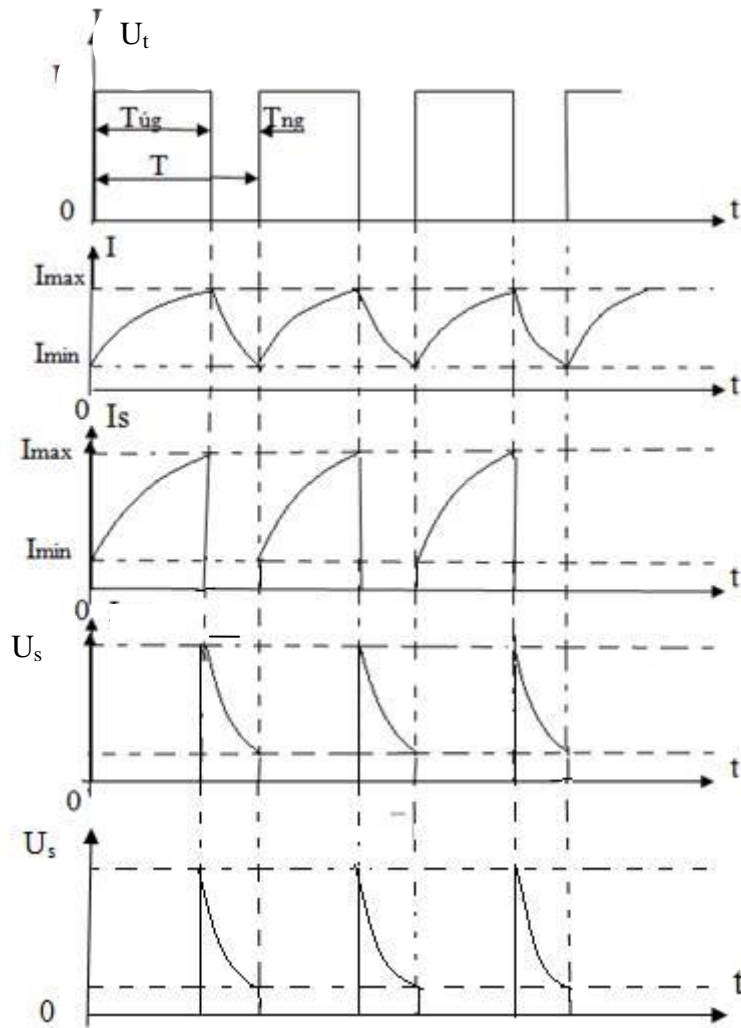
Phần tử điều chỉnh quy ước là khoá K (thực tế là Tiristor hoặc Transistor). Đặc điểm của sơ đồ này là khoá K, cuộn cảm và tải mắc nối tiếp. Tải có tính chất cảm hoặc dung kháng. Bộ lọc L-C, Diode D mắc ngược U_d có tác dụng thoát để thoát dòng tải khi khoá K ngắt.

+ K đóng: U_s được đặt vào đầu của bộ lọc. Lý tưởng thì $U_{\text{tải}}=U_s$ (nếu bỏ qua sụt áp trên các van).

+ K mở: Hở mạch giữa nguồn và tải, nhưng vẫn có dòng điện $i_{\text{tải}}$ do năng lượng tích lũy trong cuộn cảm L và $L_{\text{tải}}$, dòng chạy qua D do đó $U_{\text{ra}}= U_{\text{tải}}$.

Như vậy, $U_{\text{tải tb}} \leq U_s$. Tương ứng ta có bộ biến đổi hạ áp.

Đặc tính truyền đạt: $W_I = \frac{U_{\text{tải}}}{U_s} = \alpha$.



Hình 2.1.2 f- Đồ thị điện áp, dòng điện ở chế độ liên tục.

Kết luận: Trong đồ án này em sử dụng xung áp nối tiếp do mạch điều khiển tốc độ động cơ một chiều nam châm vĩnh cửu bằng cách tăng giảm điện áp đặt vào động cơ thay đổi từ 0v-24v. Do đó chúng em dùng xung áp nối tiếp để có thể hạ áp dòng từ 24v xuống 0v và để dòng điện chạy vào động cơ không vượt quá 24v có thể gây ra quá tải, hỏng động cơ.

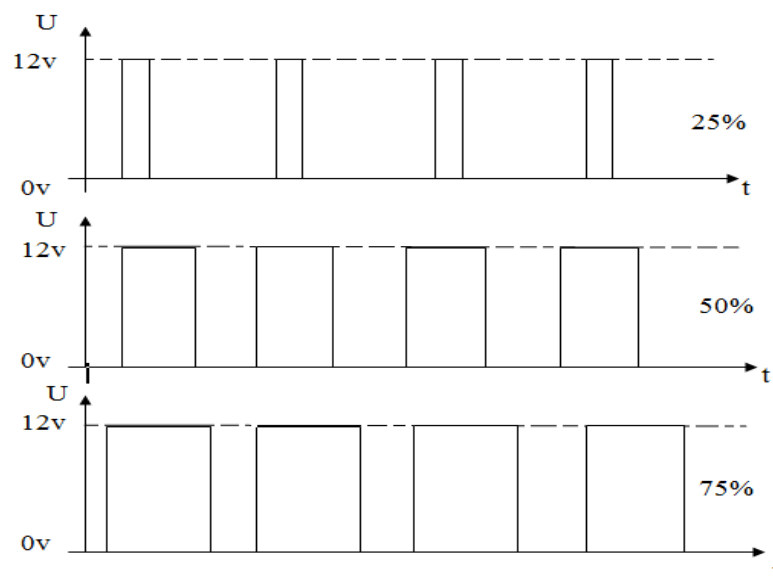
2.2.PHƯƠNG PHÁP PWM.

2.2.1.Giới thiệu về phương pháp PWM.

Phương pháp điều chế PWM có tên tiếng anh là Pulse Width Modulation là phương pháp điều chỉnh điện áp ra tải hay nói cách khác là phương pháp điều chế dựa trên sự thay đổi độ rộng của chuỗi xung vuông dẫn đến sự thay đổi điện áp ra.

Sử dụng PWM điều khiển nhanh chậm của động cơ hay cao hơn nữa nó còn được dùng để điều khiển ổn định tốc độ động cơ. Ngoài lĩnh vực điều khiển hay ổn định tải thì PWM nó còn tham gia và điều chế các mạch nguồn như là : boot, buck, nghịch lưu 1 pha và 3 pha...PWM chúng ta còn gặp nhiều trong thực tế và các mạch điện điều khiển. Điều đặc biệt là PWM chuyên dùng để điều khiển các phân tử điện tử công suất có đường đặc tính là tuyến tính khi có sẵn 1 nguồn 1 chiều cố định.

Các PWM khi biến đổi thì có cùng 1 tần số và khác nhau về độ rộng của sườn dương hoặc là sườn âm.



Hình 2.2.1- Dạng xung PWM

Sơ đồ trên là dạng xung điều chế trong 1 chu kì thì thời gian xung lên (Sườn dương) nó thay đổi dẫn ra hoặc co vào. Và độ rộng của nó được tính bằng phần trăm tức là độ rộng của nó được tính như sau :

Độ rộng = $(t1/T).100$ (%)

Như vậy thời gian xung lên càng lớn trong 1 chu kì thì điện áp đầu ra sẽ càng lớn. Nhìn trên hình vẽ trên thì ta tính được điện áp ra tải sẽ là :

+ Đối với PWM = 25% $\implies U_t = U_{max}.(t1/T) = U_{max}.25\%$ (V)

+ Đối với PWM = 50% $\implies U_t = U_{max}.50\%$ (V)

+ Đối với PWM = 75% $\implies U_t = U_{max}.75\%$ (V)

Cứ như thế ta tính được điện áp đầu ra tải với bất kì độ rộng xung nào.

