

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay với sự phát triển không ngừng của nền khoa học kỹ thuật đã tạo ra những thành tựu to lớn, trong đó ngành tự động hóa cũng góp phần không nhỏ vào thành công đó. Một trong những vấn đề quan trọng trong các dây truyền tự động hoá sản xuất hiện đại là việc điều chỉnh tốc độ động cơ. Từ trước đến nay, động cơ một chiều vẫn luôn là loại động cơ được sử dụng rộng rãi kể cả trong những hệ thống yêu cầu cao. Vì vậy em đã được giao đề tài tốt nghiệp là: **“Xây dựng hệ truyền động điện động cơ một chiều sử dụng bộ điều khiển PID”**. Nội dung đề tài được chia làm 3 chương:

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

Chương 2. Xây dựng mô hình hệ truyền động điện một chiều trên Matlab và Simulink

Chương 3. Xây dựng mô hình vật lý bộ điều khiển PID điều khiển động cơ điện một chiều

Trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp, em luôn nhận được sự hướng dẫn, chỉ bảo tận tình và cung cấp những tài liệu cần thiết của thầy giáo **GS TSKH Thân Ngọc Hoàn**. Em xin gửi tới hai thầy lời cảm ơn chân thành. Tuy nhiên, do thời gian và giới hạn của đề án cùng với phạm vi nghiên cứu tài liệu với kinh nghiệm và kiến thức còn hạn chế nên bản đề án này không tránh khỏi những thiếu sót rất mong sự đóng góp ý kiến của thầy cô để bản đề án của em được hoàn thiện hơn.

Sinh viên thực hiện

Lưu Đức Trường

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

1.1. TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

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

a. Cấu tạo của động cơ điện một chiều

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

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

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

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

+) Cực từ phụ: Cực từ phụ được đặt trên các cực từ chính. Lõi thép của cực từ phụ thường làm bằng thép khối và trên thân cực từ phụ có đặt dây quấn mà cấu tạo giống như dây quấn cực từ chính. Cực từ phụ được gắn vào vỏ máy nhờ những bulông.

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

+) Các bộ phận khác:

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

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

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

+) Phần sinh ra sức điện động gồm có:

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

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

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

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

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

+) Dây quấn phần ứng: Dây quấn phần ứng là phần phát sinh ra suất điện động và có dòng điện chạy qua, dây quấn phần ứng thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Trong máy điện nhỏ có công suất dưới vài Kw thường dùng dây có tiết diện tròn. Trong máy điện vừa và lớn thường dùng dây tiết diện chữ nhật, dây quấn được cách điện cẩn thận với rãnh của lõi thép.

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

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

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

- Phân loại động cơ điện một chiều

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

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

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

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

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

- Ưu nhược điểm của động cơ điện một chiều

Do tính ưu việt của hệ thống điện xoay chiều: dễ sản xuất, dễ truyền tải..., cả máy phát và động cơ điện xoay chiều đều có cấu tạo đơn giản và công suất lớn, dễ vận hành... mà máy điện (động cơ điện) xoay chiều ngày càng được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Tuy nhiên động cơ điện một chiều vẫn giữ một vị trí

nhất định trong công nghiệp giao thông vận tải, và nói chung ở các thiết bị cần điều khiển tốc độ quay liên tục trong phạm vi rộng (như trong máy cán thép, máy công cụ lớn, đầu máy điện...). Mặc dù so với động cơ không đồng bộ để chế tạo động cơ điện một chiều cùng cỡ thì giá thành đắt hơn do sử dụng nhiều kim loại màu hơn, chế tạo bảo quản cở góp phức tạp hơn. Nhưng do những ưu điểm của nó mà máy điện một chiều vẫn không thể thiếu trong nền sản xuất hiện đại.

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

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

1.1.2. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều

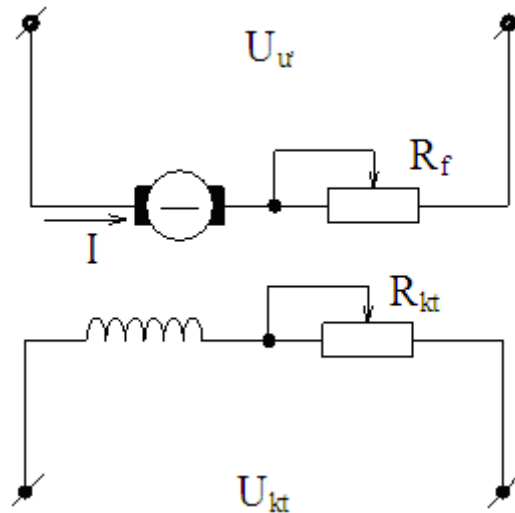
a. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

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

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

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

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



Hình 1.1: Sơ đồ nối dây của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Ta có phương trình cân bằng điện áp của mạch phần ứng như sau:

$$U_u = E_u + (R_u + R_f)I_u \quad (1.1)$$

Trong đó:

U_u : Điện áp phần ứng, V

E_u : Sức điện động phần ứng, V

R_u : Điện trở mạch phần ứng, Ω

I_u : Dòng điện của mạch phần ứng, A

Với: $R_u = r_u + r_{cf} + r_b + r_{ct}$

r_u : Điện trở cuộn dây phần ứng

r_{cf} : Điện trở cuộn dây cực từ phụ

r_{ct} : Điện trở tiếp xúc cuộn bù

Sức điện động E_u của phần ứng động cơ được xác định theo biểu thức:

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

Trong đó:

P: Số đôi cực từ chính

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

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

ϕ : Từ thông kích từ dưới một cực từ

ω : Tốc độ góc (rad/s)

$$K = \frac{P \cdot N}{2\pi a} : \text{Hệ số cấu tạo của động cơ}$$

Từ (1.1) và (1.2) ta có:

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

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

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

$$M_{dt} = K \cdot \phi \cdot I_r \quad (1.4)$$

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

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

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

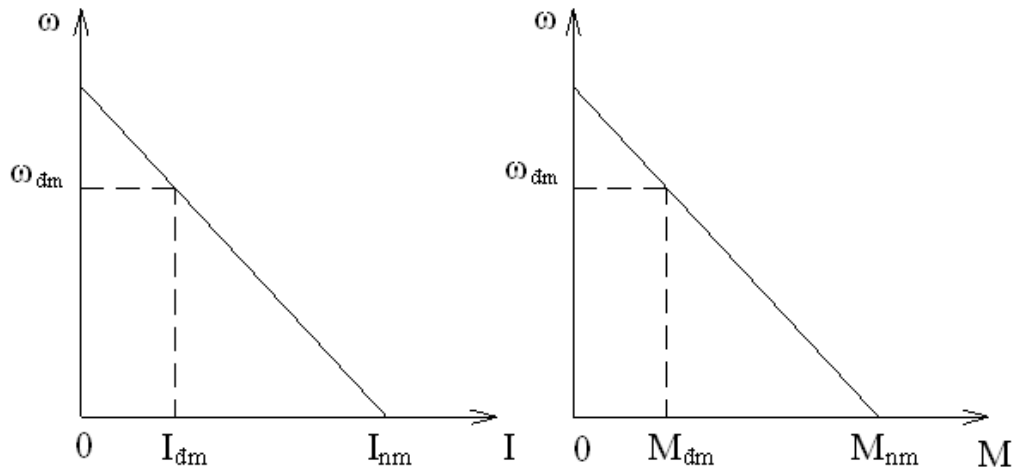
$$\omega = \frac{U_u}{K \cdot \Phi} - \frac{R_u + R_f}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M \quad (1.6)$$

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

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

Theo các đồ thị, khi $I_r = 0$ hoặc $M = 0$ ta có: $\omega = \frac{U}{K \cdot \Phi} = \omega_0$

ω_0 được gọi là tốc độ không tải lý tưởng của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.



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

Khi $\omega = 0$ ta có:

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

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

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

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

$$\omega = \frac{U}{K \cdot \Phi} - \frac{R}{K \cdot \Phi} \cdot I = \omega_0 - \Delta\omega \quad (1.9)$$

$$\omega = \frac{U}{K \cdot \Phi} - \frac{R}{(K \cdot \Phi)^2} \cdot M = \omega_0 - \Delta\omega \quad (1.10)$$

Trong đó:

$$R = R_u + R_f,$$

$$\omega_0 = \frac{U}{K \cdot \Phi}$$

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

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

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

- Phương pháp thay đổi điện trở phần ứng

- Phương pháp thay đổi từ thông Φ
- Phương pháp thay đổi điện áp phản ứng

1.2.1. Phương pháp thay đổi điện trở phản ứng

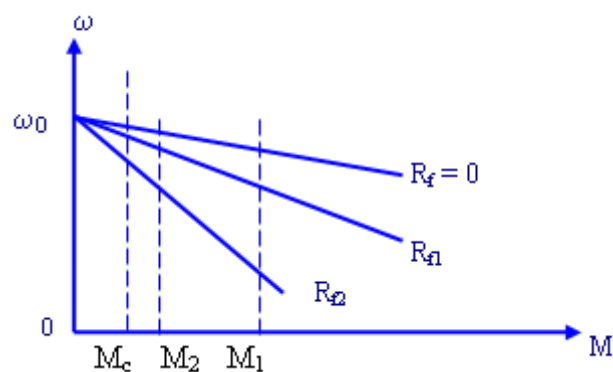
- Đây là phương pháp thường dùng để điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều

+) Nguyên lý điều khiển: Trong phương pháp này người ta giữ $U = U_{dm}$, $\Phi = \Phi_{dm}$ và nối thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng để tăng điện trở phản ứng[3].

Độ cứng của đường đặc tính cơ:

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

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



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

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

- Đặc điểm của phương pháp:

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

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

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

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

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

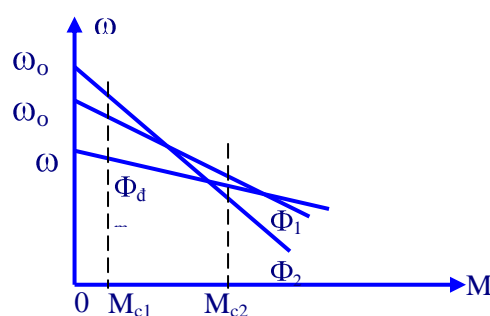
1.2.2. Phương pháp thay đổi từ thông Φ

- Nguyên lý điều khiển:

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

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

$\omega_o = \frac{U_{dm}}{k\Phi}$ tăng, còn độ cứng đặc tính cơ $\beta = -\frac{d\omega}{dM} = \frac{2\Phi}{R_u}$ giảm, ta thu được họ đặc tính cơ nằm trên đặc tính cơ tự nhiên[3].



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

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

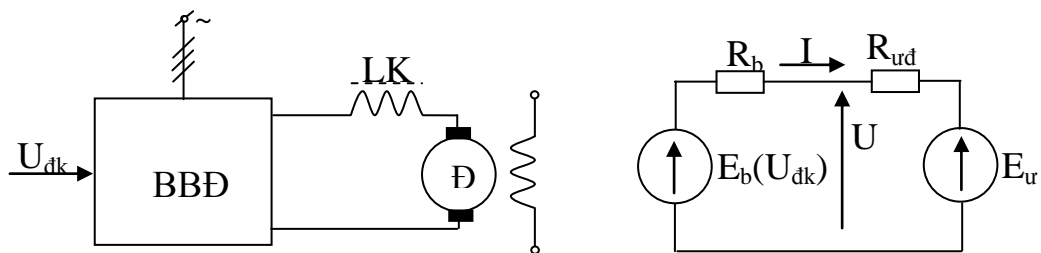
- Đặc điểm của phương pháp:

- +) Phương pháp này có thể thay đổi tốc độ về phía tăng.
- +) Phương pháp này chỉ điều khiển ở vùng tải không quá lớn so với định mức, việc thay đổi từ thông không làm thay đổi dòng điện ngắn mạch.
- +) Việc điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông là phương pháp điều khiển với công suất không đổi.
- +) Đánh giá các chỉ tiêu điều khiển: Sai số tốc độ lớn, đặc tính điều khiển nằm trên và dốc hơn đặc tính tự nhiên. Dải điều khiển phụ thuộc vào phần cơ của máy. Có thể điều khiển trơn trong dải điều chỉnh $D = 3 : 1$. Vì công suất của cuộn dây kích từ bé, dòng điện kích từ nhỏ nên ta có thể điều khiển liên tục với $\Phi \approx 1$.
- +) Phương pháp này được áp dụng tương đối phổ biến, có thể thay đổi liên tục và kinh tế (vì việc điều chỉnh tốc độ thực hiện ở mạch kích từ với dòng kích từ $(1 \div 10)\% I_{dm}$ của phần ứng nên tổn hao điều chỉnh thấp).

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

1.2.3. Phương pháp thay đổi điện áp phần ứng

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



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

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

$$E_b - E_u = I_u(R_b + R_{ud}) \quad (1.12)$$

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

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

- Vì từ thông của động cơ được giữ không đổi nên độ cứng đặc tính cơ cũng không đổi, còn tốc độ không tải lý tưởng thì tùy thuộc vào giá trị điện áp điều khiển U_{dk} của hệ thống, do đó có thể nói phương pháp điều chỉnh này là triệt để.

Để xác định giải điều chỉnh tốc độ ta để ý rằng tốc độ lớn nhất của hệ thống bị chặn bởi đặc tính cơ cơ bản, là đặc tính ứng với điện áp phản ứng định mức và từ thông cũng được giữ ở giá trị định mức. Tốc độ nhỏ nhất của dải điều chỉnh bị giới hạn bởi yêu cầu về sai số tốc độ và về mômen khởi động. Khi mômen tải là định mức thì các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của tốc độ là:

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

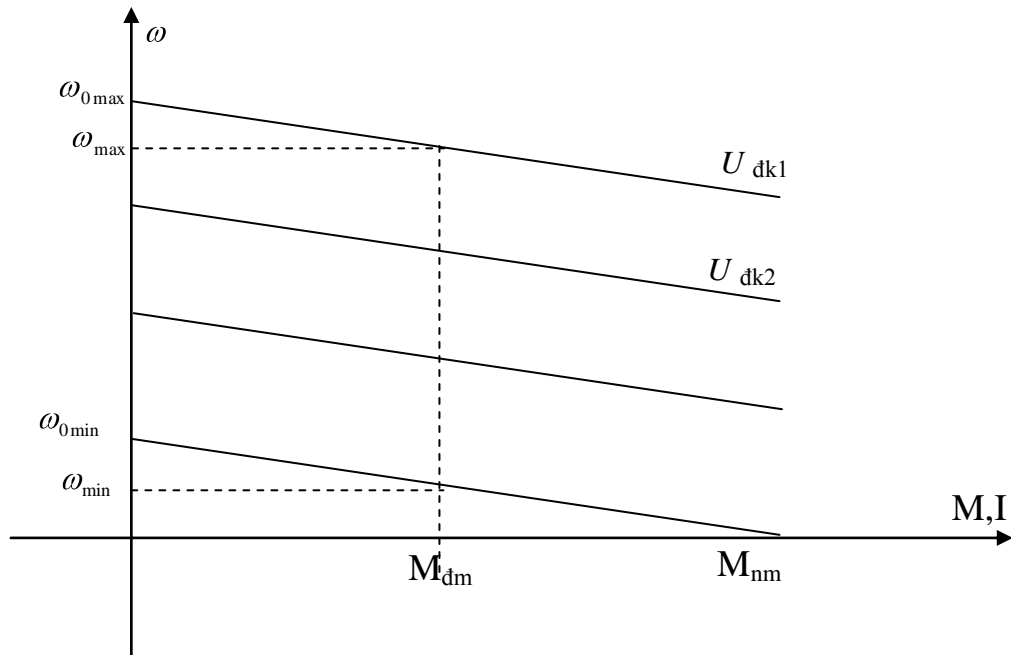
$$\omega_{\min} = \omega_{o\min} - \frac{M_{dm}}{|\beta|} \quad (1.16)$$

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

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

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

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



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

- Với một cơ cấu máy cụ thể thì các giá trị ω_{0max} , 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 phản ứng động cơ bằng các thiết bị nguồn điều chỉnh thì điện trở tổng mạch phản ứng gấp khoảng hai lần điện trở phản ứng động cơ. Do đó có

$$\text{thể tính sơ bộ được: } \omega_{o_{max}} \cdot |\beta| \frac{1}{M_{dm}} \leq 10$$

Vì thế tải có đặc tính mômen không đổi thì giá trị phạm vi điều chỉnh tốc độ cũng không vượt quá 10. Đối với các máy có yêu cầu cao về dải điều chỉnh và độ chính xác duy trì tốc độ làm việc thì việc sử dụng các hệ thống 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 phản ứng thì độ cứng có đặc tính cơ trong toàn dải là như nhau, do đó độ sụt tốc tương đối sẽ đạt giá trị lớn nhất tại đặc tính thấp nhất của dải điều chỉnh. Hay nói cách khác, nếu tại đặc tính cơ thấp nhất của dải điều chỉnh mà sai số tốc độ không vượt quá giá trị sai số cho phép, thì hệ truyền động sẽ làm việc với sai số luôn nhỏ hơn sai số cho phép trong toàn bộ dải điều chỉnh. Sai số tương đối của tốc độ ở đặc tính cơ thấp nhất là:

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

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

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

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

1.3. GIỚI THIỆU MỘT SỐ HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

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

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

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

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

Tính chất của máy phát điện được xác định bởi hai đặc tính: Đặc tính từ hoá là sự phụ thuộc giữa sức điện động máy phát vào dòng điện kích từ và đặc tính tải là sự phụ thuộc của điện áp trên hai cực của máy phát vào dòng điện tải. Các đặc tính này nói chung là phi tuyến do tính chất của lõi sắt, do các phản ứng của dòng điện phần ứng ... trong tính toán gần đúng có thể tuyến tính hoá các đặc tính này:

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

Trong đó:

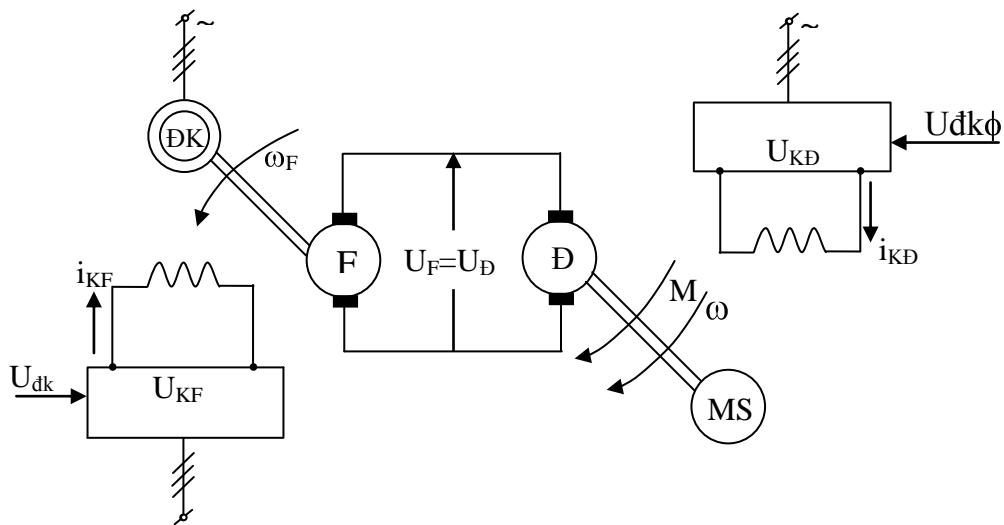
K_F : là hệ số kết cấu của máy phát

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

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

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

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



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

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

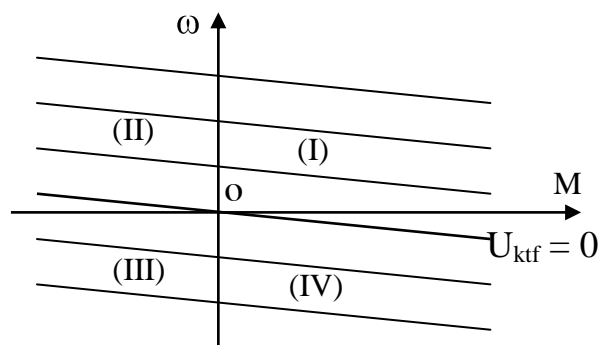
$$\omega = \frac{K_F}{K\Phi} U_{KF} - \frac{RI}{K\Phi} \quad (1.22)$$

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

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

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

- Các chế độ làm việc của hệ F- Đ



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

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

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

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

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

$$P_{cơ} = M \cdot \omega > 0$$

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

+) Vùng hãm tái sinh nằm ở góc phần tư thứ II và thứ IV, lúc này do $|\omega| > |\omega_0|$ nên $|E| > |E_F|$, mặc dù E, E_F mắc ngược nhau, nhưng dòng điện phản ứng lại chạy ngược từ động cơ về máy phát làm cho mômen quay ngược chiều tốc độ quay.