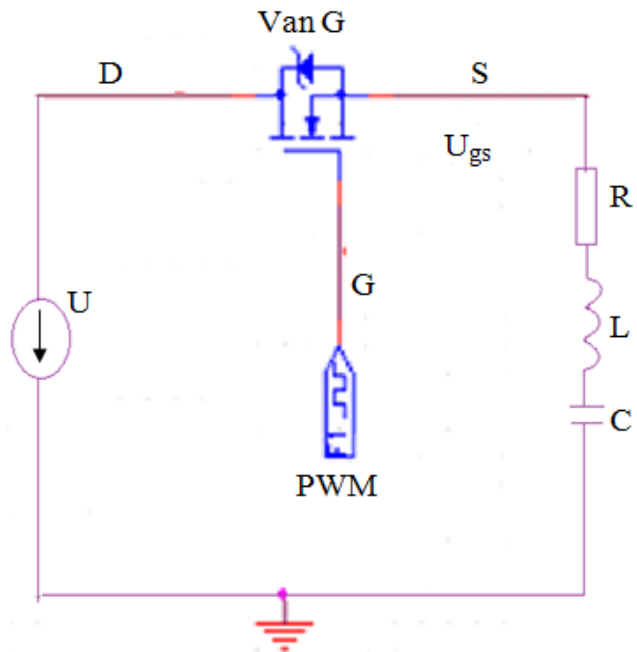
***.Ưu nhược điểm mạch PWM làm mạch điều khiển động cơ DC.**

a.Ưu điểm.

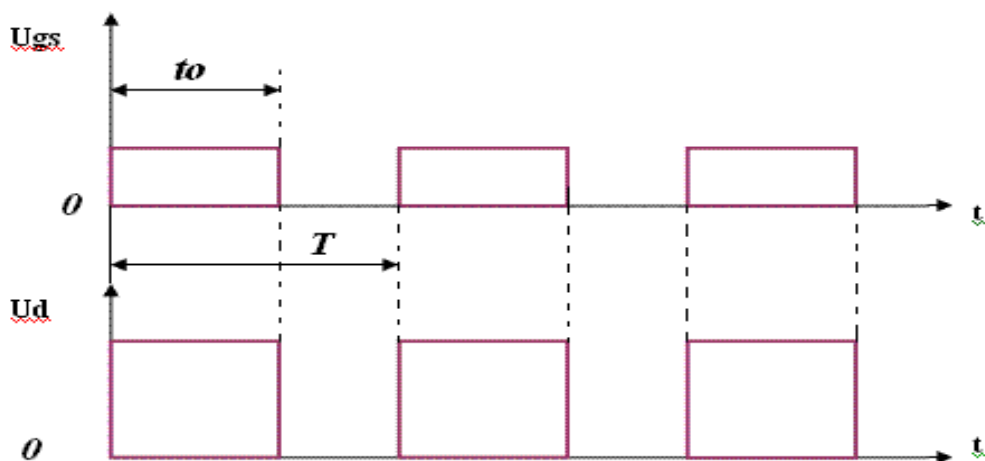
- Transistor ở lõi ra chỉ có duy nhất hai trạng thái (ON hoặc OFF) do đó loại bỏ được mất mát về năng lượng đốt nóng hay năng lượng rò rỉ tại lõi ra.
 - Dải điều khiển rộng hơn so với mạch điều chỉnh tuyến tính. - Tốc độ mô tơ quay nhanh hơn khi cấp chuỗi xung điều chế theo kiểu PWM so với khi cấp một điện áp tương đương với điện áp trung bình của chuỗi xung PWM.
- b.Nhược điểm.** - Cần các mạch điện tử hỗ trợ - giá thành cao
- Các xung kích lên 12 Volt có thể gây nên tiếng ồn nếu mô tơ không được gắn chặt và tiếng ồn này sẽ tăng lên nếu gặp phải trường hợp cộng hưởng của vỏ.
 - Ngoài ra việc dùng chuỗi xung điều chế PWM có thể làm giảm tuổi thọ của mô tơ.

2.2.2.Nguyên lý của phương pháp PWM. Đây là phương pháp được thực hiện theo nguyên tắc đóng ngắt nguồn tới tải và một cách có chu kì theo luật điều chỉnh thời gian đóng cắt. Phần tử thực hiện nhiệm vụ đó trong mạch các van bán dẫn.

Xét hoạt động đóng cắt của một van bán dẫn. Dùng van đóng cắt bằng Mosfet



Hình 2.2.2a- Sơ đồ đóng ngắt nguồn với tải.



Hình 2.2.2.b- Đồ thị xung của van điều khiển và đầu ra.

Trên là mạch nguyên lý điều khiển tải bằng PWM và giản đồ xung của chân điều khiển và dạng điện áp đầu ra khi dùng PWM.

* Nguyên lý : Trong khoảng thời gian $0 - t_0$ ta cho van G mở toàn bộ điện áp nguồn U_d được đưa ra tải. Còn trong khoảng thời gian $t_0 - T$ cho van G khóa, cắt nguồn cung cấp cho tải. Vì vậy với t_0 thay đổi từ 0 cho đến T ta sẽ cung cấp toàn bộ , một phần hay khóa hoàn toàn điện áp cung cấp cho tải.

+ Công thức tính giá trị trung bình của điện áp ra tải :

Gọi t_0 là thời gian xung ở sườn dương (khóa mở) còn T là thời gian của cả sườn âm và dương, U_{max} là điện áp nguồn cung cấp cho tải.

$$\Rightarrow U_d = U_{max} \cdot (t_1/T) \text{ (V) hay } U_d = U_{max} \cdot D$$

với $D = t_1/T$ là hệ số điều chỉnh và được tính bằng % Như vậy ta nhìn trên hình đồ thị dạng điều chế xung thì ta có : Điện áp trung bình trên tải sẽ là :

$$+ U_d = 12 \cdot 20\% = 2.4V \text{ (với } D = 20\%)$$

$$+ U_d = 12 \cdot 40\% = 4.8V \text{ (Với } D = 40\%)$$

$$+ U_d = 12 \cdot 90\% = 10.8V \text{ (Với } D = 90\%)$$

2.2.3. Các cách để tạo ra được PWM để điều khiển.

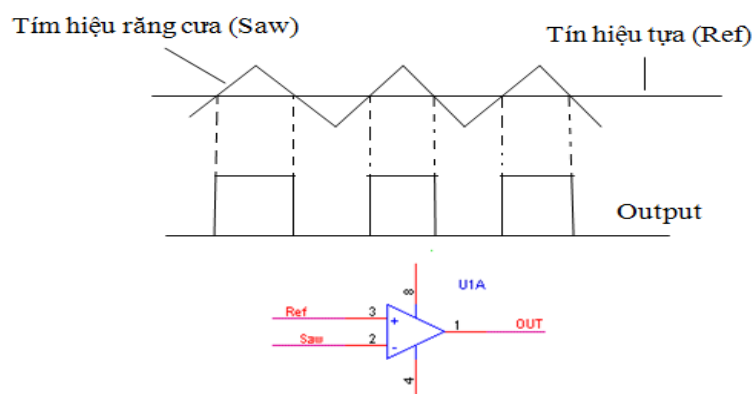
Để tạo được ra PWM thì hiện nay có hai cách thông dụng : Bằng phần cứng và bằng phần mềm. Trong phần cứng có thể tạo bằng phương pháp so sánh hay là từ trực tiếp từ các IC dao động tạo xung vuông như : 555, LM556... Trong phần mềm được tạo bằng các chip có thể lập trình được. Tạo bằng phần mềm thì độ chính xác cao hơn là tạo bằng phần cứng. Nên người ta hay sử dụng phần mềm để tạo PWM