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

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

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

$$P_{cơ} = M \cdot \omega < 0$$

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

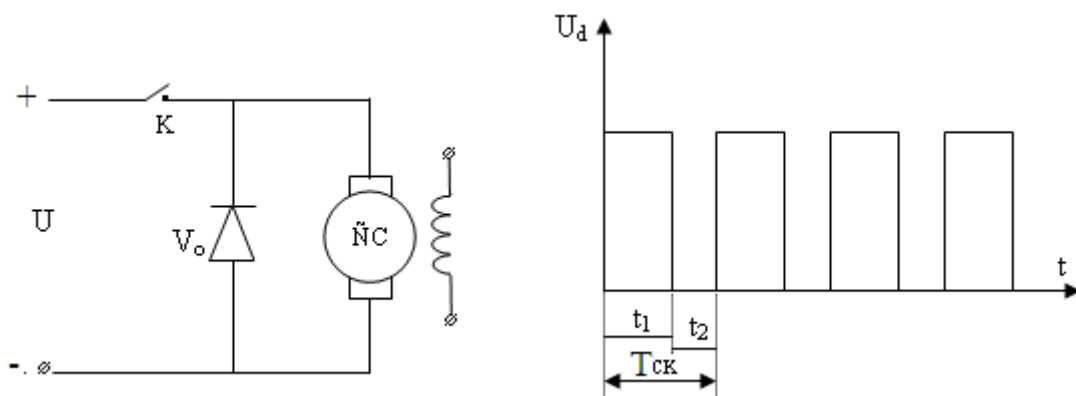
- Đặc điểm của hệ F - Đ:

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

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

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

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



Hình 1.9: Sơ đồ nguyên lý và giản đồ xung

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

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

Trong đó:

t_1 : Là thời gian khóa ở trạng thái đóng

t_2 : Là thời gian khóa ở trạng thái mở

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

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

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

- Đặc tính điều chỉnh của hệ XA - ĐC

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

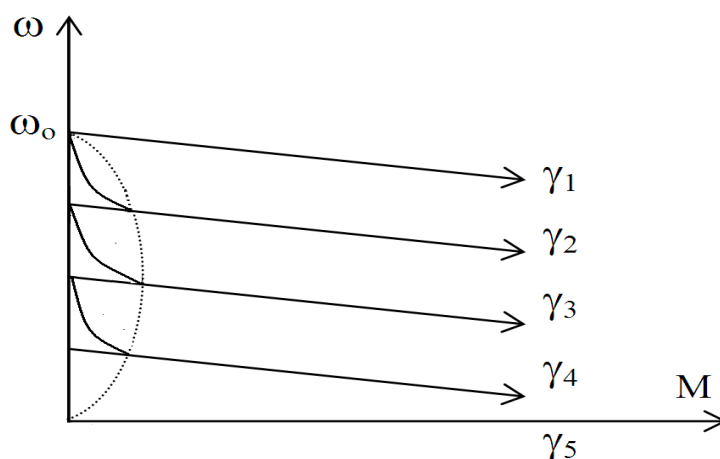
$$\omega = \frac{\gamma \cdot U}{K \cdot \Phi_{dm}} - \frac{R_{\ddot{o}} + R_{bd}}{(K \cdot \Phi_{dm})^2} \cdot M \quad (1.27)$$

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

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

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

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



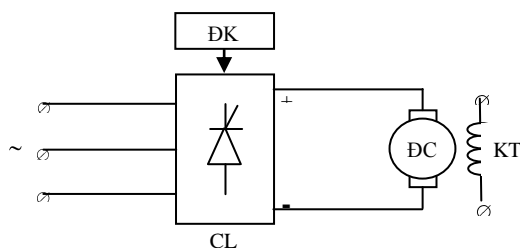
Hình 1.10: Đặc tính cơ của hệ

- Nhận xét:

- +) Tất cả đặc tính điều chỉnh của hệ XA – ĐC khi dòng điện gián đoạn đều có chung một giá trị không tải lí tưởng, chỉ ngoại trừ trường hợp $\gamma = 0$.
- +) Bộ nguồn xung áp cần ít van dẫn nên vốn đầu tư ít, hệ đơn giản chắc chắn.
- +) Độ cứng của đặc tính cơ lớn.
- +) Điện áp dạng xung nên gây ra tổn thất phụ khá lớn trong động cơ. Khi làm việc ở trạng thái dòng điện gián đoạn thì đặc tính làm việc kém ổn định và tổn thất năng lượng nhiều.

1.3.3. Hệ truyền động chỉnh lưu - động cơ điện một chiều (CL - ĐC)

- Sơ đồ nguyên lý:



Hình 1.11: Sơ đồ nguyên lý của hệ chỉnh lưu - động cơ điện một chiều

Hệ truyền động chỉnh lưu có điều khiển - động cơ điện một chiều (CL - ĐC) có bộ biến đổi là các mạch chỉnh lưu có điều khiển, có sức điện động E_d phụ thuộc vào giá trị của xung điều khiển (tức là phụ thuộc vào góc điều khiển hay góc mở Tiristor)[3].

Điện áp chỉnh lưu U_d (hay E_d) là điện áp không tải ở đầu ra, có dạng đập mạch với số lần đập mạch là n trong một chu kì 2π của điện áp thứ cấp máy biến áp.

+) Với sơ đồ chỉnh lưu hình tia: $n = m$, trong đó m là số pha

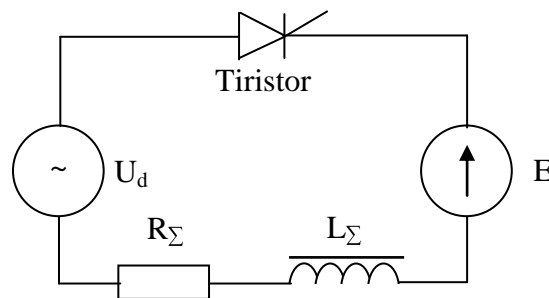
+) Với sơ đồ hình cầu: $n = 2.m$, trong đó m là số pha

Giả sử điện áp thứ cấp của máy biến áp có dạng hình sin với biểu thức là:

$$u_2 = U_{2m} \cdot \sin \omega t = U_{2m} \cdot \sin \theta, \quad (\text{với } \theta = \omega t) \quad (1.29)$$

Trong khoảng $\theta = (0 \div 2\pi)$ thì dạng điện áp và dòng điện lặp lại như chu kì ban đầu nên ta chỉ cần xét trong một chu kì $T = 2\pi$.

- Sơ đồ thay thế của hệ CL – ĐC.



Hình 1.12: Sơ đồ thay thế của hệ chỉnh lưu - động cơ điện một chiều

Khi van dẫn thì ta có phương trình cân bằng điện áp như sau:

$$u_2 - E = I_d \cdot R_{\Sigma} + L_{\Sigma} \cdot \frac{di_d}{dt} \quad (1.30)$$

$$\text{Suy ra: } U_{2m} \cdot \sin \theta - E = i_d \cdot R_{\Sigma} + L_{\Sigma} \cdot \frac{di_d}{dt} \quad (1.31)$$

Trong đó:

$$R_{\Sigma} = R_{ba} + R_r + R_k$$

$$L_{\Sigma} = L_{ba} + L_r + L_k$$

$$\text{Với: } R_{ba} = R_2 + R_1 \cdot \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 \quad (1.32)$$

$$L_{ba} = L_2 + L_1 \cdot \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2 \quad (1.33)$$

- Trạng thái dòng liên tục

Ở trạng thái dòng liên tục, khi van này chưa khóa thì van kế tiếp đã mở, việc mở van kế tiếp là điều kiện cần để khóa van đang dẫn. Do vậy, điện áp của chỉnh lưu sẽ có dạng đường bao của điện áp thứ cấp máy biến áp.

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{n}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\alpha+\frac{2\pi}{n}} u_2 \cdot dt = \frac{n}{2\pi} \cdot \int_{\alpha}^{\alpha+\frac{2\pi}{n}} U_{2m} \cdot \sin\theta \cdot d\theta \quad (1.34)$$

$$= \frac{n}{\pi} \cdot \sin\frac{\pi}{n} \cdot U_{2m} \cdot \cos\alpha = U_{do} \cdot \cos\alpha$$

Trong đó:

$$\theta = \omega t$$

$$\alpha = \alpha_o - \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{n}\right): \text{ Là góc mở của van}$$

$$U_{do} = \frac{n}{\pi} \cdot U_{2m} \cdot \sin\frac{\pi}{n}: \text{ Là điện áp một chiều lớn nhất ở đầu ra chỉnh}$$

Lưu ý với $\alpha = 0$

U_{2m} : Là trị biên độ của điện áp thứ cấp máy biến áp

n : Là số lần đập mạch trong một chu kì

+) Bỏ qua sụt áp trên van, ta có phương trình đặc tính cơ như sau :

$$\omega = \frac{U_{do} \cdot \cos\alpha}{K \cdot \Phi_{dm}} - \frac{R_{\Sigma}}{(K \cdot \Phi_{dm})^2} M \quad (1.35)$$

Trong đó:

$$R_{\Sigma} = R_u + R_{kh} + R_{ba} + \frac{n}{2\pi} \cdot X_{ba} + R_v$$

R_u : Là điện trở của phần ứng động cơ

R_{kh} : Là điện trở của cuộn kháng lọc

R_{ba} : Là điện trở của máy biến áp, với $R_{ba} = R_2 + R_1 \cdot \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$

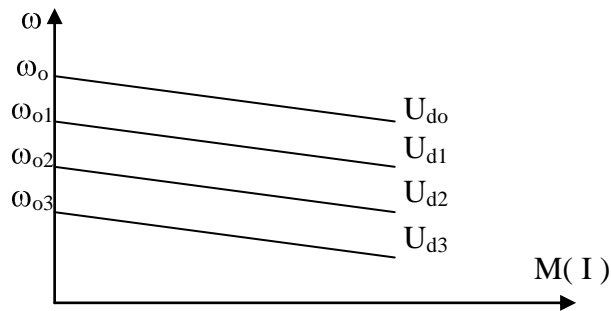
X_{ba} : Là điện kháng máy biến áp, với $X_{ba} = X_2 + X_1 \cdot \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$

R_v : Là điện trở của các van (R_v rất nhỏ có thể bỏ qua)

$\frac{n}{2\pi} \cdot X_{ba}$: Là điện trở đẳng trị do quá trình chuyển mạch

+) Độ cứng của đặc tính cơ:

$$\beta = \frac{dM}{d\omega} \approx \frac{\Delta M}{\Delta \omega} = \frac{(K \cdot \Phi_{dm})^2}{R_{\Sigma}} \quad (1.36)$$



Hình 1.13: Đặc tính cơ của hệ chỉnh lưu - động cơ một chiều khi dòng liên tục
- Trạng thái dòng gián đoạn

Khi điện kháng trong mạch không đủ lớn, nếu sức điện động của động cơ đủ lớn thì dòng điện tải sẽ trở thành gián đoạn. Ở trạng thái này thì dòng qua van bất kì sẽ bằng 0 trước khi van kế tiếp mở. Do vậy trong một khoảng dẫn của van thì sức điện động của chỉnh lưu bằng sức điện động nguồn: $e_d = U_2$, với $0 \leq \theta \leq \lambda$, trong đó λ là khoảng dẫn.

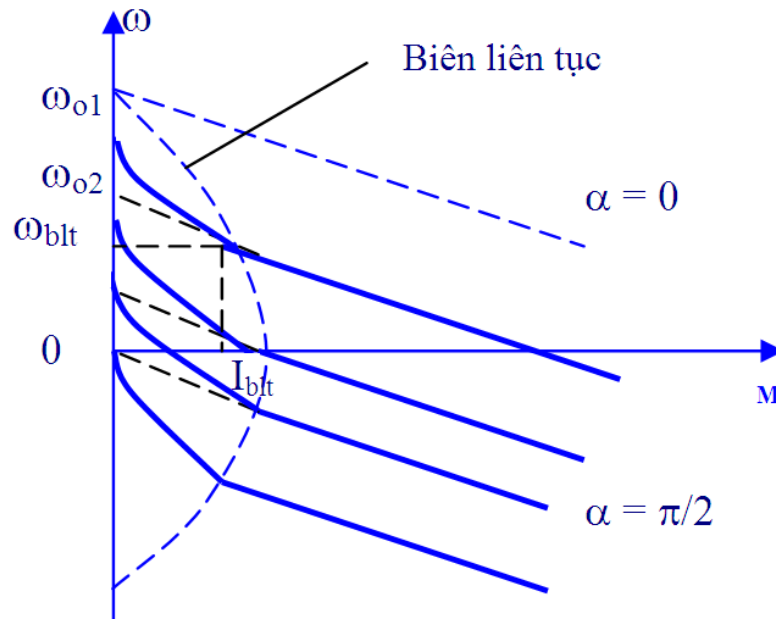
Khi dòng điện bằng 0 thì sức điện động của chỉnh lưu bằng sức điện động của động cơ: $e_d = E$, với $\lambda < \theta \leq \frac{2\pi}{n}$

Vậy ta có điện áp trung bình của chỉnh lưu là :

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{n}{2\pi} \cdot \int_0^{\lambda} u_2 \cdot d\theta + \int_{\lambda}^{\frac{2\pi}{n}} E \cdot d\theta = \frac{n}{2\pi} \cdot \int_0^{\lambda} U_{2m} \cdot \sin \theta \cdot d\theta + \int_{\lambda}^{\frac{2\pi}{n}} E \cdot d\theta \\ &= \frac{n}{2\pi} \cdot U_{2m} \cdot (1 - \cos \lambda) + E \cdot \left(\frac{2\pi}{n} - \lambda\right) \end{aligned} \quad (1.37)$$

$$\text{Vậy : } U_d = \frac{n}{2\pi} \cdot U_{2m} \cdot (1 - \cos\lambda) + E \cdot \left(\frac{2\pi}{n} - \lambda\right) \quad (1.38)$$

Đặc tính cơ của hệ CL - ĐC khi dòng điện gián đoạn:



Hình 1.14: Đặc tính cơ của hệ chỉnh lưu - động cơ khi dòng gián đoạn

- Nhận xét:

+) Ưu điểm: Hệ truyền động chỉnh lưu - động cơ có độ tác động nhanh cao, không gây ồn và dễ tự động hóa, do các van bán dẫn có hệ số khuếch đại công suất rất cao, vì vậy rất thuận tiện cho việc thiết lập hệ thống tự động điều chỉnh để nâng cao chất lượng các đặc tính tĩnh và các đặc tính động của hệ thống. Mặt khác, việc dùng hệ chỉnh lưu - động cơ có kích thước và trọng lượng nhỏ gọn.

+) Nhược điểm: Hệ truyền động chỉnh lưu - động cơ có các van bán dẫn là các phần tử phi tuyến tính, do đó dạng điện áp chỉnh lưu ra có biên độ đập mạch cao, gây nên tổn thất phụ trong máy điện một chiều.

CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU TRÊN MATLAB VÀ SIMULINK

2.1. MÔ HÌNH TOÁN CỦA ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

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_r lên mạch phần ứng thì trong dây quấn phần ứng sẽ có dòng điện I_r 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:

$$U_r = E_r + I_r(R_r + R_f) \quad (2.1)$$

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

$$E_r = k \cdot \Phi \cdot \omega \quad (2.2)$$

- Mômen điện từ của động cơ được xác định:

$$M_{dt} = k \cdot \Phi \cdot I_r \quad (2.3)$$

- Phương trình cân bằng mô men của động cơ:

$$M(t) - M_C(t) = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.4)$$

Trong đó:

R_r : Là điện trở cuộn dây phần ứng

E_r : Là sức điện động phần ứng động cơ

R_f : Là điện trở phụ

I_r : Là dòng phần ứng

K : Là hệ số cấu tạo của máy điện

M : Là mô men động cơ

U_r : Là điện áp đặt vào phần ứng động cơ

ω : Là tốc độ góc động cơ

Φ : Là từ thông động cơ

Chuyển các phương trình trên sang dạng toán tử Laplace:

$$U(p) = R_r \cdot I(p) + L_r \cdot I(p) \cdot p + E(p) \quad (2.5)$$

$$M(p) - M_C(p) = J(p) \cdot \omega(p) \cdot p \quad (2.6)$$

$$E(p) = K \cdot \omega(p) \quad (2.7)$$

$$M(p) = k \cdot \Phi \cdot I(p) \quad (2.8)$$

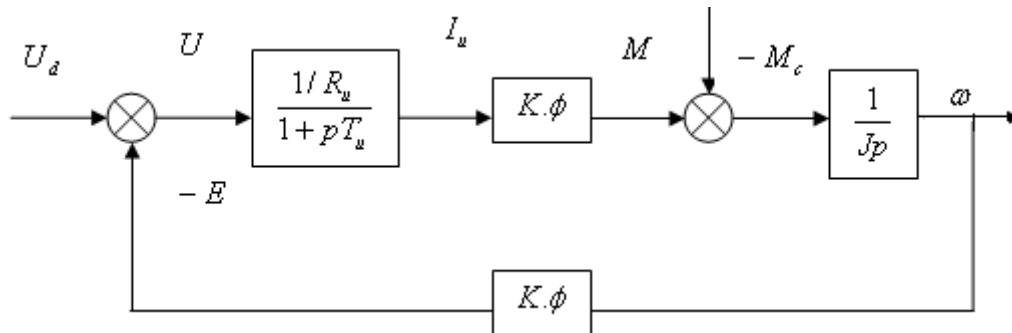
- Ta thành lập được phương trình đặc tính cơ như sau:

$$\omega = \frac{U - L_u \cdot p \cdot I}{k\phi} - \frac{R_u + R_p}{(k\phi)^2} \cdot M \quad (2.9)$$

- Hàm truyền của động cơ như sau:

$$I = \frac{1}{R_u + L_u \cdot p} (U - E) = \frac{1/R_u}{1 + T_u \cdot p} (U - E) \quad (2.10)$$

Từ các phương trình trên ta được sơ đồ cấu trúc của động cơ điện một chiều như sau:



Hình 2.1: Sơ đồ cấu trúc động cơ điện một chiều

- Lựa chọn thông số mô phỏng

Động cơ sử dụng là động cơ một chiều B1T20E của hãng YASKAWA.

Thông số động cơ:

- + Công suất định mức: $P_{dm} = 20$ (W)
- + Điện áp định mức phản ứng: $U_{dm} = 21,3$ (V)
- + Tốc độ quay định mức: $n_{dm} = 2200$ (vòng/phút)
- + Dòng điện định mức: $I_{dm} = 0,59$ (A)
- + Điện cảm phản ứng: $L_u = 9,1$ (mH)
- + Điện trở phản ứng: $R_u = 15,7$ (Ω)
- + Mômen quán tính của động cơ: $J = 1,18 \cdot 10^{-6}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
- + Hằng số momen $K_m = 0,037$ (N.m/A)
- + Hằng số thời gian điều khiển $T_{dk} = 0,0001$ (s)
- + Hằng số thời gian chuyển mạch chỉnh lưu: $T_v = 0,001$ (s)

+) Hằng số thời gian của máy biến dòng: $T_i = 0,001$ (s)

+) Hằng số thời gian của máy phát tốc: $T_\omega = 0,01$ (s)

Ta có:

Hằng số thời gian phản ứng:

$$T_u = \frac{L_u}{R_u} = \frac{9,1 \cdot 10^{-3}}{15,7} = 5,796 \cdot 10^{-4} \text{ (s)}$$

Tốc độ góc của rôto:

$$\omega = \frac{n}{9,55} = \frac{2200}{9,55} = 230,37 \text{ (rad/s)}$$

Hệ số khuếch đại của bộ biến đổi:

Chọn $U_{dk} = 5$ (V)

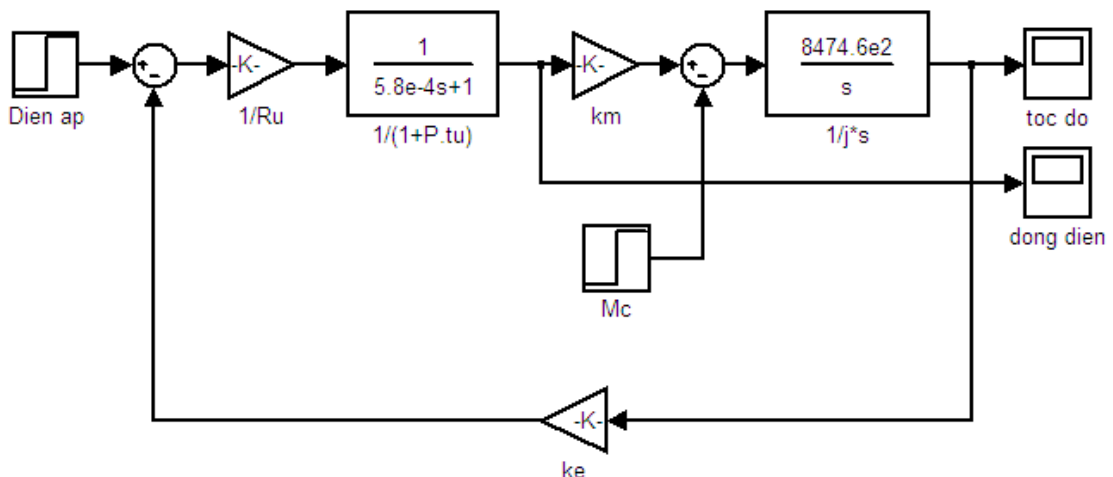
$$\text{Vậy } K_{bd} = \frac{U_{dm}}{U_{dk}} = \frac{21,4}{5} = 4,28$$

Hàm truyền của bộ biến đổi:

$$W_{bd} = \frac{K_{bd}}{(1 + T_{dk}P)(1 + T_vP)} \tag{2.11}$$

$$= \frac{4,28}{(1 + 0,0001 \cdot s)(1 + 0,001 \cdot s)} = \frac{4,28}{1 + 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot s + 10^{-7} \cdot s^2}$$

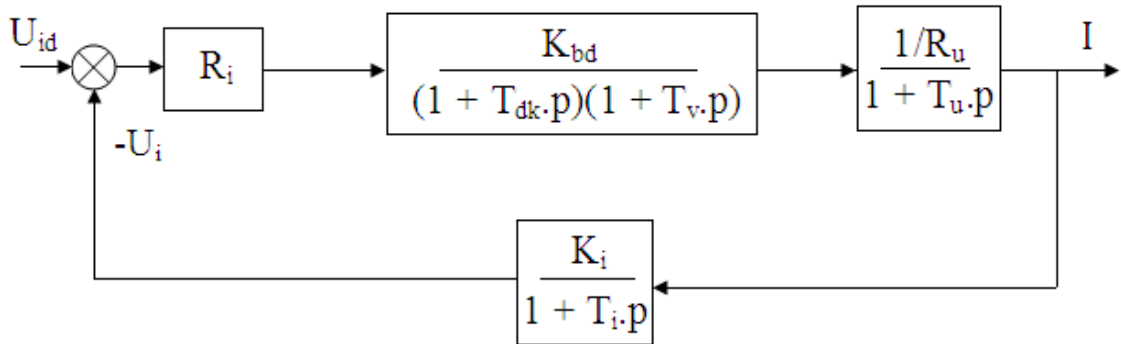
- Mô hình động cơ điện một chiều



Hình 2.2: Mô hình động cơ điện một chiều

2.2. TỔNG HỢP MẠCH VÒNG DÒNG ĐIỆN

Khi bỏ qua sức điện động E ta có sơ đồ sau:



Hình 2.3: Sơ đồ cấu trúc của mạch vòng dòng điện

Trong đó:

$\frac{K_{bd}}{(1+T_{dk}P)(1+T_vP)}$: Hàm truyền của bộ biến đổi

K_{bd} : Hệ số khuếch đại của bộ biến đổi

T_{dk} : Hằng số thời gian mạch điều khiển

T_v : Hằng số thời gian của sự chuyển mạch của van bán dẫn

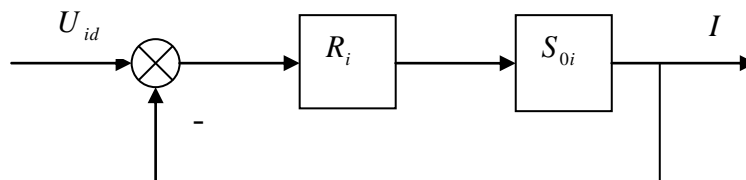
$\frac{K_i}{1+T_iP}$: Hàm truyền của cảm biến dòng điện

K_i : Hệ số khuếch đại của cảm biến dòng điện

T_i : Hằng số thời gian của cảm biến dòng điện

Thu gọn ta được sơ đồ như hình vẽ:

Trong đó S_{oi} là hàm truyền của đối tượng



Hình 2.4: Sơ đồ thu gọn của mạch vòng điện

$$S_{oi} = \frac{K_{bd} K_i \cdot 1/R_u}{(1+T_{dk}P)(1+T_vP)(1+T_iP)(1+T_uP)} \quad (2.12)$$

Vì $T_{dk}; T_v; T_i$ số thời gian rất nhỏ nên bỏ qua thành phần bậc cao là các hằng số

$$\Rightarrow S_{0i} = \frac{K_{bd} K_i \cdot 1 / R_u}{1 + (T_{dk} + T_v + T_i)p (1 + T_u p)} \quad (2.13)$$

Đặt: $T_{si} = T_i + T_{dk} + T_v$

$$\Rightarrow S_{0i} = \frac{K_{bd} K_i \cdot 1 / R_u}{(1 + T_{si} p)(1 + T_u p)} \quad (2.14)$$

Áp dụng tiêu chuẩn môđul tối ưu ta có hàm truyền của hệ thống:

$$F_{MC} = \frac{1}{1 + 2\tau_\sigma p + 2\tau_\sigma^2 p^2} \quad (2.15)$$

$$\text{Mà } F_K = F_{MC} = \frac{R_i S_{0i}}{1 + R_i S_{0i}} \Rightarrow R_i = \frac{1}{S_{0i} (F_{Mi}^{-1} - 1)}$$

Thay vào ta có:

$$R_i = \frac{R_u (1 + pT_{si})(1 + pT_u)}{K_{bd} K_i \cdot 2\tau_\sigma p (1 + \tau_\sigma p)} \quad (2.16)$$

Chọn $\tau_\sigma = T_{si}$ ta có bộ điều chỉnh dòng:

$$R_i = \frac{R_u T_u}{2K_{bd} K_i T_{si}} \left(1 + \frac{1}{pT_u} \right) \quad (2.17)$$

$\Rightarrow R_i$ là khâu tỉ lệ tích phân PI

- Hệ số khuếch đại dòng:

Chọn $U_{id} = 5(V)$

$$K_i = \frac{U_{id}}{I_{kđm}} = \frac{5}{0,59} = 8,47$$

$$T_{si} = T_i + T_{dk} + T_v = 0,001 + 0,0001 + 0,001 = 2,1 \cdot 10^{-3} (s)$$

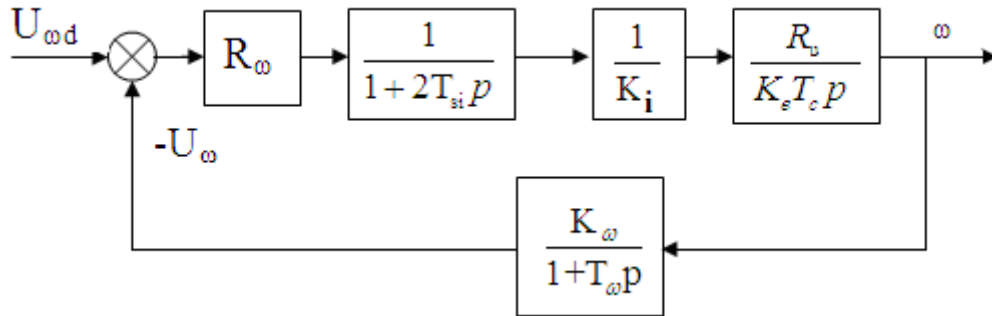
- Hàm truyền của bộ điều chỉnh dòng điện là:

$$\begin{aligned} R_i &= \frac{R_u T_u}{2K_{bd} K_i T_{si}} \left(1 + \frac{1}{pT_u} \right) = \frac{15,75,796 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 4,28 \cdot 8,47 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}} \left(1 + \frac{1}{5,796 \cdot 10^{-4} p} \right) \\ &= \frac{0,06 \cdot s + 103,52}{s} \end{aligned}$$

$$\text{- Khâu phản hồi dòng điện: } \frac{K_i}{1 + T_i p} = \frac{8,47}{1 + 0,001 \cdot s} \quad (2.18)$$

2.3. TỔNG HỢP MẠCH VÒNG TỐC ĐỘ

Ta có sơ đồ mạch vòng tốc độ:



Hình 2.5: Sơ đồ mạch vòng tốc độ động cơ điện một chiều

Trong đó:

$\frac{R_u}{K_m \cdot T_c \cdot p}$: Hàm truyền của đối tượng điều khiển

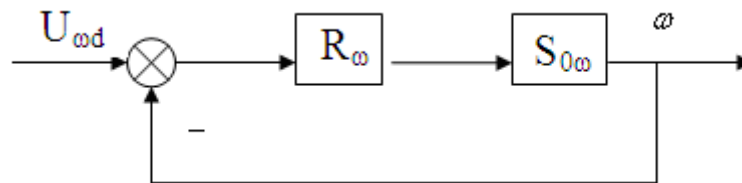
$T_c = \frac{R_u \cdot J}{(K_m)^2}$: Hằng số thời gian cơ học của động cơ

$\frac{K_\omega}{1 + T_\omega p}$: Hàm truyền của máy phát tốc

K_ω : Hệ số khuếch đại của máy phát tốc

T_ω : Hằng số thời gian của máy phát tốc

Sơ đồ thu gọn:



Hình 2.6: Sơ đồ thu gọn của mạch vòng tốc độ

Trong đó:

$$S_{0\omega} = \frac{K_\omega \cdot R_u}{K_i \cdot K_m \cdot T_c \cdot p \cdot (1 + 2T_{si} p)(1 + T_\omega p)} \quad (2.19)$$

Vì T_{si} và T_ω rất nhỏ nên ta bỏ qua các thành phần bậc cao:

$$S_{0\omega} = \frac{K_\omega \cdot R_u}{K_i \cdot K_m \cdot T_c \cdot p \cdot 1 + (2T_{si} + T_\omega) p} \quad (2.20)$$

Đặt: $T_{s\omega} = 2T_{si} + T_{\omega}$ và $K = \frac{R_u \cdot K_{\omega}}{K_i \cdot K_m}$

Ta có: $S_{0\omega} = \frac{K}{T_c \cdot p(1 + T_{s\omega} \cdot p)}$ (2.21)

Áp dụng tiêu chuẩn môdul đối xứng ta có hàm truyền của hệ thống:

$$F_{MC} = \frac{1 + 4\tau_{\sigma} p}{1 + 4\tau_{\sigma} p + 8\tau_{\sigma}^2 p^2 + 8\tau_{\sigma}^3 p^3} \quad (2.22)$$

$$\text{Mà } F_K = F_{MC} = \frac{R_{\omega} S_{0\omega}}{1 + R_{\omega} S_{0\omega}} \Rightarrow R_{\omega} = \frac{1}{S_{0\omega} (F_{MC}^{-1} - 1)} \quad (2.23)$$

$$\text{Vậy } R_{\omega} = \frac{T_c}{2 \cdot K \cdot T_{s\omega}} \cdot \frac{1 + 4 \cdot T_{s\omega} \cdot p}{4 \cdot T_{s\omega} \cdot p} \quad (2.24)$$

- Hệ số khuếch đại của máy phát tốc:

Chọn $U_{od} = 5$ (V)

$$K_{\omega} = \frac{U_{od}}{\omega} = \frac{5}{230} = 0,022$$

$$T_{s\omega} = 2 \cdot T_{si} + T_{\omega} = 2 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} + 0,01 = 0,0142 \text{ (s)}$$

- Hàm truyền của bộ điều chỉnh tốc độ:

$$R_{\omega} = \frac{T_c}{2 \cdot K \cdot T_{s\omega}} \cdot \frac{1 + 4 \cdot T_{s\omega} \cdot p}{4 \cdot T_{s\omega} \cdot p} \quad (2.25)$$

Với: $K = \frac{R_u \cdot K_{\omega}}{K_i \cdot K_m} = \frac{15,7 \cdot 0,022}{8,47 \cdot 0,037} = 1,1$

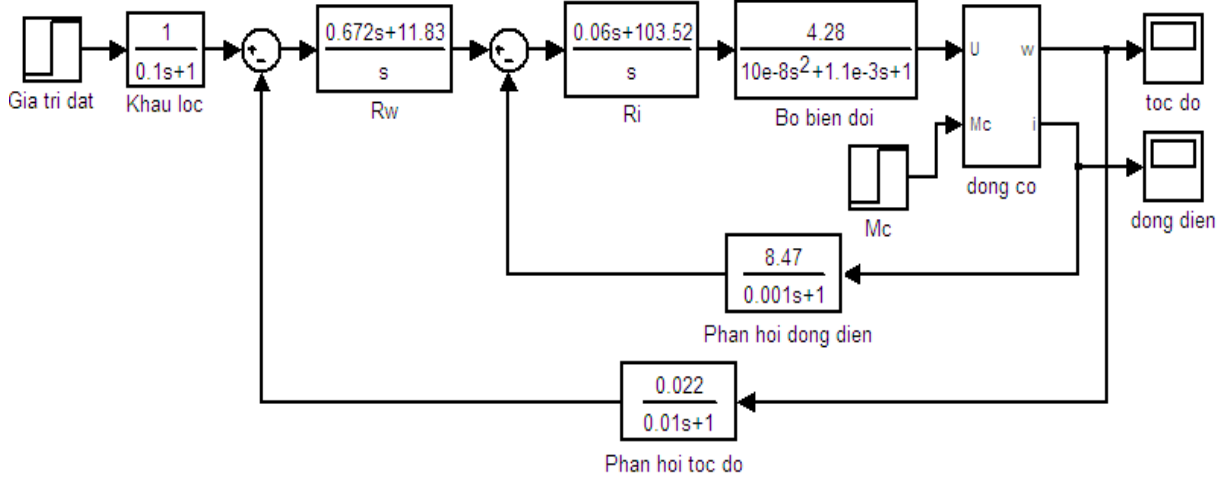
$$T_c = \frac{R_u \cdot J}{K_m^2} = \frac{15,7 \cdot 1,18 \cdot 10^{-6}}{0,037^2} = 0,021$$

$$\text{Vậy: } R_{\omega} = \frac{0,021}{2 \cdot 1,1 \cdot 0,0142} \left(1 + \frac{1}{4 \cdot 0,0142 \cdot s} \right) = \frac{0,672 \cdot s + 11,83}{s}$$

- Khâu phản hồi tốc độ:

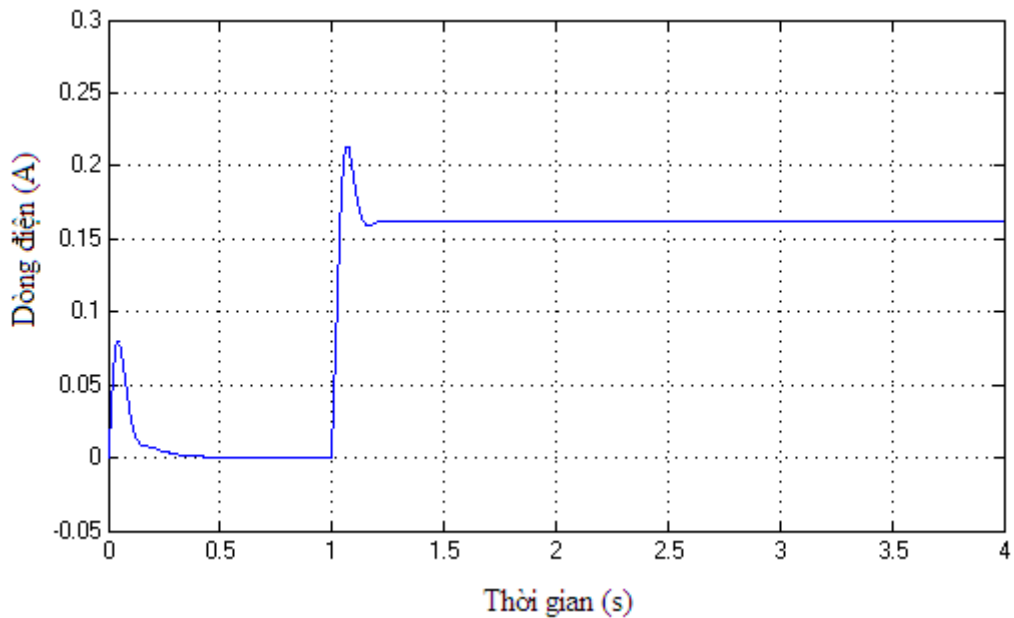
$$\frac{K_{\omega}}{1 + T_{\omega} p} = \frac{0,022}{0,01 \cdot s + 1} \quad (2.26)$$

2.3.1. Mô hình mạch vòng tốc độ khi có mạch vòng dòng điện



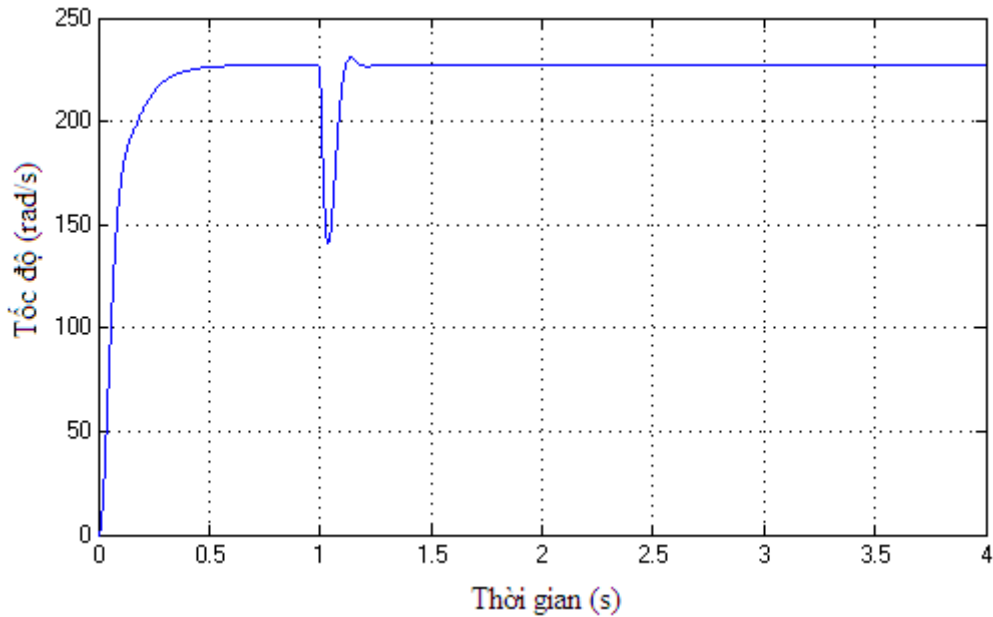
Hình 2.7: Mô hình mạch vòng tốc độ khi có mạch vòng dòng điện

+) Đáp ứng dòng điện:



Hình 2.8: Đáp ứng dòng điện của động cơ khi có 2 bộ điều khiển

+) Đáp ứng tốc độ

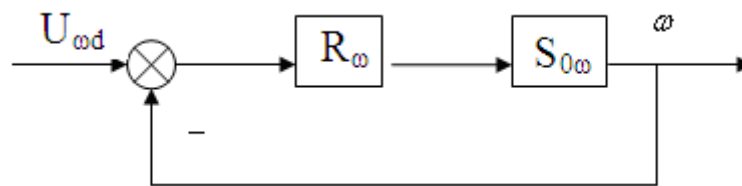


Hình 2.9: Đáp ứng tốc độ của động cơ khi có 2 bộ điều khiển

Nhận xét: Khi có 2 bộ điều khiển là mạch vòng dòng điện và mạch vòng tốc độ thì sau khi khởi động khoảng 0,6s thì dòng điện và tốc độ động cơ dần ổn định. Sau khi động cơ nhận tải thì khoảng 0,3s tốc độ của động cơ và dòng điện của động cơ cùng đạt giá trị định mức.

2.3.2. Mô hình mạch vòng tốc độ khi bỏ qua mạch vòng dòng điện

Sơ đồ thu gọn của mô hình mạch vòng tốc độ khi bỏ qua mạch vòng dòng điện:



Hình 2.10: Sơ đồ thu gọn của mạch vòng tốc độ khi bỏ qua mạch vòng dòng điện
 Khi bỏ qua mạch vòng dòng điện thì hàm truyền của đối tượng:

$$S_{0\omega} = \frac{K_{bd} \cdot K_m \cdot K_\omega}{R_u \cdot J \cdot s \cdot (1 + p \cdot T_u) (1 + T_{dk} \cdot s) (1 + T_v \cdot p) (1 + T_\omega \cdot p)} \quad (2.27)$$

Vì $T_{dk}; T_v; T_i$ số thời gian rất nhỏ nên bỏ qua thành phần bậc cao là các hằng số

Vậy:
$$S_{0\omega} = \frac{K_{bd} \cdot K_m \cdot K_\omega}{R_u \cdot J \cdot s \cdot (1 + p \cdot T_u) [1 + (T_{dk} + T_v + T_\omega) \cdot p]} \quad (2.28)$$

Đặt: $T = T_{dk} + T_v + T_\omega$

Áp dụng tiêu chuẩn tối ưu modul ta có hàm truyền của hệ thống:

$$F_{MC} = \frac{1}{1 + 2\tau_\sigma p + 2\tau_\sigma^2 p^2} \quad (2.29)$$

Mà $F_K = F_{MC} = \frac{R_\omega \cdot S_{0\omega}}{1 + R_\omega \cdot S_{0\omega}} \Rightarrow R_\omega = \frac{1}{S_{0\omega} (F_{MC}^{-1} - 1)}$ (2.30)

Chọn $\tau_\sigma = T = T_{dk} + T_v + T_\omega = 0,0001 + 0,001 + 0,01 = 0,0111$ (s)

- Vậy hàm truyền của bộ điều khiển tốc độ:

$$R_\omega = \frac{R_u \cdot T_u \cdot J \cdot s}{2 \cdot K_{bd} \cdot K_m \cdot K_\omega \cdot T} \left(1 + \frac{1}{p \cdot T_u} \right) \quad (2.31)$$

$$= \frac{15,9.5,796.10^{-4} \cdot 1,18.10^{-6} \cdot s}{2.4,28.0,037.0,022.0,011} \left(1 + \frac{1}{s.5,796.10^{-4}} \right)$$

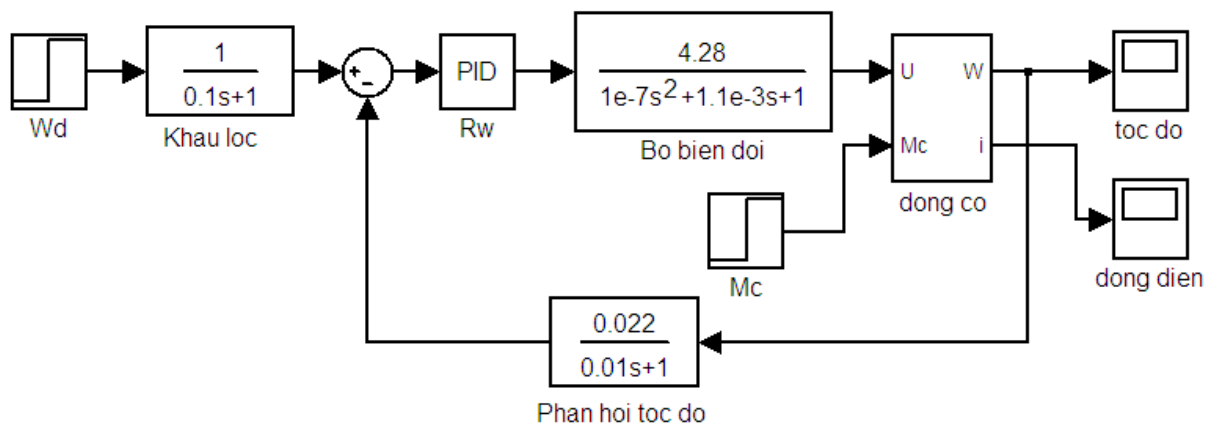
$$= 9,354 + 9,12.10^{-3} s$$

- Hệ số khuếch đại của máy phát tốc:

Chọn $U_{od} = 5$ (V)

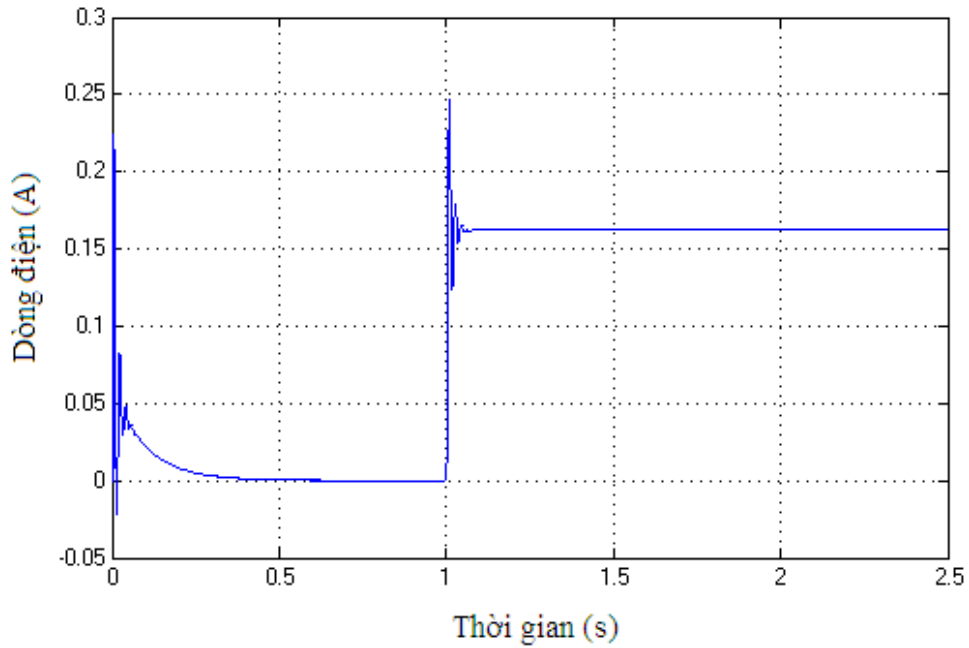
$$K_\omega = \frac{U_{od}}{\omega} = \frac{5}{230} = 0,022$$

- Khâu phản hồi tốc độ: $\frac{K_\omega}{1 + T_\omega \cdot p} = \frac{0,022}{1 + 0,01s}$ (2.32)



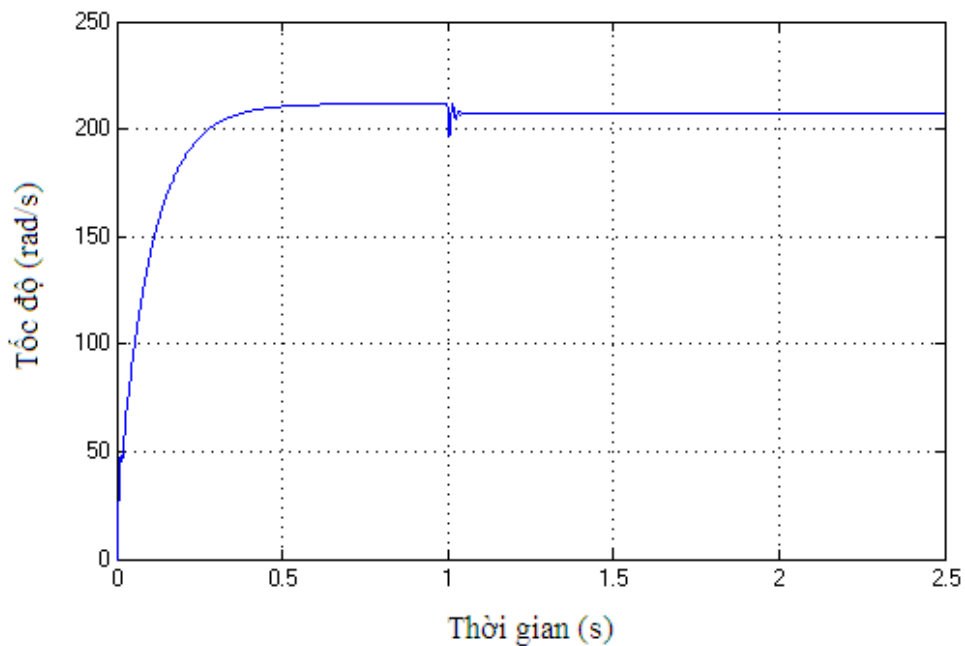
Hình 2.11: Mô hình mạch vòng tốc độ khi bỏ qua mạch vòng dòng điện

+) Đáp ứng dòng điện:



Hình 2.12: Đáp ứng dòng điện của động cơ khi có mạch vòng tốc độ

+) Đáp ứng tốc độ:



Hình 2.13: Đáp ứng tốc độ của động cơ khi có mạch vòng tốc độ

Nhận xét: Lúc đầu giá trị dòng điện và tốc độ của động cơ tăng lên và dần ổn định, sau khi nhận tải khoảng 0,6s thì thì tốc độ và dòng điện của động cơ gần như không còn dao động nữa và đạt giá trị định mức. Khi có bộ điều khiển tốc độ thì thời gian để tốc độ động cơ ổn định đã được rút ngắn đi rất nhiều so với khi chưa có bộ điều khiển.

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BỘ ĐIỀU KHIỂN PID ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

3.1. NGUYÊN LÝ XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

- Luật điều khiển tỷ lệ P

Tín hiệu điều khiển $U(t)$ tỷ lệ với tín hiệu vào $e(t)$.

Phương trình vi phân mô tả động học:

$$U(t) = K_m \cdot e(t) \quad (3.1)$$

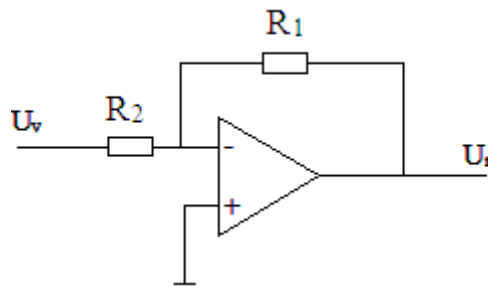
Trong đó:

$U(t)$: Tín hiệu ra của bộ điều khiển

$e(t)$: Tín hiệu vào

K_m : Hệ số khuếch đại của bộ điều khiển

Xây dựng bằng sơ đồ thuật toán:



Hình 3.1: Sơ đồ khuếch đại thuật toán biểu diễn luật điều khiển tỷ lệ

+) Ưu điểm: Bộ điều khiển có tính tác động nhanh khi đầu vào có tín hiệu sai lệch thì tác động ngay tín hiệu đầu ra.

+) Nhược điểm: Hệ thống luôn tồn tại sai lệch dư, khi tín hiệu sai lệch đầu vào của bộ điều khiển bé thì không gây tín hiệu tác động điều khiển, muốn khắc phục nhược điểm này thì ta phải tăng hệ số khuếch đại K_m . Như vậy hệ thống sẽ kém ổn định.

- Luật điều khiển tích phân I

Tín hiệu điều khiển $U(t)$ tỷ lệ với tích phân của tín hiệu đầu vào $e(t)$.

Phương trình vi phân mô tả động học:

$$U(t) = \int_0^t e(t) \cdot dt = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt \quad (3.2)$$

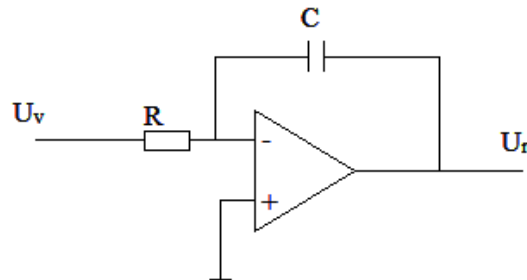
Trong đó:

$U(t)$: Tín hiệu điều khiển

$e(t)$: Tín hiệu vào của bộ điều khiển

T_i : Hằng số thời gian tích phân

+) Xây dựng sơ đồ mạch khuếch đại thuật toán



Hình 3.2: Sơ đồ mạch khuếch đại thuật toán biểu diễn luật điều khiển tích phân

$$\text{Ta có: } \frac{U_r}{U_v} = -\frac{1}{R.C.p} \quad (3.3)$$

+) Ưu điểm: Bộ điều khiển tích phân loại bỏ được sai lệch dư của hệ thống, ít chịu ảnh hưởng tác động của nhiễu cao tần.

+) Nhược điểm: Bộ điều khiển tác động chậm nên tính ổn định của hệ thống.

- Luật điều khiển vi phân D

Tín hiệu ra của bộ điều khiển tỷ lệ với vi phân tín hiệu vào.