2.2.3.1. Tạo bằng phương pháp so sánh.

Để tạo được bằng phương pháp so sánh thì cần 2 điều kiện sau đây :

- + Tín hiệu răng cưa : Xác định tần số của PWM.
- + Tín hiệu tựa là một điện áp chuẩn xác định mức công suất điều chế (Tín hiệu DC).

Xét sơ đồ sau:



Hình.2.3.3.a- Tạo xung vuông bằng phương pháp so sánh.

Chúng ta sử dụng một bộ so sánh điện áp 2 đầu vào là 1 xung răng cưa (Saw) và 1 tín hiệu 1 chiều (Ref)

+ Khi Saw < Ref thì cho ra điện áp là 0V

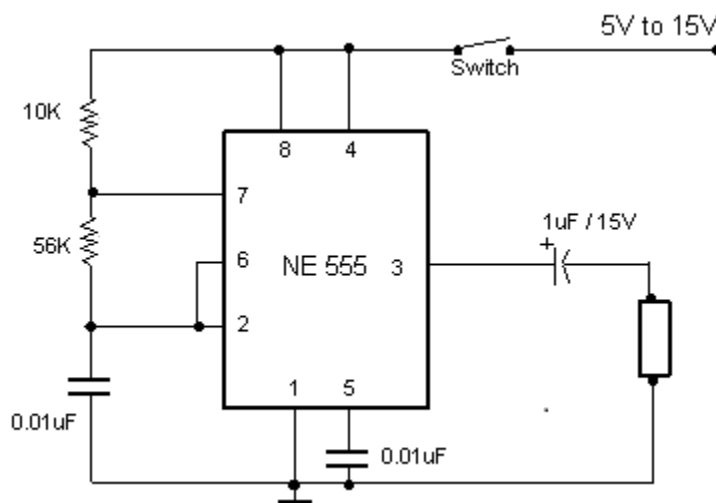
+ Khi Saw > Ref thì cho ra điện áp là U_{max}

Và cứ như vậy mỗi khi chúng ta thay đổi Ref thì Output lại có chuỗi xung độ rộng D thay đổi với tần số xung vuông Output = tần số xung răng cưa Saw.

Với tần số xác định được là $f = 1/(\ln.C1.(R1+2R2))$ nên chỉ cần điều chỉnh R2 là có thể thay đổi độ rộng xung dễ dàng. Ngoài 555 ra còn rất nhiều các IC tạo xung vuông khác

2.2.3.2. Tạo bằng phương pháp dùng IC dao động.

Như chúng ta đã biết thì có rất nhiều IC có thể tạo được trực tiếp ra xung vuông mà không cần phải tạo tín hiệu tam giác làm gì vì trong đó nó đã tích hợp sẵn hết cả rồi và ta chỉ việc lắp vào là xong. Tôi lấy ví dụ dùng dao động IC555 vì con IC này vừa đơn giản lại dễ kiểm



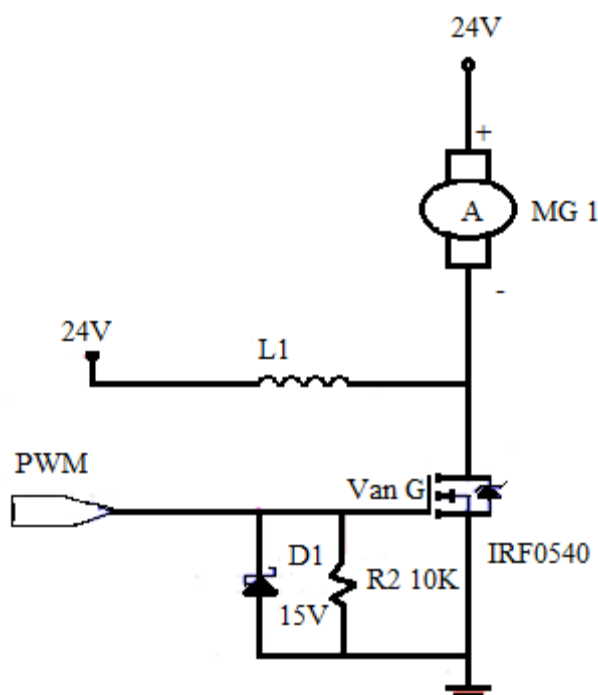
Hình 2.3.3.b- Mạch tạo xung đơn giản dùng NE555.

Với tần số xác định được là $f = 1/(\ln.C1.(R1+2R2))$ nên chỉ cần điều chỉnh R2 là có thể thay đổi độ rộng xung dễ dàng. Ngoài 555 ra còn rất nhiều các IC tạo xung vuông khác.

2.2.3.3. Tạo xung vuông bằng phần mềm.

Đây là cách tối ưu trong các cách để tạo được xung vuông. Với tạo bằng phần mềm cho độ chính xác cao về tần số và PWM. Với lại mạch của chúng ta đơn giản đi rất nhiều. Xung này được tạo dựa trên xung nhịp của CPU. **2.3.4. Một vài ứng dụng nổi bật của PWM**

2.3.4.1. PWM trong điều khiển động cơ.
 Điều mà chúng ta dễ nhận thấy rằng là PWM rất hay được sử dụng trong động cơ để điều khiển động cơ như là nhanh, chậm, thuận, nghịch và ổn định tốc độ cho nó. Cái này được ứng dụng nhiều trong điều khiển động cơ 1 chiều, và sơ đồ nguyên lý của mạch điều khiển động cơ DC là :

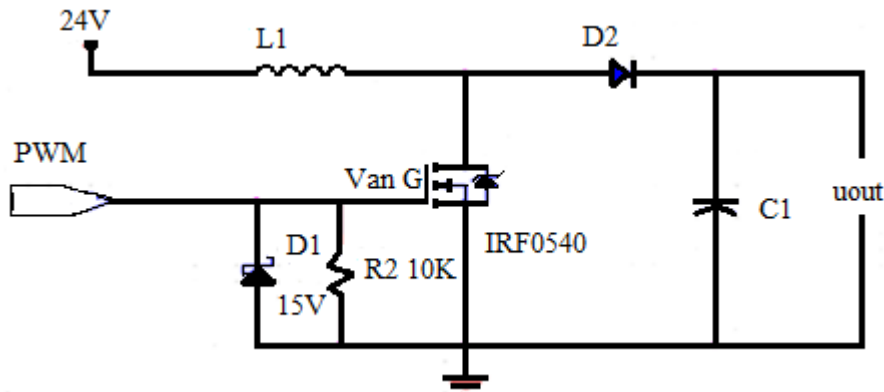


Hình 2.3.4.a- Sơ đồ nguyên lý của mạch điều khiển động cơ DC.