Phương trình vi phân mô tả toán học:

$$U(t) = T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3.4)$$

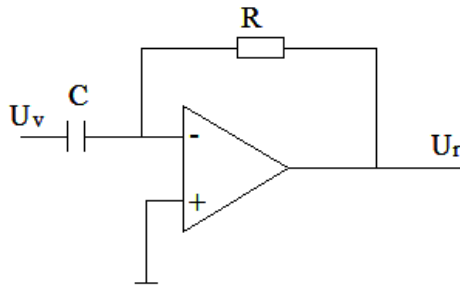
Trong đó:

$e(t)$: Tín hiệu vào của bộ điều khiển

$U(t)$: Tín hiệu điều khiển

T_d : Hằng số thời gian vi phân

+) Xây dựng sơ đồ bằng khuếch đại thuật toán



Hình 3.3: Sơ đồ khuếch đại thuật toán biểu diễn luật điều khiển vi phân

Ta có:

$$U_r = -RC \cdot \frac{dU(t)}{dt}$$

$$\frac{U_r}{U_v} = -RC \cdot p \quad (3.5)$$

+) Ưu điểm: Luật điều khiển vi phân đáp ứng tác động nhanh đây là một đặc tính mà trong điều khiển tự động thường rất mong muốn.

+) Nhược điểm: Khi trong hệ thống dùng bộ điều khiển có luật vi phân thì hệ thống dễ bị tác động bởi nhiễu cao tần. Đây là loại nhiễu thường tồn tại trong công nghiệp.

Các luật tỷ lệ, vi phân, tích phân thường tồn tại những nhược điểm riêng. Do vậy để khắc phục các nhược điểm trên người ta thường kết hợp các luật đó lại để có bộ điều khiển loại bỏ các nhược điểm đó, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của các hệ thống trong công nghiệp.

- Bộ điều khiển tỷ lệ tích phân PI

Phương trình vi phân mô tả quan hệ tín hiệu vào, ra của bộ điều khiển.

$$U(t) = K_1 \cdot e(t) + K_2 \cdot \int_0^t e(t) dt$$

$$U(t) = K_m \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \right) \quad (3.6)$$

Trong đó:

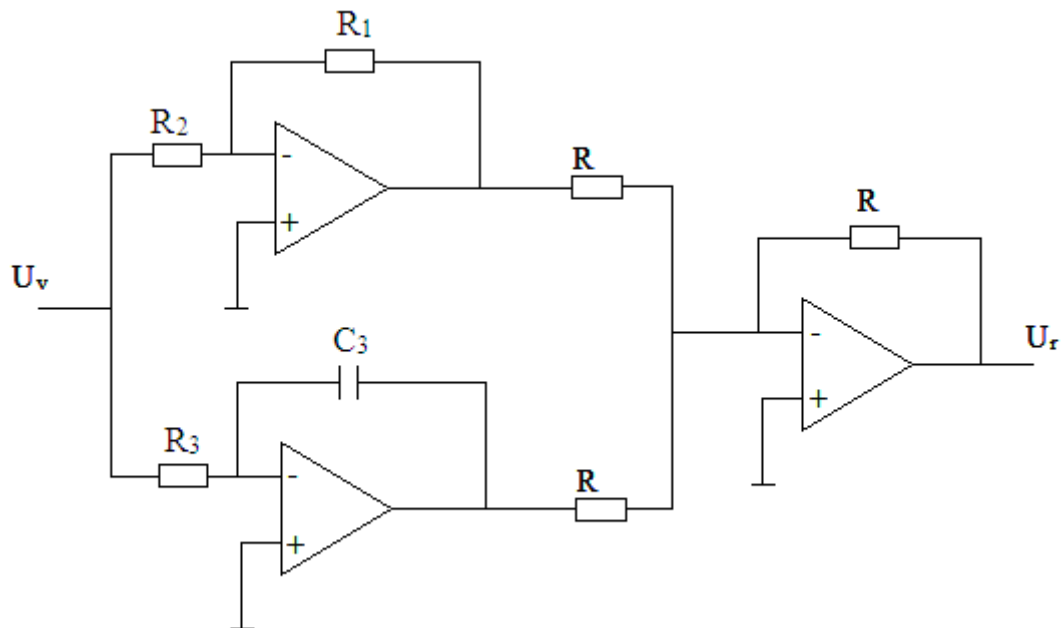
$e(t)$: Là tín hiệu vào của bộ điều khiển

$U(t)$: Là tín hiệu ra của bộ điều khiển

$K_m = K_1$: Là hệ số khuếch đại

$$T_i = \frac{K_1}{K_2} : \text{Là hằng số thời gian tích phân}$$

+) Xây dựng bằng sơ đồ khuếch đại thuật toán



Hình 3.4: Sơ đồ khuếch đại thuật toán biểu diễn bộ điều khiển PI

Ta có:

$$U_r = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_v + \frac{1}{R_3 \cdot C_3} \int_0^t U_v(t) dt \quad (3.7)$$

$$\frac{U_r}{U_v} = \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_3 \cdot C_3 \cdot R_1 \cdot p} \right)$$

- Bộ điều khiển tỷ lệ vi phân PD

Phương trình vi phân mô tả quan hệ vào ra của bộ điều khiển

$$U(t) = K_1 \cdot e(t) + K_2 \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$U(t) = K_m \left(e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (3.8)$$

Trong đó:

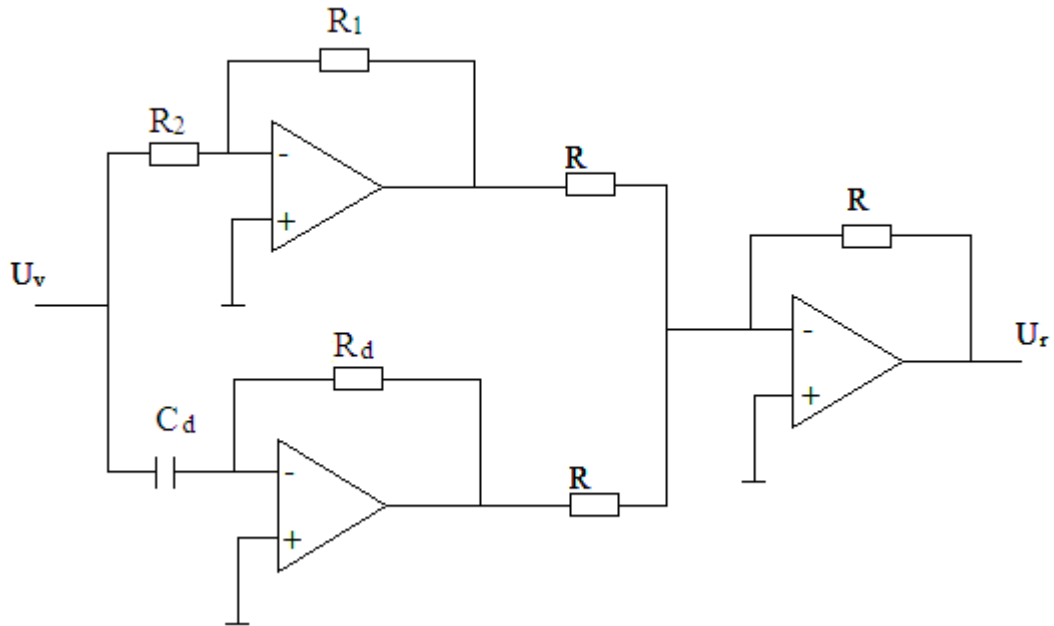
$e(t)$: Là tín hiệu vào của bộ điều khiển

$U(t)$: Là tín hiệu ra của bộ điều khiển

$K_m = K_1$: Là hệ số khuếch đại

$$T_d = \frac{K_2}{K_1} : \text{Là hằng số thời gian vi phân}$$

+) Xây dựng bằng sơ đồ khuếch đại thuật toán



Hình 3.5: Sơ đồ khuếch đại thuật toán biểu diễn bộ điều khiển PD

Trong đó:

$$U_r = \frac{R_1}{R_2} U_v + R_d \cdot C_d \cdot \frac{dU_v}{dt}$$

$$\frac{U_r}{U_v} = \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{R_2 \cdot R_d \cdot C_d}{R_1} \cdot p \right) \quad (3.9)$$

Tín hiệu ra của bộ điều khiển lệch pha so với tín hiệu vào một góc α , đây là đặc điểm tác động nhanh của hệ thống. Khi hệ thống sử dụng bộ điều khiển tỷ lệ vi phân dễ bị tác động bởi nhiễu cao tần, tồn tại sai lệch dư, nhưng lại đáp ứng được tính tác động nhanh. Nên bộ điều khiển này thường được sử dụng trong hệ thống ít có nhiễu cao tần và cần tính tác động nhanh.

Bằng thực nghiệm hoặc lý thuyết ta xác định các tham số T_d , K_m để bộ điều khiển đáp ứng đặc tính hệ thống.

- Bộ điều khiển tỷ lệ vi tích phân PID

Để cải thiện chất lượng của các bộ điều khiển PI, PD người ta kết hợp ba luật điều khiển tỷ lệ, vi phân, tích phân để tổng hợp thành bộ điều khiển tỷ lệ vi

tích phân (PID). Có đặc tính mềm dẻo phù hợp cho hầu hết các đối tượng trong công nghiệp[5].

Phương trình vi phân mô tả quan hệ tín hiệu vào ra của bộ điều khiển:

$$U(t) = K_1 \cdot e(t) + K_2 \cdot \int_0^t e(t) dt + K_3 \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$U(t) = K_m \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (3.10)$$

Trong đó:

$e(t)$: Là tín hiệu vào của bộ điều khiển

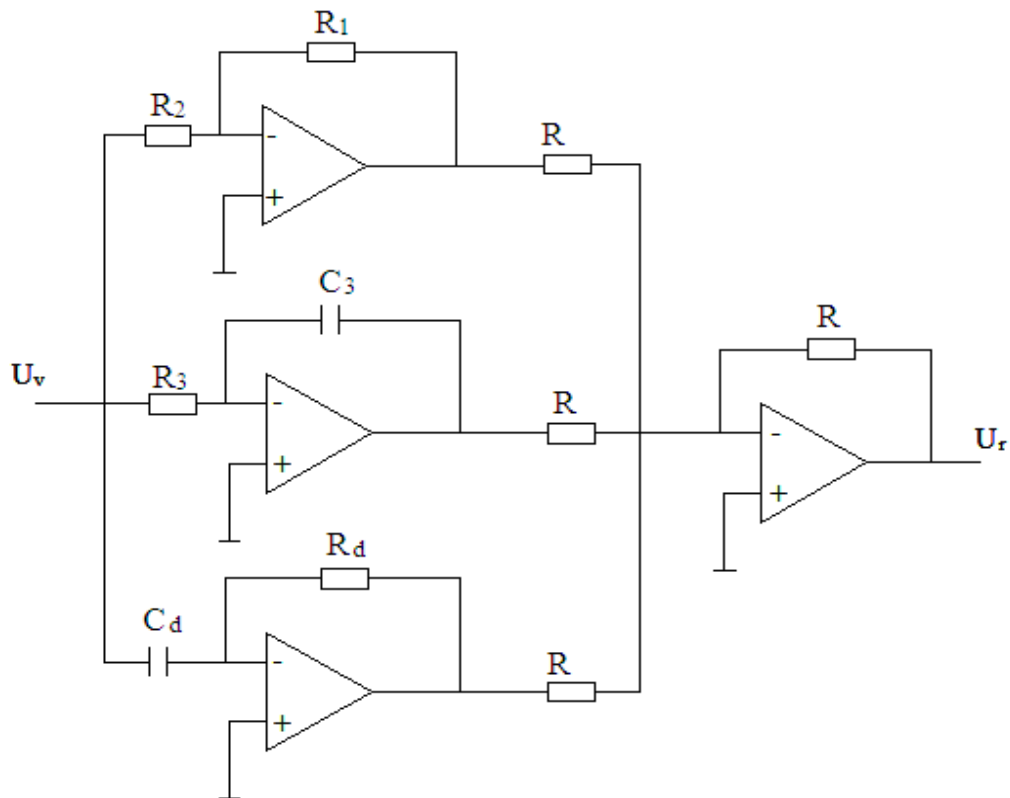
$U(t)$: Là tín hiệu ra của bộ điều khiển

$K_m = K_1$: Hệ số khuếch đại

$T_d = \frac{K_3}{K_1}$: Hằng số thời gian vi phân

$T_i = \frac{K_1}{K_2}$: Hằng số thời gian tích phân

+) Xây dựng bằng khuếch đại thuật toán



Hình 3.6: Sơ đồ khuếch đại thuật toán bộ điều khiển PID

Ta có:

$$U_r = \frac{R_1}{R_2} \cdot U_v + R_d \cdot C_d \cdot \frac{dU_v}{dt} + \frac{1}{R_3 \cdot C_3} \int_0^t U_v(t) \cdot dt$$

$$\frac{U_r}{U_v} = \frac{R_1}{R_2} \left(1 + \frac{R_2 \cdot R_d \cdot C_d}{R_1} \cdot p + \frac{R_2}{R_1 \cdot R_3 \cdot C_3 \cdot p} \right) \quad (3.11)$$

+) Đặc tính làm việc của bộ điều khiển PID rất linh hoạt, mềm dẻo. Ở giải tần số thấp thì bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ tích phân. Ở giải tần số cao thì bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ vi phân khi $\omega = \frac{1}{\sqrt{T_i \cdot T_d}}$ bộ điều khiển làm việc theo quy luật tỷ lệ.

+) Bộ điều khiển có ba tham số K_m , T_i và T_d .

Khi ta cho $T_i = \infty$, $T_d = 0$ thì bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ

Khi $T_i = \infty$ bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ - vi phân

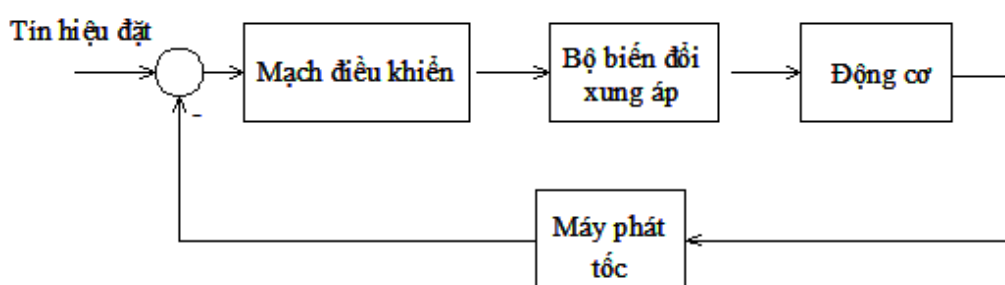
Khi $T_d = 0$ bộ điều khiển làm việc theo luật tỷ lệ - tích phân

Tín hiệu ra của bộ lệch pha so với tín hiệu vào một góc α , đây là đặc tính mềm dẻo của bộ điều khiển. Nếu ta chọn được bộ tham số phù hợp cho bộ điều khiển PID thì hệ thống cho ta đặc tính như mong muốn, đáp ứng cho các hệ thống trong công nghiệp. Đặc biệt nếu ta chọn bộ tham số tốt bộ điều khiển sẽ đáp ứng được tính tác động nhanh, đây là đặc điểm nổi bật của bộ điều khiển.

Trong bộ điều khiển có thành phần tích phân nên hệ thống triệt tiêu được sai lệch dư. Bằng thực nghiệm hoặc lý thuyết ta xác định các tham số K_m , T_i , T_d để bộ điều khiển đáp ứng đặc tính hệ thống.

3.2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ

3.2.1. Sơ đồ khối của hệ thống



Hình 3.7: Sơ đồ khối của bộ điều khiển động cơ một chiều

Mạch điều khiển tiếp nhận giá trị điện áp đặt và giá trị điện áp phản hồi từ máy phát tốc, sau đó xử lý tín hiệu và cấp tín hiệu xung PWM và tín hiệu nhận biết chiều của động cơ vào mạch công suất để điều khiển động cơ.

3.2.2. Xây dựng mạch công suất

- Giới thiệu IC MC33883

MC33883 là một IC kích FET chuyên dùng để điều khiển cầu H.

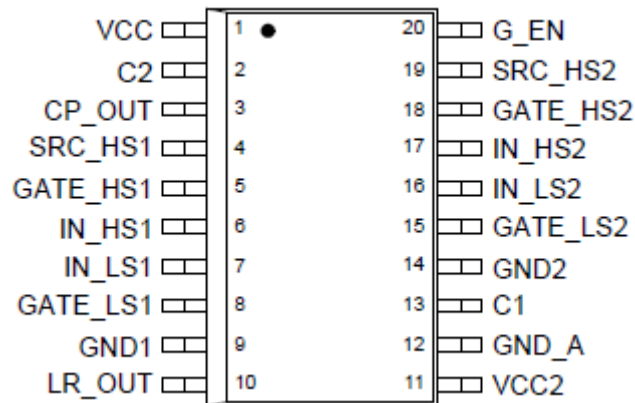
+) Điện áp nguồn VCC2 cung cấp cho IC từ 5,5V đến 28V

+) Điện áp nguồn VCC từ 5,5V đến 55V

+) Hoạt động ở nhiệt độ từ -40°C đến 125°C

+) Có thể đáp ứng tần số băm xung PWM lên đến 100Khz

+) Sơ đồ chân của MC33883

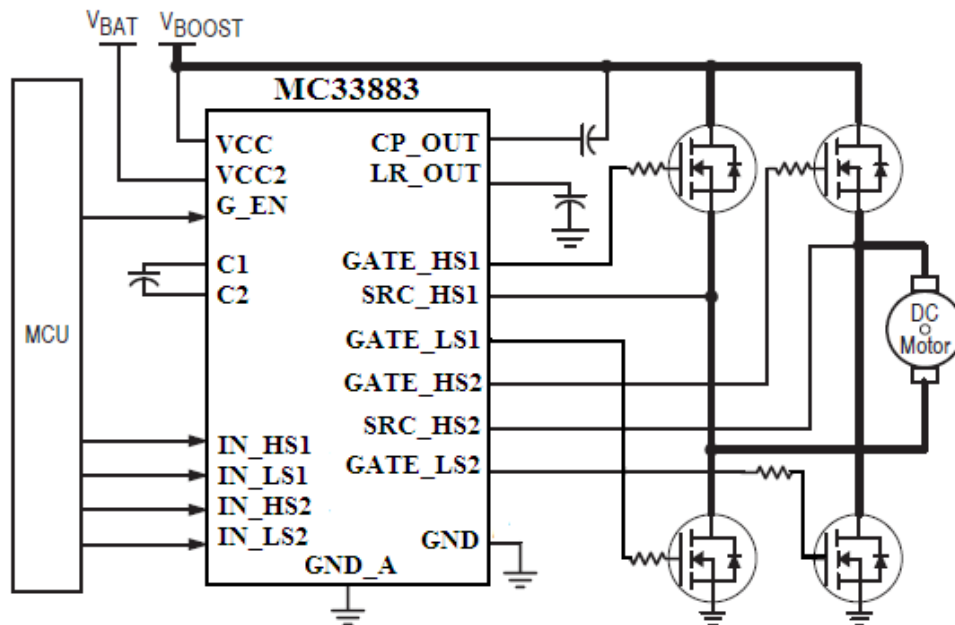


Hình 3.8: Sơ đồ chân của MC33883

Bảng 3.1: Mô tả các chân chức năng của MC33883

Chân	Ký hiệu	Chức năng
1, 11	VCC, VCC2	Chân cấp nguồn cho thiết bị
2, 13	C2, C1	Hai chân này nối với một tụ điện
4, 19	SRC_HS1, SRC_HS2	Nguồn đầu ra của MOSFET
5, 18	GATE_HS, GATE_HS2	Hai chân này nối với chân điều khiển của MOSFET
6, 17	IN_HS1, IN_HS2	Đầu vào tín hiệu logic, tác động lên chân điều khiển của MOSFET
7, 16	IN_LS1, IN_LS2	Hai chân đầu vào tín hiệu logic, dùng điều khiển cực cổng của MOSFET

8, 15	GATE_LS1, GATE_LS2	Đầu vào chân điều khiển của MOSFET
9, 12, 14	GND1, GND_A, GND2	Chân nối đất của thiết bị
20	G_EN	Chân chung cho phép



Hình 3.9: Sơ đồ dùng MC33883 điều khiển 4 MOSFET

- MOSFET IRF540

IRF540 là MOSFET kênh dẫn loại N có thông số như sau:

- +) Điện áp định mức 100 V
- +) Dòng điện định mức ở 25°C là 33 A
- +) Dòng điện đỉnh là 100 A
- +) Điện áp điều khiển V_{GS} là ± 20 V
- +) Điện áp ngưỡng điều khiển V_{GS} từ 2 đến 4 V
- +) Điện áp rơi trên van khi dẫn hoàn toàn là 1,2 V
- +) Dòng rò ở trạng thái khóa $I_{D\text{ look}}$ là 25 μA
- +) Điện trở khi dẫn $R_{DS\text{ on}}$ là 44 m Ω
- +) Dòng rò cực G ở trạng thái khóa $I_{G\text{ look}}$ là ± 100 nA
- +) Tốc độ tăng trưởng điện áp $\frac{du}{dt}$ là 7 V/ns
- +) Nhiệt độ làm việc 175°C

3.2.3. Khâu phản hồi tốc độ

- Hồi tiếp tốc độ là một phần không thể thiếu trong hệ thống điều khiển tốc độ động cơ. Để điều khiển được tốc độ của động cơ người ta phải biết được giá trị đầu ra của hệ thống để có những điều chỉnh thích hợp đầu vào để đạt được tốc độ mong muốn. Để phản hồi tốc độ người ta thường hay dùng máy phát tốc và các bộ đo tốc độ xung số.