Đây là mạch đơn giản điều khiển động cơ. Nếu muốn điều khiển động cơ quay thuận quay ngược thì phải dùng đến cầu H.

2.3.4.2. PWN trong các bộ biến đổi xung áp.

Trong các bộ biến đổi xung áp thì PWM đặc biệt quan trọng trong việc điều chỉnh dòng điện và điện áp ra tải. Bộ biến đổi xung áp có nhiều loại như là biến đổi xung áp nối tiếp và bộ biến đổi xung áp song song. Đây là một mạch nguyên lý đơn giản trong bộ nguồn Boot đơn giản. Đây chỉ là mạch nguyên lý.



Hình 2.3.4.b- Sơ đồ mạch nguyên lý của mạch nguồn Boot

Đây là nguyên lý của mạch nguồn Boot. Dùng xung điều khiển để tạo tích lũy năng lượng từ trường để tạo điện áp ra tải lớn hơn điện áp vào.

Ngoài những cái trên thì PWM còn được sử dụng trong các bộ chuyển đổi DC - AC , hay trong biến tần, nghịch lưu.

Kết luận: Trong đồ án này em sử dụng phương pháp: "*Tạo PWM bằng phương pháp so sánh*".

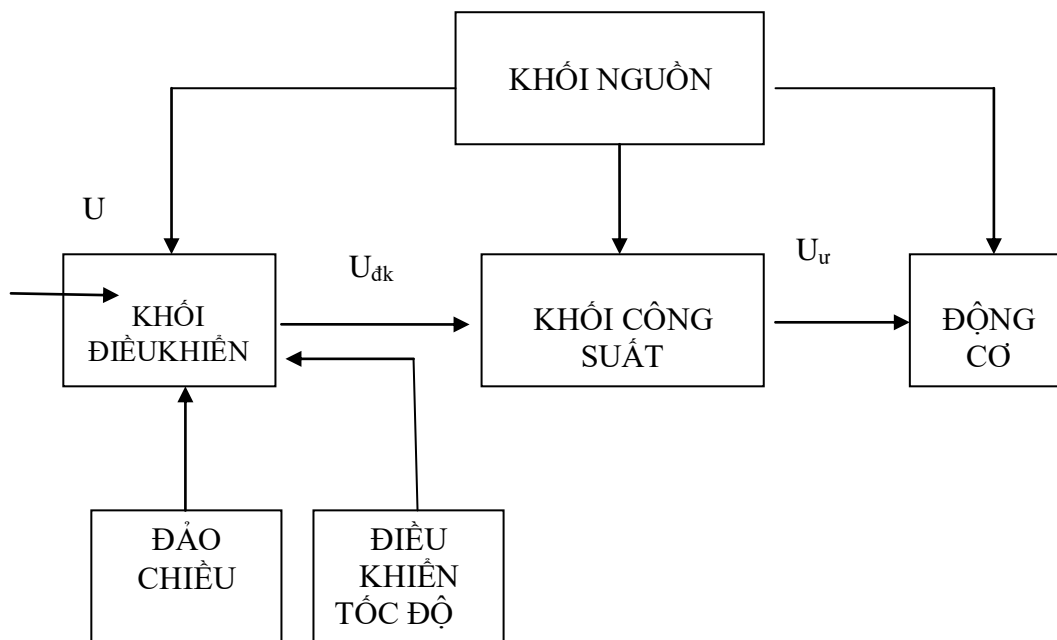
Vì với tần số xác định được là : $f = 1/(ln.C1.(R1+2R2))$.

Nên chỉ cần điều chỉnh R2 là có thể thay đổi độ rộng xung dễ dàng.

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

3.1. SƠ ĐỒ KHỐI.



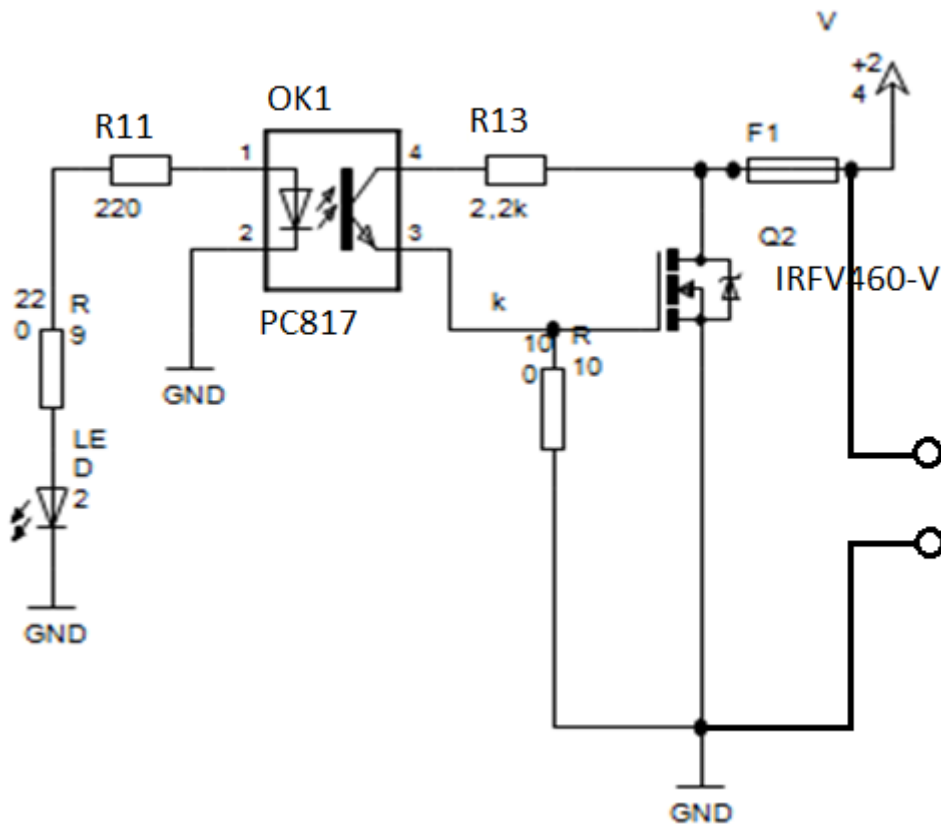
Nguyên lý hoạt động : Khối nguồn cung cấp nguồn điện hoạt động cho toàn mạch bao gồm cả khối điều khiển, khối công suất và động cơ. Trong đó khối điều khiển và khối công suất sử dụng nguồn 12V DC. Động cơ sử dụng nguồn 24V DC. Tất cả đều được lấy chung từ 1 máy biến áp thông qua cầu diode trở thành nguồn 1 chiều.

Khối điều khiển bao gồm 2 phần là phần đảo chiều và phần điều khiển tốc độ động cơ. Khối điều khiển cấp điện áp điều khiển cho khối công suất, khối công suất làm việc theo tín hiệu điều khiển nhận được từ khối điều khiển sau đó điều khiển động cơ

3.2. SƠ ĐỒ ĐỘNG LỰC

3.2.1. Sơ đồ nguyên lý.

Mạch công suất dùng 1 con MOSFET để băm xung cung cấp điện áp đặt vào động cơ. Ngoài ra sử dụng 1 cầu chì để bảo vệ MOSFET .



Hình 3.2.1.a-Sơ đồ nguyên lý mạch lực.

- Mosfet đóng cắt nguồn của động cơ theo tín hiệu xung điện áp nhận được từ mạch điều khiển. Từ đó thay đổi được tốc độ động. Cầu chì có tác dụng bảo vệ cho Mosfet khi có hiện tượng quá áp xảy ra

3.2.2. Tính chọn linh kiện

3.2.2.1. Tính chọn Mosfet

* Thông số động cơ

- Điện áp định mức $U_{dm} = 24V$
- Dòng điện định mức $I_{dm} = 2,5A$
- Tốc độ định mức $n = 4000 \text{ v/p}$
- Công suất định mức $P_{dm} = 30W$
- Dòng làm việc của động cơ $I_{lv} = I_{dm} = 2.5A$
- Dòng điện lúc khởi động $I_{kd} = 2I_{lv} = 2 \times 2.5 = 5A$
- Chọn hệ số an toàn cho mạch là $k_U = 2,5$ và $k_I = 1,5$

*** Từ đó ta tính chọn các thông số của MOSFET**

- Dòng điện làm việc mà van phải chịu là $I_{Iv}(\text{van}) = k_I \cdot I_{kd} = 1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{A}$.

+Ta sẽ chọn van có dòng làm việc đỉnh $I_{Ivdvan} \geq 2 \cdot I_{Iv}(\text{van}) = 2 \cdot 7,5 = 15 \text{A}$

-Điện áp chạy trên van là $U_v = k_U U_{dm} \sqrt{2} = 2,5 \cdot 24 \cdot \sqrt{2} = 84,8 \text{V}$.

Ta sẽ chọn van có $U_{Ivvan} \geq 84,8 \text{V}$

=> Van bán dẫn được chọn là IRF 460N.

Động cơ trong mạch là loại động cơ điện một chiều có công suất là 30W chọn van bán dẫn loại IRF 460N nó có thể đóng ngắt dòng lên đến 37.5A và đóng ngắt với tần số rất cao lên đến 1MHZ sau khi điện áp qua khâu so sánh có dạng xung vuông bằng cách thay đổi giá trị của biến trmà ta có thể thay đổi độ dẫn của MOSFET từ đó thay đổi điện áp đầu ra trên hai đầu động cơ.

*** Một số thông số cơ bản của IRF 460**

	Thông số	Min	Max	Đơn vị	Điều kiện
V_{DSS}	Điện áp đánh thủng	500	-----	V	$V_{GS} = 0 \text{V}$ $I_D = 1.0 \text{mA}$
R_{DS}	Điện trở cực DS	-----	0.27	Ω	$V_{GS} = 10 \text{v}$ $I_D = 14 \text{A}$
V_{SD}	Điện áp trước diode	-----	1,8	V	$I_S = 16 \text{A}$ $V_{GS} = 0 \text{V}$
V_{GS}	Điện áp cực Gate	2,0	4,0	V	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250 \mu\text{A}$
I_{DS}	Dòng D-S cực đại	-----	250	μA	$V_{DS} = 400 \text{V}$ $V_{GS} = 0$
P	Công suất cực đại	-----	300	W	-----

3.2.2.2 Tính chọn cầu chì.

$$I_{cc} \geq (I_{kd} / C)$$

với

I_{kd} : dòng điện khởi động lớn nhất của động cơ điện, theo tính toán ở trên ta có

$$I_{kd} = 5A$$

C: Bội số dòng điện mở máy của động cơ có dòng điện mở máy lớn nhất, với động cơ ta sử dụng có thời gian khởi động ngắn ($3 \div 10$)s nhẹ nhàng ta chọn bội số $C=2,5$.

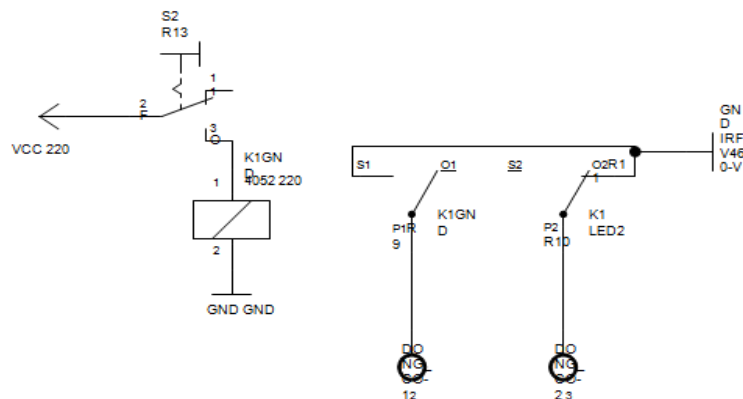
$$\Rightarrow I_{cc} \geq 5 \cdot 2,5 = 12,5 A.$$

Vậy ta chọn cầu chì có $I_{cc} \geq 12,5A$.

3.3. MẠCH ĐIỀU KHIỂN.

3.3.1. Mạch đảo chiều động cơ.

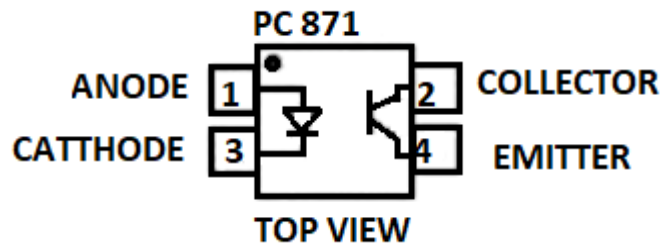
Sử dụng rơle với 2 công tắc được điều khiển bởi cuộn hút thông qua công tắc gạt.



Hình 3.3.1- Sơ đồ nguyên lý mạch đảo chiều động cơ. *Nguyên Lý hoạt động:
Khi ta gạt công tắc, có dòng điện chạy qua rơ le, dòng điện này sẽ chạy qua cuộn dây bên trong và tạo ra một từ trường hút. Từ trường hút này tác động lên một đòn bẩy bên trong làm đóng hoặc mở các tiếp điểm điện và như thế sẽ làm thay đổi trạng thái của rơ le. Số tiếp điểm điện bị thay đổi trong trường hợp này là 2. Mỗi lần gạt công tắc sẽ làm dòng điện chạy trong động cơ sẽ khác nhau, từ âm sang dương hoặc từ dương sang âm và từ đó chiều động cơ cũng được thay đổi.

* Giới thiệu về OPTO

IC Opto (loại PC817C)



Hình 3.2.1.b- Hình ảnh opto trong các bản vẽ.

Opto là loại linh kiện tích hợp có cấu tạo gồm một led và một photo diode hay một photo transistor. Được sử dụng để cách ly giữa các khối chênh lệch nhau về điện hay công suất như khối công suất nhỏ (dòng nhỏ, điện áp 5V) với khối điện áp lớn dòng lớn và áp lớn.