- Máy phát tốc là máy điện nhỏ, làm việc ở chế độ máy phát và thực hiện chức năng biến đổi chuyển động của trục thành tín hiệu điện áp ra.

Phương trình đặc tính của máy phát tốc:

$$U_F = K.n = K_1 \cdot \frac{d\alpha}{dt} \quad (3.12)$$

Trong đó:

U_F : Là điện áp ra của máy phát tốc

K, K_1 : Là hệ số khuếch đại

n : Là vận tốc quay của roto (vòng/phút)

α : Là góc quay

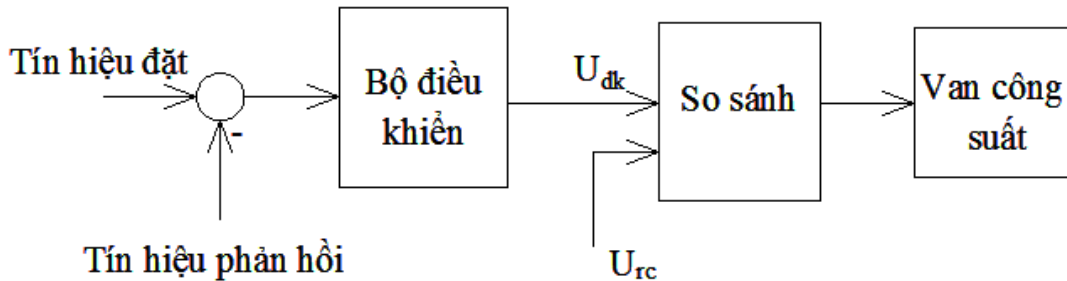
Các yêu cầu đối với máy phát tốc là: Độ tuyến tính của đặc tính cao, hệ số khuếch đại $K = \frac{U_F}{n}$ lớn, điện áp ra phải đối xứng.

Máy phát tốc một chiều có cấu trúc và nguyên lý hoạt động như máy điện một chiều công suất nhỏ, kích thích bằng nam châm vĩnh cửu hoặc kích thích độc lập. Yêu cầu đối với máy phát tốc một chiều là điện áp một chiều có chứa ít thành phần xoay chiều tần số cao và tỉ lệ với tốc độ động cơ, không bị trễ nhiều về giá trị và dấu so với biến đổi đại lượng đo. Điện áp một chiều phát ra không phụ thuộc vào tải và nhiệt độ, để đảm bảo yêu cầu trên máy phát tốc một chiều phải có từ thông không đổi trong toàn vùng điều chỉnh tốc độ. Vì vậy phải hạn chế tổn thất mạch từ bằng việc sử dụng vật liệu từ có từ trễ hẹp và sử dụng lá thép kỹ thuật điện mỏng (hạn chế tổn thất dòng điện xoáy).

Nhược điểm của máy phát tốc một chiều là độ chính xác phụ thuộc vào phụ tải. Mặt khác nhiệt độ cuộn dây thay đổi ảnh hưởng tới điện trở phần ứng

máy phát làm điện áp ra của máy phát thay đổi (do điện áp rơi ở mạch phản ứng thay đổi). Điện áp đầu ra của máy phát còn bị thay đổi do điện trở của chổi than. ảnh hưởng của phản ứng phần ứng tới hệ số tỷ lệ (nhất là khi ở vùng tốc độ cao).

3.2.4. Xây dựng mạch điều khiển

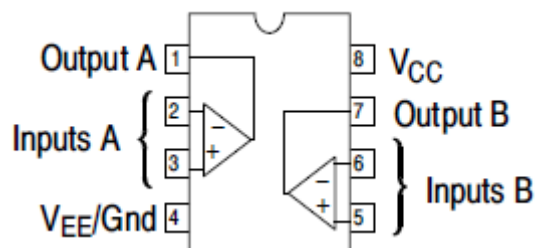


Hình 3.11: Cấu trúc mạch điều khiển động cơ một chiều

Tín hiệu đặt và tín hiệu phản hồi từ máy phát tốc được đưa qua một mạch trừ, điện áp đầu ra của mạch trừ sẽ được đưa vào bộ điều khiển. Điện áp điều khiển U_{dk} sẽ được đưa đến khâu so sánh, khâu so sánh sẽ so sánh điện áp điều khiển và điện áp răng cưa để tạo ra tín hiệu xung, tác động vào van công suất.

- Mạch điều khiển sử dụng khuếch đại thuật toán (operational amplifier), thường được gọi tắt là op-amp là một mạch khuếch đại "DC-coupled" (tín hiệu đầu vào bao gồm cả tín hiệu BIAS) với hệ số khuếch đại rất cao, có đầu vào vi sai, và thông thường có đầu ra đơn. Trong những ứng dụng thông thường, đầu ra được điều khiển bằng một mạch hồi tiếp âm sao cho có thể xác định độ lợi đầu ra, tổng trở đầu vào và tổng trở đầu ra. Các mạch khuếch đại thuật toán có những ứng dụng trải rộng trong rất nhiều các thiết bị điện tử thời nay từ các thiết bị điện tử dân dụng, công nghiệp và khoa học.

- Vi mạch khuếch đại thuật toán LM358 để xây dựng bộ điều khiển PID



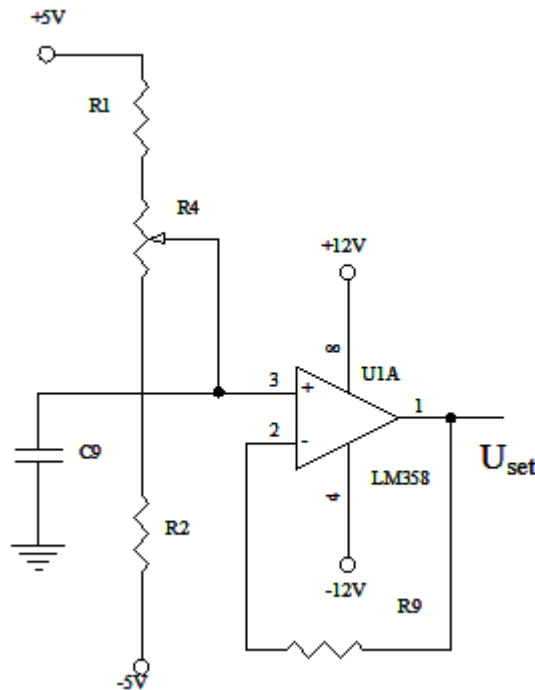
Hình 3.12: Sơ đồ chân của vi mạch LM358

LM358 là một vi mạch tích hợp sẵn 2 khuếch đại thuật toán. Nguồn cung cấp cho LM358 tầm từ 3V~32V, áp tối đa ngõ vào từ 0~32V đối với nguồn đơn và cộng trừ 16V đối với nguồn đôi. Đây là mạch khuếch đại có hồi tiếp và có điện trở rất cao, cho nên không làm ảnh hưởng xấu đến tín hiệu cảm biến, có khả năng chống nhiễu cao.

+) Độ lợi khuếch đại điện áp DC của LM324 tối đa khoảng 100 dB.

+) Tần số hoạt động của LM324 là 1MHz.

- Khâu điện áp đặt



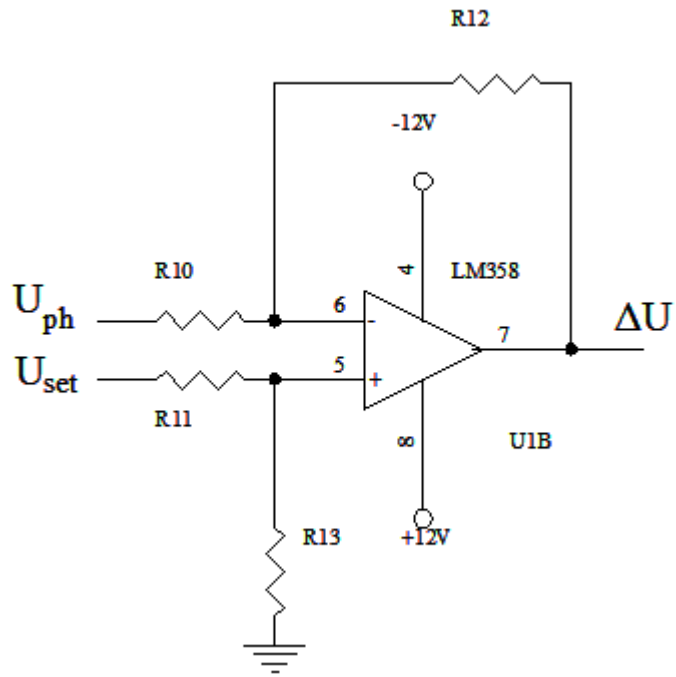
Hình 3.13: Sơ đồ nguyên lý khối điều chỉnh điện áp đặt

Ta có thể thay đổi giá trị điện áp đặt thông qua biến trở R_4 . Điện áp đặt qua một mạch lọc RC, như vậy ta sẽ được đường đặc tính điện áp đặt mượt hơn.

Ta chọn: Giá trị điện áp đặt $U = 5V$, $R_1 = 50 (K\Omega)$

$R_4 = 50 (K\Omega)$, $C_9 = 1(\mu F)$, $R_2 = R_9 = 10 (K\Omega)$

- Khâu mạch trừ



Hình 3.14: Sơ đồ nguyên lý mạch trừ

Ta có:
$$\frac{U_{ph} - V_n}{R_{10}} + \frac{\Delta U - V_n}{R_{12}} = 0$$

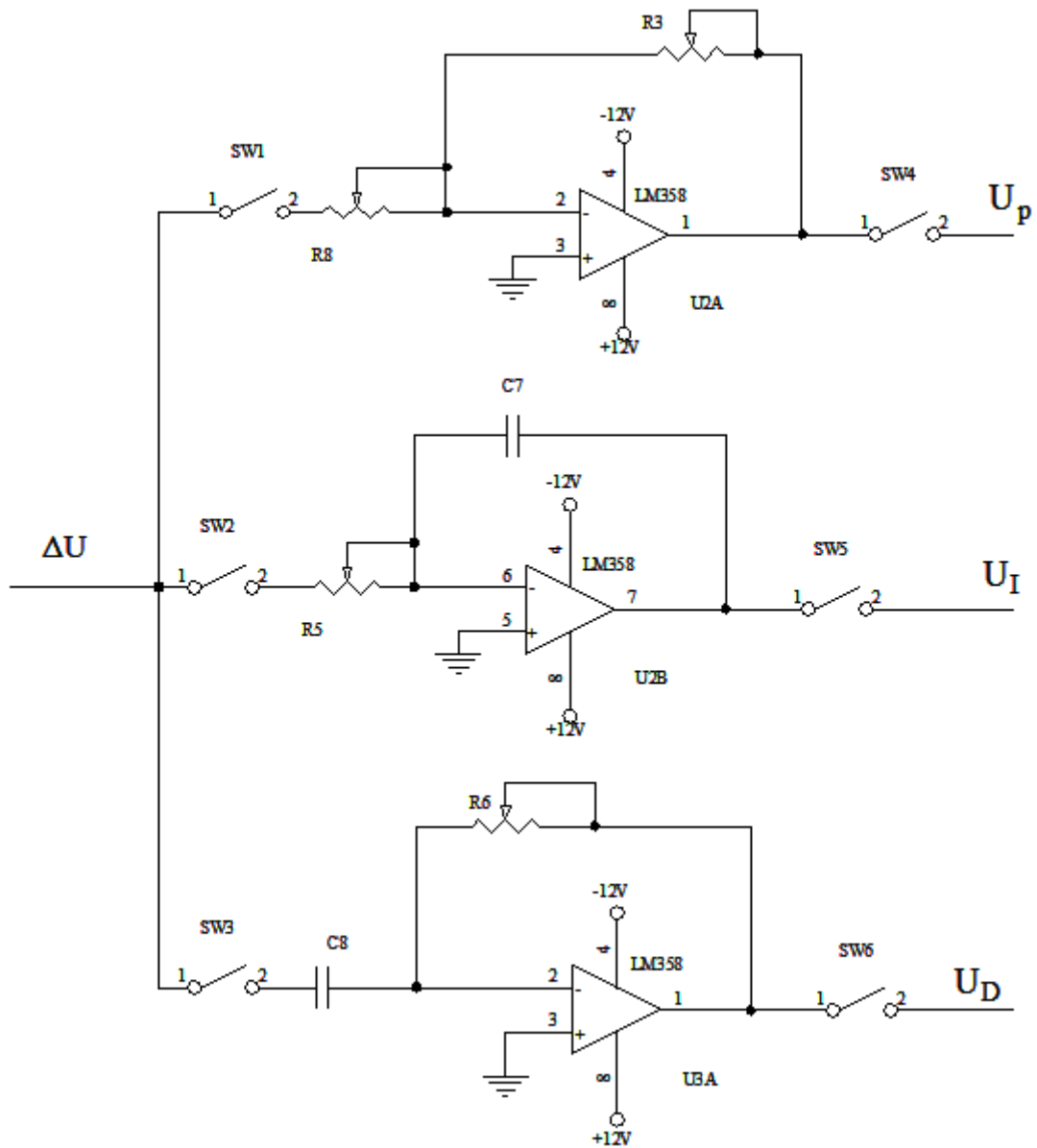
Chọn $R_{10} = R_{12}$ ta được:
$$\Delta U = 2 \cdot V_n - U_{ph}$$

Mà $V_p = \frac{U_{set} \cdot R_{13}}{R_{13} + R_{11}}$, chọn $R_{13} = R_{11}$ ta được:
$$V_p = \frac{U_{set}}{2}$$

Mà $V_n = V_p$ vậy:
$$\Delta U = U_{set} - U_{ph}$$

Ta chọn: $R_{10} = R_{11} = R_{12} = R_{13} = 10 \text{ (K}\Omega\text{)}$

- Mạch điều khiển PID



Hình 3.15. Sơ đồ nguyên lý mạch PID

Khối PID gồm 3 khâu: Tỷ lệ, tích phân và vi phân. Giá trị điện áp ra từ mạch trừ được đưa vào khối này, đầu ra của khối PID qua một mạch cộng thì ta sẽ có điện áp điều khiển.

+) Khâu tỷ lệ: Ta sử dụng 2 biến trở R_3 và R_8 để thay đổi hệ số P của bộ điều khiển, sử dụng khóa sw1 ta có thể ngắt được bộ này ra khỏi mạch điều khiển. Theo tính chất của khuếch đại thuật toán hệ số khuếch đại của khâu tỷ lệ:

$$K = \frac{U_p}{\Delta U} = - \frac{R_3}{R_8}$$

Điện áp ra ngược pha so với điện áp vào, biến trở R_3 gây ra hồi tiếp âm song song theo điện áp làm cho hệ số khuếch đại giảm xuống.

$$\text{Vậy } U_p = - \Delta U \cdot \frac{R_3}{R_8} \quad (3.14)$$

Ta chọn $R_3 = 100 \text{ (K}\Omega\text{)}$ và $R_8 = 10 \text{ (K}\Omega\text{)}$

+) Khâu tích phân: Ta sử dụng biến trở R_5 để thay đổi hệ số I của bộ điều khiển, sử dụng khóa sw2 ta có thể ngắt được bộ này ra khỏi mạch điều khiển.

Theo tính chất của khuếch đại thuật toán ta có:

$$U_I = \frac{1}{R_5 \cdot C_7} \int \Delta U \cdot dt \quad (3.15)$$

Điện áp ra tỷ lệ với tích phân điện áp vào

$R_5 \cdot C_7$ gọi là hằng số tích phân

Ta chọn $R_5 = 100 \text{ (K}\Omega\text{)}$ và $C_7 = 10 \text{ (}\mu\text{F)}$

+) Khâu vi phân: Ta sử dụng biến trở R_6 để thay đổi hệ số D của bộ điều khiển, sử dụng khóa sw3 ta có thể ngắt được bộ này ra khỏi mạch điều khiển.