Nguyên lý hoạt động của opto là: Khi đặt điện áp 5v vào chân 1,2 của opto làm cho led sáng xảy ra hiệu ứng quang điện làm cho 2 chân 3 và 4 thông nhau. Dòng điện chân 4 sẽ qua chân 3 của opto. Nhờ vậy tín hiệu 2 mạch là mạch lực và mạch điều khiển liên lạc được với nhau mà vẫn đảm bảo cách ly về mặt dòng điện điện áp giữa 2 khối

3.3.2. Mạch điều khiển tốc độ động cơ.

3.3.2.1. Khâu tạo dao động và tạo điện áp.

Chu kỳ xung tam giác $T=4RC \frac{R_1}{R_2}$

Ở đây ta chọn tần số băm xung $f=500\text{Hz}$ phù hợp với yêu cầu tải động cơ

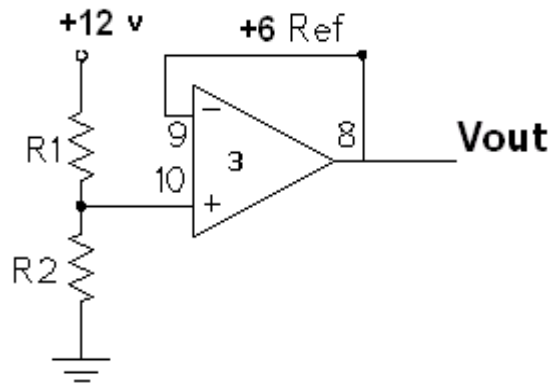
-Ta có $T=1/f=1/500=2(\text{ms})$

Vậy ta có: $T=4RC \frac{R_1}{R_2}=2.10^{-3}$

-Chọn : $R_1=R_2=47k \Omega$, chän $C=0,001\mu\text{F}$

$\Rightarrow R=100 k \Omega$

-.Mạch lắp.



Hình 3.3.2.a-Mạch lặp.

Mạch lặp có chức năng ổn định điện áp đầu ra lấy từ cầu phân áp đưa vào đầu vào không đảo của ic khuếch đại thuật toán

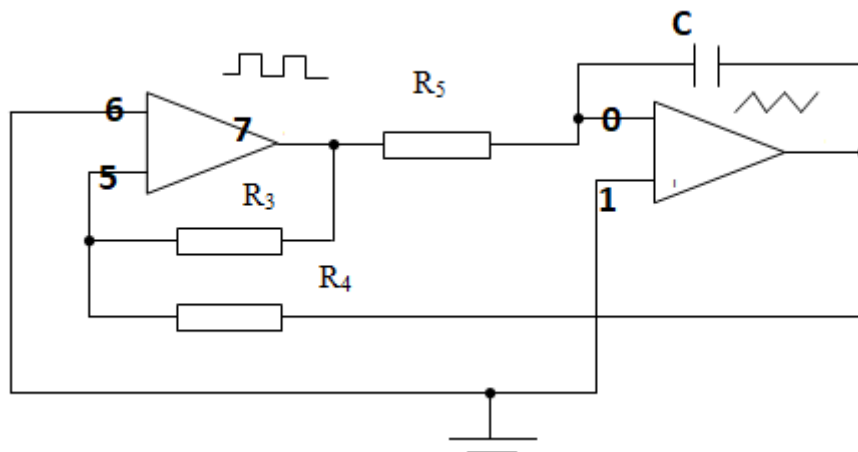
.Ta có:

$$-V_{out}=[R_2/(R_1+R_2)]*V_{in}$$

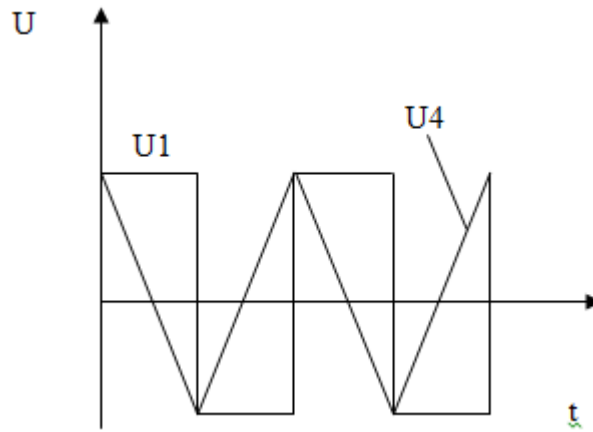
$R_1=R_2=100K$ nên :

$$-V_{out}=[R_2/2R_2]*V_{in} = V_{in}/2=12v/2v=6V$$

3.3.2.2.Khâu tạo xung vuông và điện áp răng cưa



Hình 3.3.2.b- Mạch tạo xung vuông và điện áp răng cưa



Hình 3.3.2.c-Dạng sóng sau khi qua khâu tạo xung

Tạo điện áp răng cưa bằng cách tích phân xung vuông ở OA1. Xung vuông có thể tạo bằng nhiều cách khác nhau. Tích phân xung này chính là quá trình xả, nạp tụ. Nếu điện áp vào khâu tích phân không đối xứng có thể xuất hiện sai số đáng kể.

Điện áp răng cưa trên mang tính phi tuyến cao. Điện áp răng cưa sẽ nhận được tuyến tính hơn khi sử dụng sơ đồ 1. Khuếch đại OA1 có hồi tiếp dương bằng điện trở R3, đầu ra có trị số điện áp nguồn và dấu phụ thuộc hiệu điện áp hai công V+ và V-

Đầu vào V+ có hai tín hiệu: Một tín hiệu không đổi lấy từ đầu ra của đoạn OA1, một tín hiệu biến thiên lấy từ đầu ra của OA4. Điện áp chuẩn để so sánh để quyết định đổi điện áp ra của OA1 là trung tính vào V-. Giả sử đầu ra của OA1 dương, $U1 > 0$ khuếch đại OA2, tích phân đảo dấu cho điện áp có phần đi xuống của điện áp răng cưa. Sườn xuống của điện áp tựa tới lúc điện áp vào R3, R5 trái dấu tới khi nào $V+ = 0$ đầu ra của OA1 đổi dấu thành âm. Chu kỳ điện áp ra của OA1 cứ luân phiên đổi dấu như vậy cho ta điện áp ra như hình 2. Tần số điện áp răng cưa được tính:

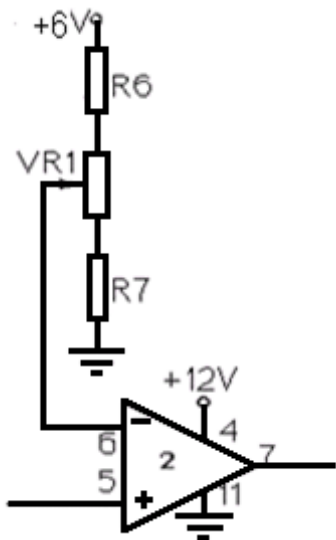
$$f = \frac{1}{4 \cdot R_3 \cdot C_4 \cdot \frac{R_4}{R_5}}$$

Bằng cách chọn các trị số của điện trở và tụ điện ta có được điện áp tựa có Chu kỳ như mong muốn.

$$\text{Chu kỳ là: } T = 4 \cdot R_3 \cdot C_4 \cdot \frac{R_4}{R_5}$$

Điện áp ra là: $U_r = U_{\max} \cdot \frac{R_4}{R_3}$

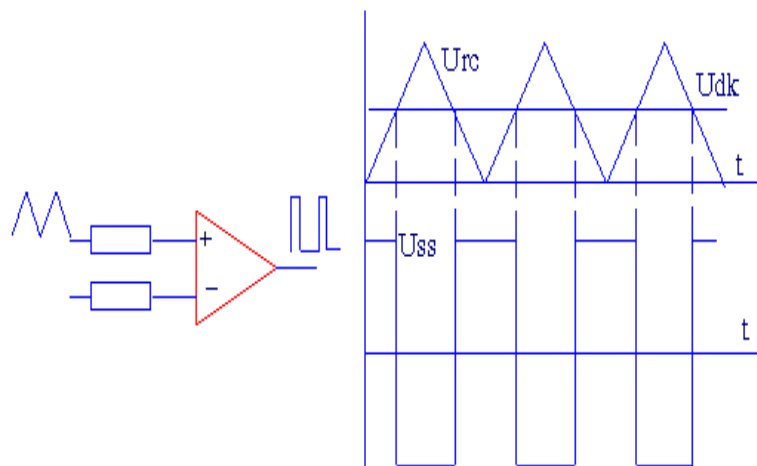
3.3.2.3. Khâu so sánh điện áp.