Theo tính chất của khuếch đại thuật toán ta có:

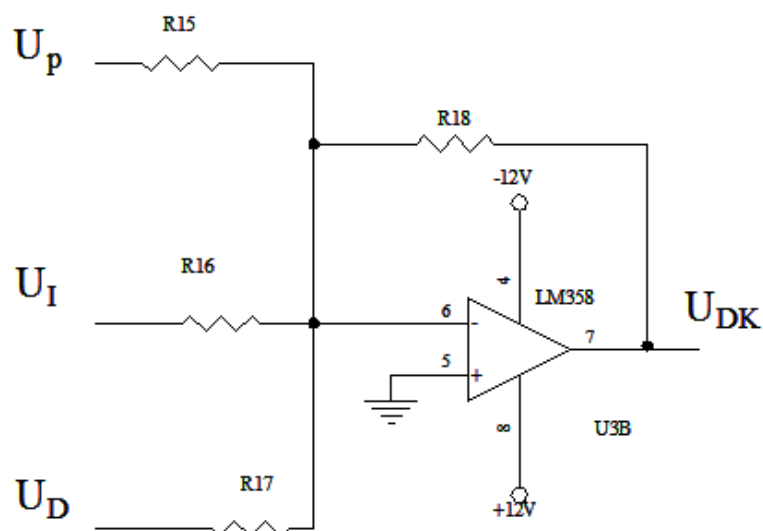
$$U_D = C_8 \cdot R_6 \cdot \frac{d\Delta U}{dt} \quad (3.16)$$

Điện áp ra tỷ lệ với tích phân điện áp vào

$C_8 \cdot R_6$ gọi là hằng số vi phân

Ta chọn $R_6 = 50 \text{ (K}\Omega\text{)}$ và $C_8 = 100 \text{ (nF)}$

- Mạch cộng điện áp



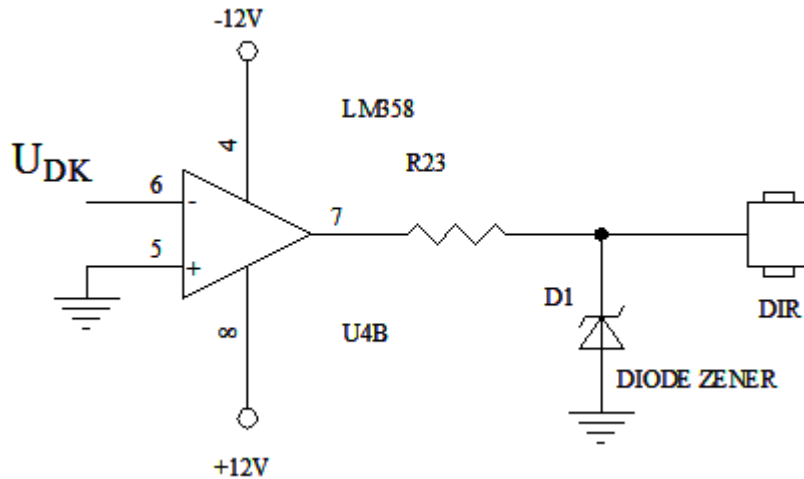
Hình 3.16: Sơ đồ nguyên lý mạch cộng điện áp

Mạch cộng điện áp thực hiện nhiệm vụ cộng giá trị điện áp U_P , U_I , U_D lại
 Nếu $R_{15} = R_{16} = R_{17} = R_{18}$, theo tính chất của khuếch đại thuật toán ta có:

$$U_{dk} = -(U_P + U_I + U_D) \quad (3.17)$$

Ta chọn: $R_{15} = R_{16} = R_{17} = R_{18} = 10 \text{ (K}\Omega\text{)}$

- Khâu nhận biết chiều của tín hiệu điều khiển



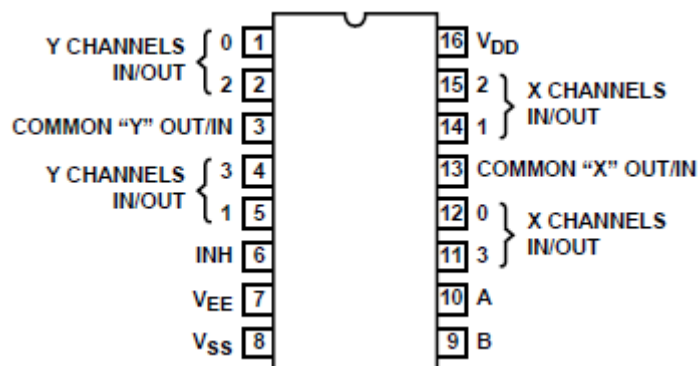
Hình 3.17: Sơ đồ nguyên lý khâu nhận biết chiều của tín hiệu điều khiển

Ta chọn $R_{23} = 4,7 \text{ (K}\Omega\text{)}$ và D_1 là diode zener loại DZ5V1.

- Mạch tách tín hiệu chiều và độ lớn tín hiệu điều khiển sử dụng IC CD4052

CD4052B là một bộ dồn kênh - phân kênh 4 kênh tương tự. Có hai ngõ chọn đầu vào nhị phân là A và B, và một hạn chế đầu vào. Hai tín hiệu đầu vào lựa chọn 1 trong 4 cặp kênh phải được bật và kết nối các yếu tố đầu vào tương tự và ra sẽ được đầu ra.

+) Sơ đồ chân của CD4052

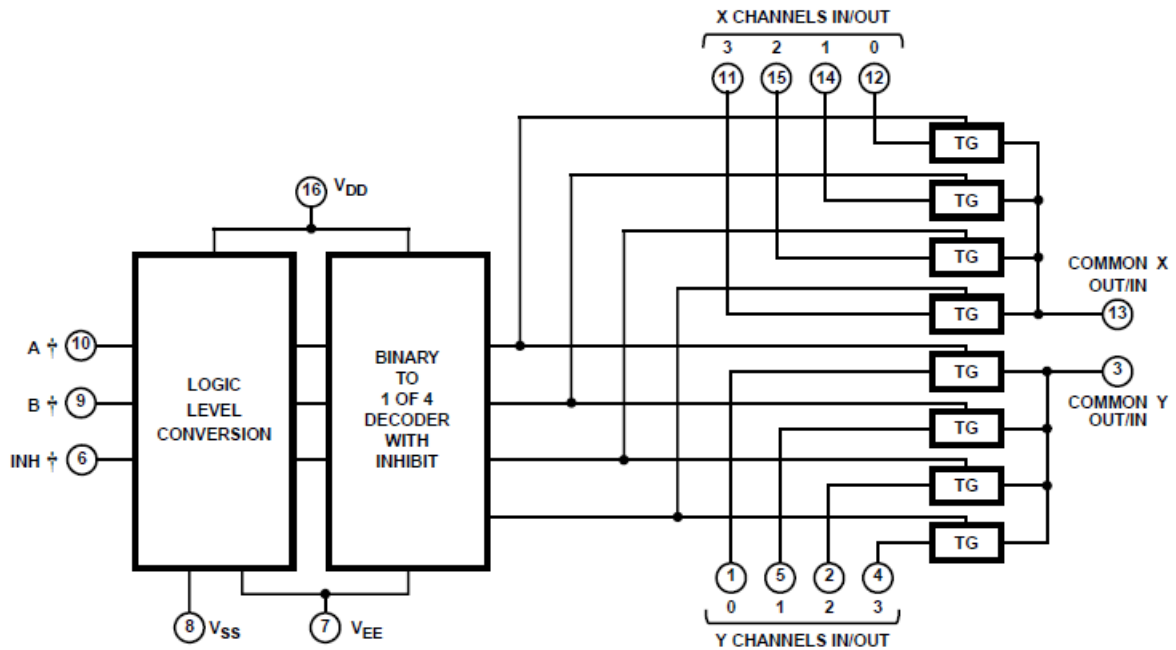


Hình 3.18: Sơ đồ chân của CD4052

+) Khi tách kênh dữ liệu vào chân COM OUT/IN, ra ở 4 kênh CHANNEL I/O.
 Ngược lại, khi dồn kênh thì dữ liệu song song vào các chân CHANNEL OUT/IN và ra ở chân COM OUT/IN.

+) 2 ngõ chọn là A, B

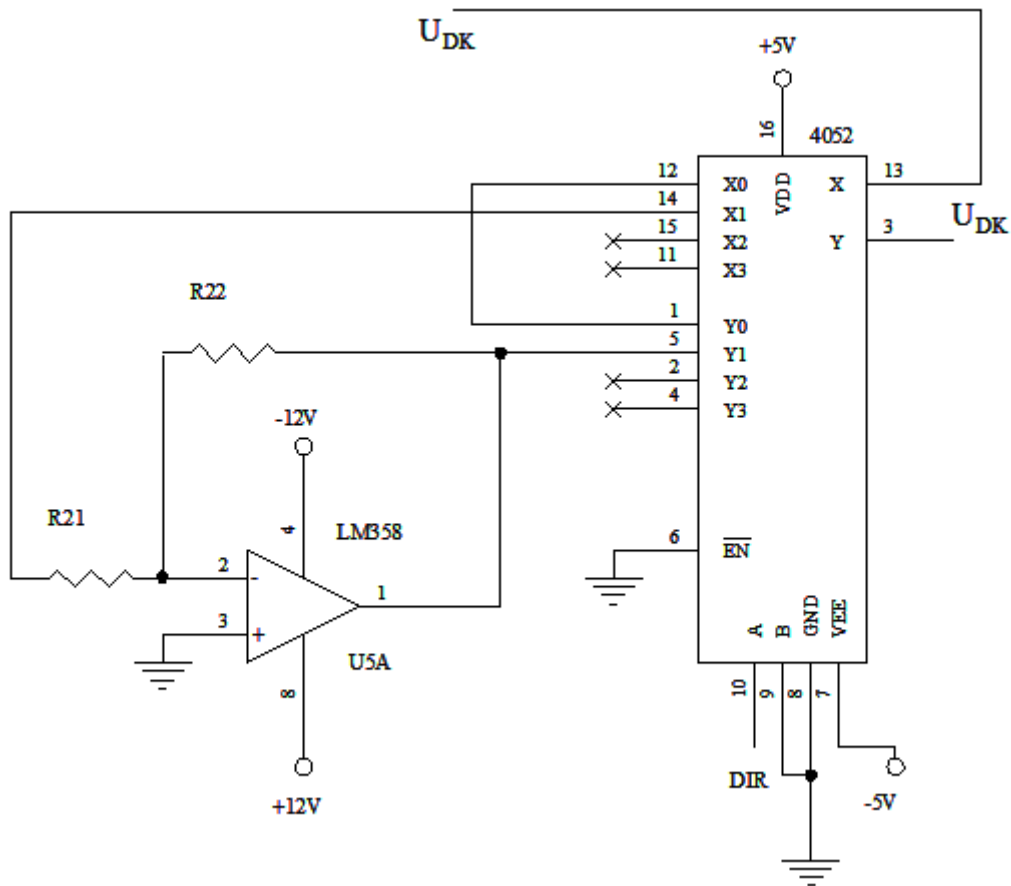
+) Chân INH (inhibit) cho phép dữ liệu được phép truyền ra



Hình 3.19. Cấu trúc mạch của CD4052

Bảng 3.2. Hoạt động của CD4052

INHIBIT	B	A	
0	0	0	0x, 0y
0	0	1	1x, 1y
0	1	0	2x, 2y
0	1	1	3x, 3y
1	X	X	None



Hình 3.20: Sơ đồ nguyên lý mạch tách tín hiệu điều khiển dùng CD4052

Điện áp điều khiển được đưa vào chân 13 của CD4052, thực hiện tách kênh dữ liệu. Điện áp điều khiển được tách sang 2 kênh X0 và X1. Nếu không có tín hiệu bit điều khiển, chân X0 sẽ được nối với Y0 và ta có đầu ra Y. Nếu có tín hiệu bit điều khiển thì chân X1 sẽ được nối với Y1, điện áp điều khiển có thể âm lên từ chân X1 điện áp điều khiển sẽ được qua một mạch khuếch đại thuật toán đảo, như vậy ta sẽ có đầu ra Y.

Chọn $R_{21} = R_{22} = 10 \text{ (K}\Omega\text{)}$

- Mạch tạo xung dao động dùng IC NE555

+) 555 là một loại linh kiện khá là phổ biến bây giờ với việc dễ dàng tạo được xung vuông và có thể thay đổi tần số tùy thích, với sơ đồ mạch đơn giản, điều chế được độ rộng xung. Nó được ứng dụng hầu hết vào các mạch tạo xung đóng cắt hay là những mạch dao động khác. Đây là linh kiện của hãng CMOS sản xuất[1].

Điện áp đầu vào: 2 - 18V (Tùy từng loại LM555, NE555, NE7555)

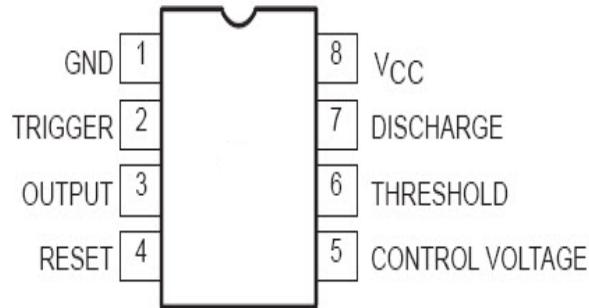
Dòng điện cung cấp: 6mA - 15mA

Điện áp logic ở mức cao: 0,5 - 15V

Điện áp logic ở mức thấp: 0,03 - 0,06V

Công suất lớn nhất là: 600mW

+) Sơ đồ chân của NE555



Hình 3.21: Sơ đồ chân của NE555

IC NE 555 gồm có 8 chân

+) Chân số 1 (GND): Cho nối GND để lấy dòng cấp cho IC hay còn gọi là chân chung.

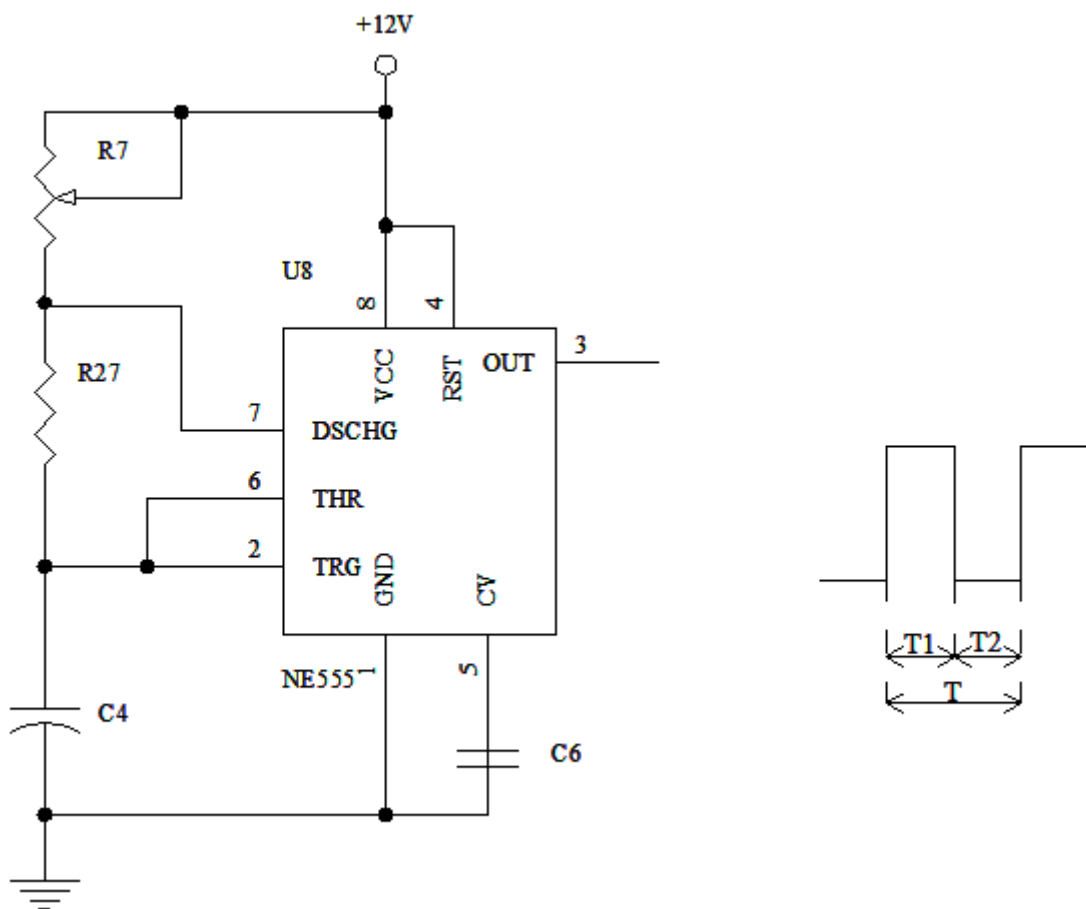
+) Chân số 2 (TRIGGER): ngõ vào của 1 tần số áp. Mạch so áp dùng các transistor PNP, mức áp chuẩn là $2.V_{cc}/3$.

+) Chân số 3 (OUTPUT): Chân này là chân dùng để lấy tín hiệu ra logic. Trạng thái của tín hiệu ra được xác định theo mức 0 và 1, 1 ở đây là mức cao nó tương ứng với gần bằng V_{cc} nếu (PWM=100%) và mức 0 tương đương với 0V nhưng mà trong thực tế mức 0 này không được 0V mà nó trong khoảng từ (0.35 -> 0.75V).

+) Chân số 4 (RESET): Dùng lập định mức trạng thái ra. Khi chân số 4 nối masse thì ngõ ra ở mức thấp. Còn khi chân 4 nối vào mức áp cao thì trạng thái ngõ ra tùy theo mức áp trên chân 2 và 6. Nhưng mà trong mạch để tạo được dao động thường hay nối chân này lên VCC.

+) Chân số 5 (CONTROL VOLTAGE): Dùng làm thay đổi mức áp chuẩn trong IC555 theo các mức điện áp ngoài hay dùng các điện trở ngoài cho nối GND. Chân này có thể không nối cũng được nhưng mà để giảm trừ nhiễu người ta thường nối chân số 5 xuống GND thông qua tụ điện từ 0.01 μ F đến 0.1 μ F các tụ này lọc nhiễu và giữ cho điện áp chuẩn được ổn định.

- +) Chân số 6(THRESHOLD) : là một trong những chân đầu vào so sánh điện áp khác và cũng được dùng như 1 chân chốt.
- +) Chân số 7(DISCHAGER) : có thể xem chân này như 1 khóa điện tử và chịu điều khiển bởi tầng logic của chân 3. Khi chân 3 ở mức áp thấp thì khóa này đóng lại.ngược lại thì nó mở ra. Chân 7 tự nạp xả điện cho 1 mạch RC lúc IC555 dùng như một mạch dao động.
- +) Chân số 8 (Vcc): Đó là chân cung cấp áp và dòng cho IC hoạt động. Không có chân này coi như IC chết. Nó được cấp điện áp từ 2V ->18V (Tùy từng loại 555 thấp nhất là NE7555).