Hình 3.3.2.d- Mạch so sánh điện áp.

-Đây thực chất là một bộ cộng đảo dấu.

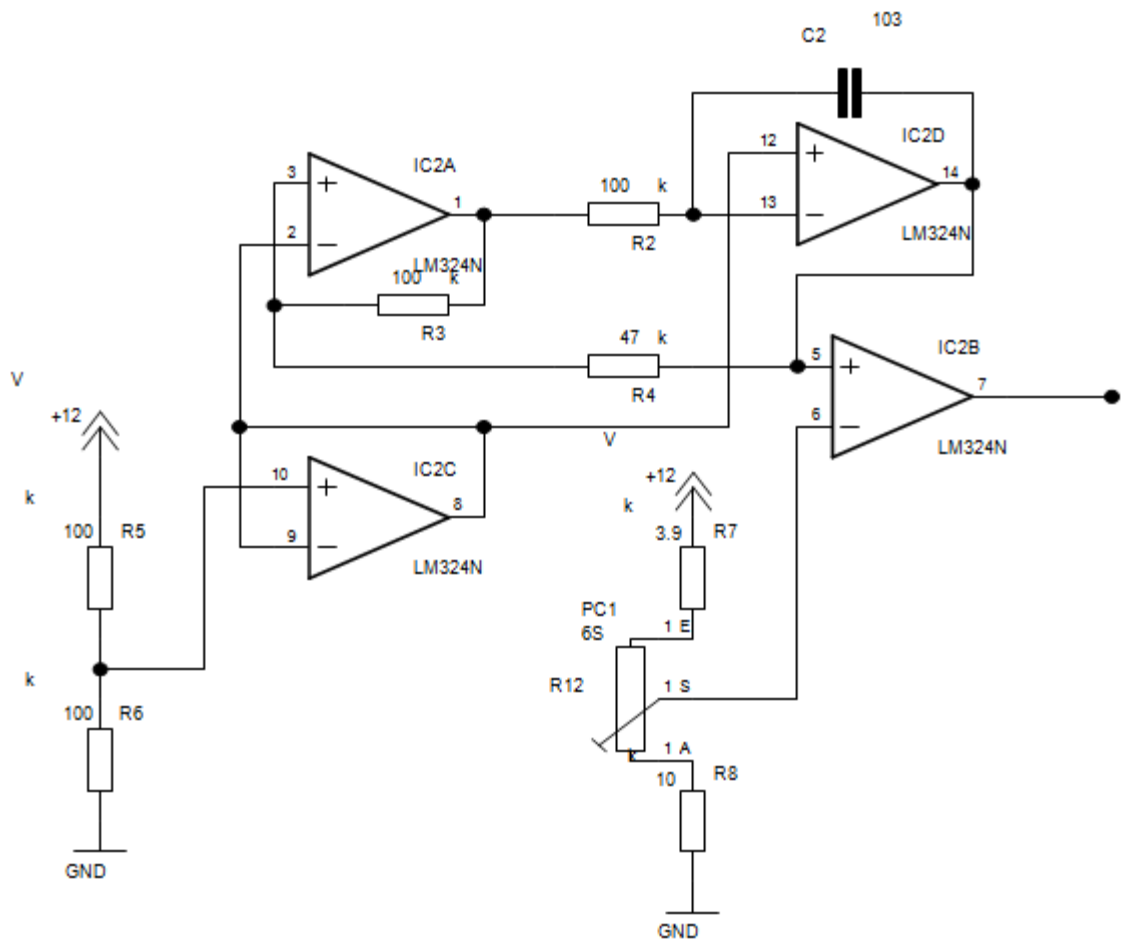
Khi đó: $U_{ss1} = -U_{ss2}$.



Hình 3.3.2.e- Đồ thị so sánh điện U_{dk} với U_{rc} .

Tương tự như các mạch so sánh thường gặp. Khâu so sánh của PWM báo hiệu sự cân bằng giữa điện áp cần so sánh và điện áp chuẩn từ đó xác định thời điểm mở và khóa van bán dẫn. Đầu vào của khâu này gồm có hai tín hiệu, điện áp tựa (điện áp tam giác) và điện áp một chiều làm điện áp điều khiển như hình 3.2.2.e

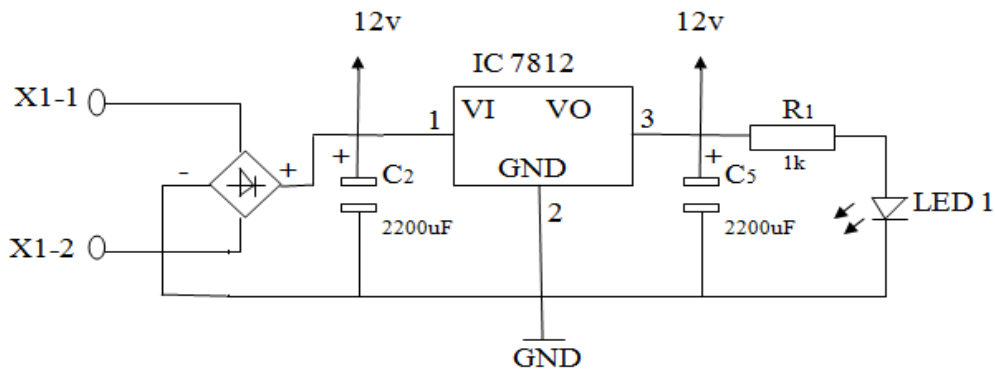
Từ hình 3.2.2.e thấy rằng trong mỗi chu kỳ điện áp tựa có hai thời điểm điện áp tựa bằng điện áp điều khiển. Tại các thời điểm đó, đầu ra của khâu so sánh đổi dấu chẳng hạn điện áp đang ở mức dương sẽ chuyển sang mức âm và ngược lại. Tương ứng với các thời điểm đột biến điện áp đầu ra của khâu so sánh cần có lệnh mở hoặc khóa van bán dẫn mà ở đây chính là điều khiển đóng ngắt IRF 460. Bằng cách điều chỉnh biến trở để U_{dk} thay đổi ta được dạng xung đầu ra thay đổi tương ứng điện áp sẽ thay đổi.



Hình 3.3.2.d- Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển.

Để thay đổi tốc độ động cơ thì ta thay đổi U_{dk} thông qua chiết áp. Khi U_{dk} thay đổi làm cho γ thay đổi và độ rộng xung thay đổi.

3.3.3: Khối nguồn.



Hình 3.3.2.d- Khối nguồn.

*Nguyên lý hoạt động của khối nguồn

Điện áp xoay chiều đưa qua MBA ra 12v xoay chiều. Được chỉnh lưu cầu B2 cho ra điện áp 12v một chiều cấp cho toàn mạch điện. IC4 7812 ổn áp ra 12v một chiều cấp cho khối điều khiển tạo xung. Tụ điện để lọc điện và san phẳng điện 1 chiều, hạn chế nhiễu cho mạch.

Ngoài ra còn sử dụng 1 chỉnh lưu cầu nữa được lấy ra từ nguồn 24v của máy biến áp chạy cho động cơ.

3.3.4 : Nguyên lý hoạt động của toàn mạch

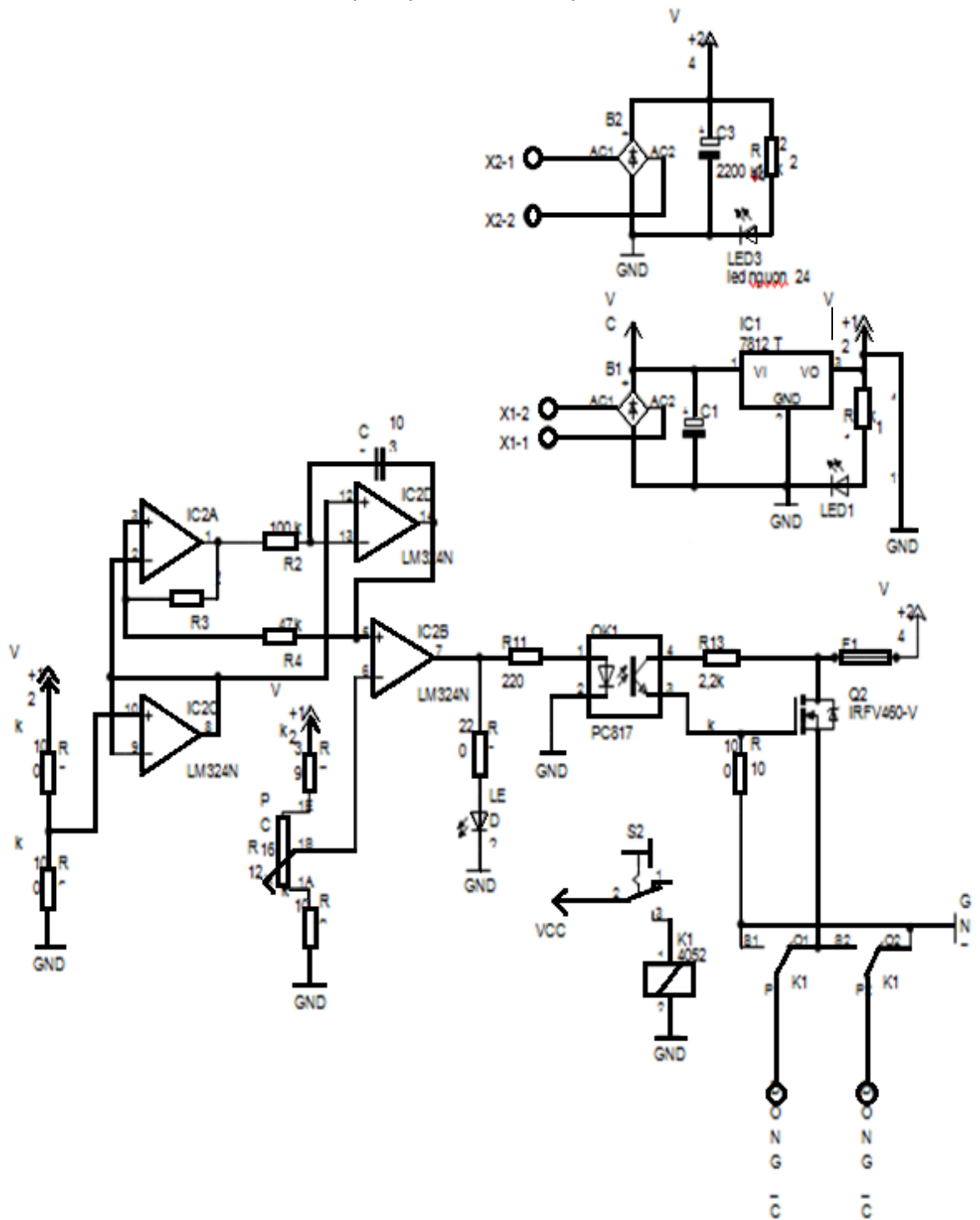
-LM324 tạo và băm xung PWM tùy chỉnh độ rộng xung thông qua biến trở và đưa xung vào kích mở FET.

-Role có nhiệm vụ đảo chiều động cơ bằng cách thay đổi cực nguồn 1 chiều vào động cơ.

-FET được kích mở bằng xung PWM làm thay đổi điện áp trung bình đặt vào động cơ làm thay đổi vận tốc của động cơ.

Kết luận. Sau khi tìm hiểu thiết kế từng khối trong hệ thống điều khiển tốc độ động cơ 1 chiều , em xin tổng hợp sơ đồ các khối bao gồm khối nguồn ,khối điều khiển ,khối công suất và khối động cơ thành một sơ đồ toàn mạch như sau:

SƠ ĐỒ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU.



Sơ đồ nguyên lý toàn mạch

KẾT LUẬN

Trong suốt quá trình thực hiện đề tài này, với nhiều cố gắng và nỗ lực của chúng em cùng với sự hướng dẫn, chỉ bảo tận tình của thầy "*Thân Ngọc Hoàn*" em đã hoàn thành đề tài này. Tuy nhiên cũng còn một số hạn chế trong khâu thiết kế. Qua quá trình thực hiện đề tài này chúng em đã học hỏi được rất nhiều vấn đề bổ ích, về các phương pháp điều khiển động cơ nghiên cứu tổng quan về truyền động điện một chiều, và thiết kế được mạch động cơ điện một có đảo chiều và điều khiển tốc độ động cơ. Do khả năng hiểu biết còn hạn chế, nên còn nhiều vấn đề em chưa đưa vào được trong thiết kế đồ án của mình. Em mong được sự chỉ bảo góp ý của các thầy cô cùng các bạn để bản đồ án của em được hoàn thiện hơn vấn đề đặt ra cho em phải tìm hiểu và khắc phục những khúc mắc trong quá trình thực hiện. Đây là một hành trang quý báu cho những sinh viên bước vào cuộc sống nghề nghiệp sau này.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng trong quá trình làm đồ án, song do hạn chế về kiến thức và khả năng nên không thể tránh khỏi có những sai sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy và các bạn để đồ án của em hoàn chỉnh hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày tháng năm

Sinh viên thực hiện

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Quốc Khánh – Nguyễn Văn Liễn – Nguyễn Thị Hiền(2001)
Truyền động điện - Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật – Hà Nội.
2. Vũ Gia Hanh – Trần Khánh Hà - Phan Tử Thụ – Nguyễn Văn Sáu(1998)
Máy điện I, II - Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật – Hà Nội.
3. BùiQuốcKhánh–NguyễnVănLiễn–PhạmQuốcHải–ĐươngVănNghị(2006)
Điều chỉnh tự động truyền động điện - Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật .
4. Võ Minh Chính – Phạm Quốc Hải – Trần Trọng Minh(2004)
Điện tử công suất - Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật – Hà Nội.
5. Nguyễn Bính(1993)
Điện tử công suất – Hà Nội.
6. GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn (2005)
Máy điện – Nhà xuất bản xây dựng.
7. Trang
web;<http://hoiquandient.com>
<http://tailieu.vn>