Hình. 3.22: Mạch tạo dao động dùng NE555

Khi tụ C_4 nạp điện ta có: $T_1 = 0,693.C_4.(R_7 + R_{27})$

Khi tụ C_4 phóng điện ta có: $T_2 = 0,693.C_4.R_{27}$

Vậy chu kỳ xung là: $T = T_1 + T_2 = 0,693.C_4.(R_7 + 2.R_{27})$

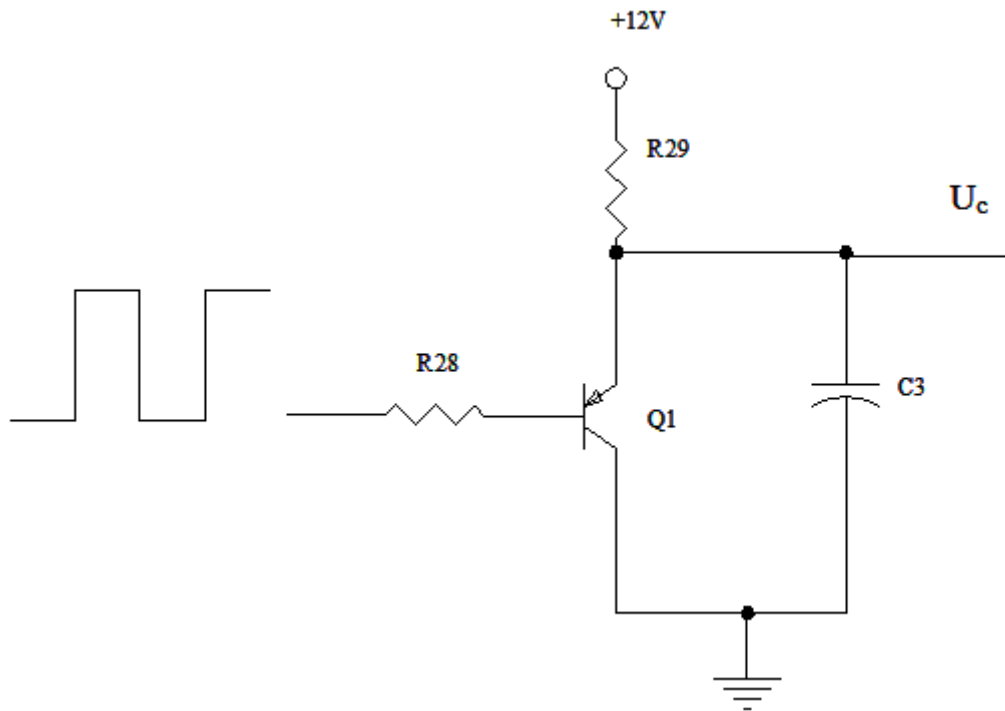
Để tạo dao động có tần số 10Khz, tức là chu kỳ dao động $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ s}$

Ta chọn: $R_7 = 50 \text{ (K}\Omega\text{)}, R_{27} = 100 \text{ (K}\Omega\text{)}, C_4 = 1 \text{ (nF)}$

Vậy: $T_1 = 0,639.10^{-9} \cdot (50000 + 100000) = 1,04.10^{-4}$ (s)

$T_2 = 6,93.10^{-9} \cdot 100000 = 6,93.10^{-5}$ (s)

- Mạch tạo xung răng cưa dùng khóa Transistor



Hình 3.23: Mạch tạo xung răng cưa dùng Transistor

Khi transistor mở, tụ C_3 phóng điện qua transistor, $U_c = 0$. Khi transistor khóa tụ C_3 nạp điện từ +12V qua R_{29} , điện áp trên tụ thay đổi theo quy luật hàm mũ với hằng số thời gian $\tau = R_{29} \cdot C_3$ [1].

$$U_c = 12 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (3.18)$$

để lấy đoạn tuyến tính của điện áp trên tụ có thể chọn $T = \frac{1}{3} \cdot \tau$

+) Chọn transistor là loại A1015 có các thông số sau:

$I_c = 150 \text{ mA} = 0,15 \text{ (A)}$

$V_{CB0} = -50 \text{ (V)}$

$V_{CE0} = -50 \text{ (V)}$

$P_{cmax} = 400 \text{ (mW)}$

Tần số hoạt động 1 kHz

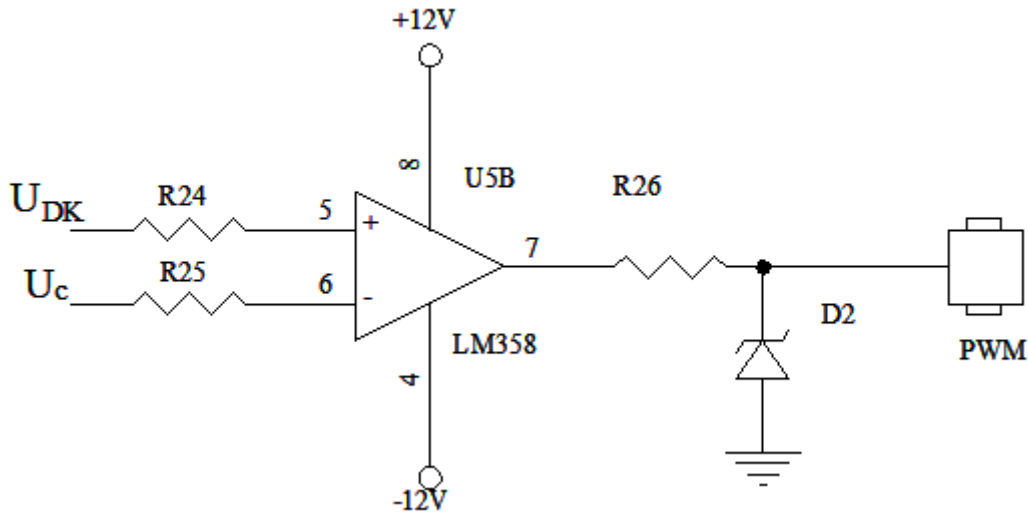
+) Dòng điện cực đại qua Bazơ là $I_B = \frac{I_C}{H_{FE}} = \frac{0,15}{90} \cdot 1,2 = 2 \text{ (mA)}$

$$\text{Mà } I_B = \frac{12-0,7}{R_{28}+R_{29}} \quad \text{Vậy } R_{28} + R_{29} = 5650 (\Omega)$$

Ta có $U_n = 12V$, $T = 10^{-4} s$, vậy $R_{29}.C_3 = 3.10^{-4}$

Chọn $R_{28} = 3 (K\Omega)$, $R_{29} = 3 (K\Omega)$, tụ $C_3 = 0,1 (\mu F)$

- Mạch so sánh

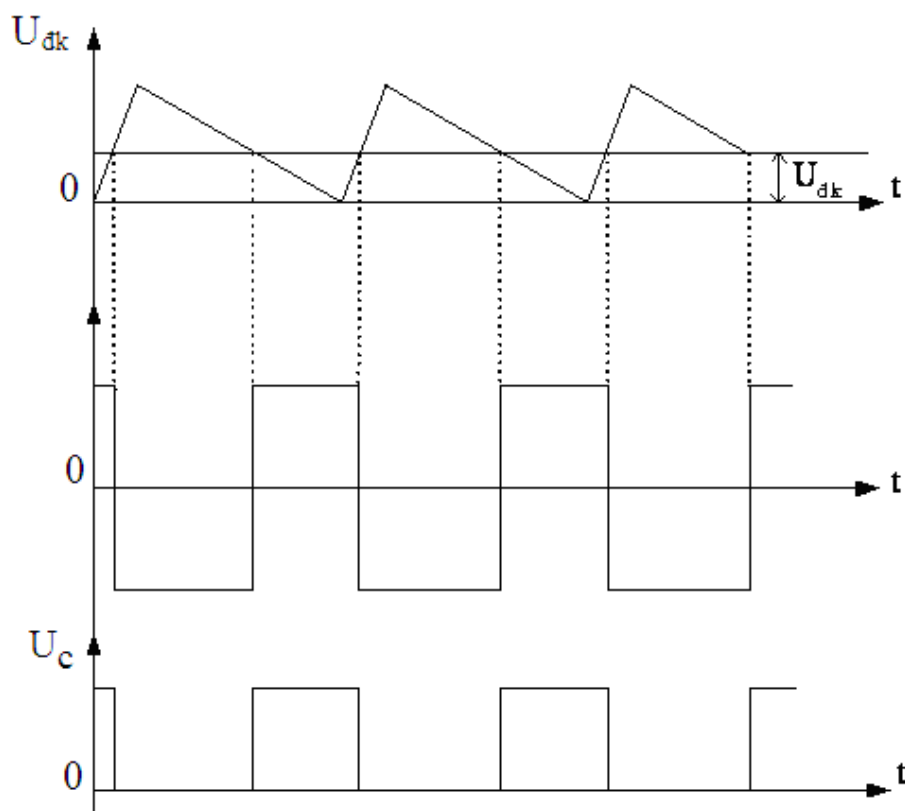


Hình 3.24: Mạch so sánh điện áp

Đây là mạch so sánh hai điện áp vào đó là: Điện áp răng cưa và điện áp điều khiển U_{dk} (lấy từ bên ngoài vào)[1]

Tại thời điểm bằng nhau về giá trị tuyệt đối của 2 điện áp này, trong phần sườn sử dụng của điện răng cưa thì mạch phát ra một xung điện áp, xung này được đưa qua khối tạo xung nó có thể thay đổi được độ dài công suất, độ dốc sườn trước. Có nghĩa là khối so sánh là nơi quyết định giá trị góc điều khiển α

Đồ thị so sánh điện áp:



Hình 3.25: Đồ thị so sánh điện áp

Muốn xác định được thời điểm mở van công suất (góc mở α) thì ta tiến hành so sánh hai tín hiệu $U_{đk}$ và U_{rc} . Điện áp răng cưa được đưa vào cửa đảo của khâu khuếch đại thuật toán qua R_{25} để so sánh với điện áp điều khiển được đưa vào cửa không đảo, điện áp điều khiển được đưa vào cửa không đảo của khâu khuếch đại thuật toán qua R_{24} .

+) Nếu $U_c < U_{đk}$ thì tín hiệu ra là dương $\rightarrow U_r > 0$.

+) Nếu $U_c > U_{đk}$ thì tín hiệu ra là âm $\rightarrow U_r < 0$.

+) Nếu $U_c = U_{đk}$ thì đó là thời điểm phát xung để mở van công suất. Vậy ở đầu ra của khâu khuếch đại thuật toán là một chuỗi xung âm dương liên tiếp. Muốn thay đổi góc mở α của van công suất thì ta thay đổi giá trị độ lớn của điện áp điều khiển $U_{đk}$.

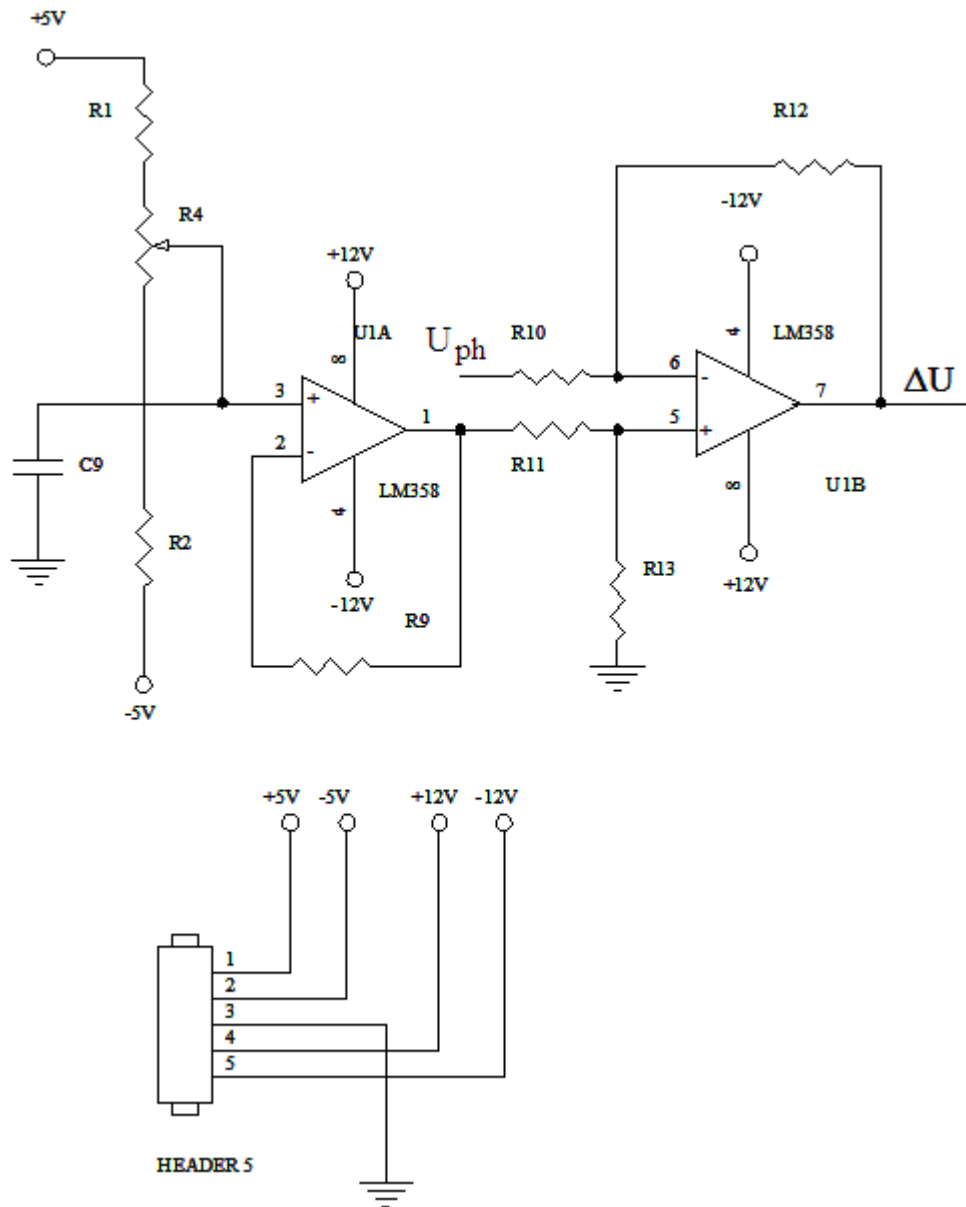
+) Điốt D_2 dùng để loại bỏ phần xung âm. Vì vậy điện áp ra chỉ còn phần xung dương.

+) Tính toán khâu so sánh

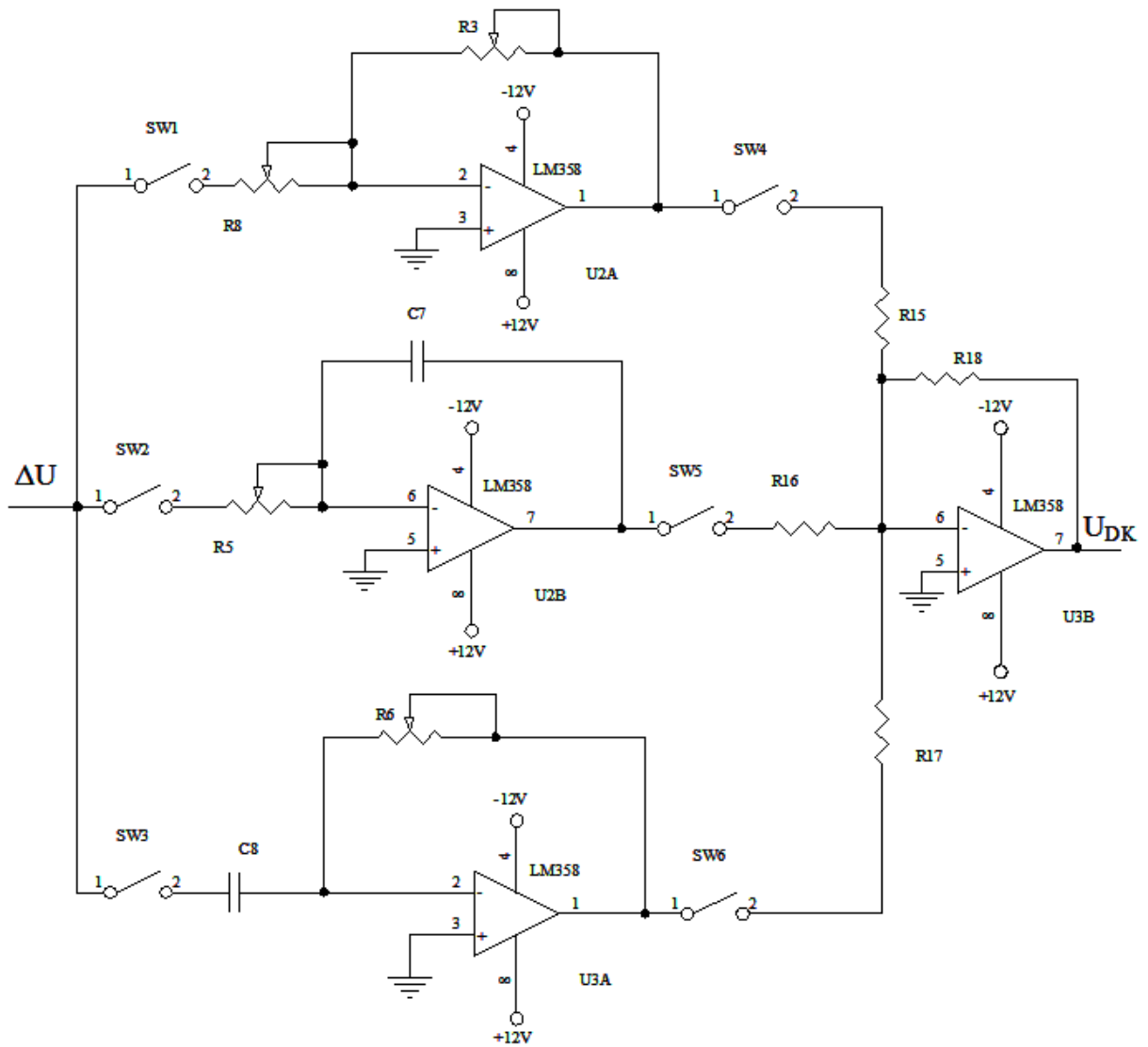
Chọn điện trở $R_{24} = R_{25} = R_{26} = 4,7 \text{ (k}\Omega\text{)}$

Điốt D_2 dùng để giới hạn điện áp đầu ra chọn loại DZ5V1

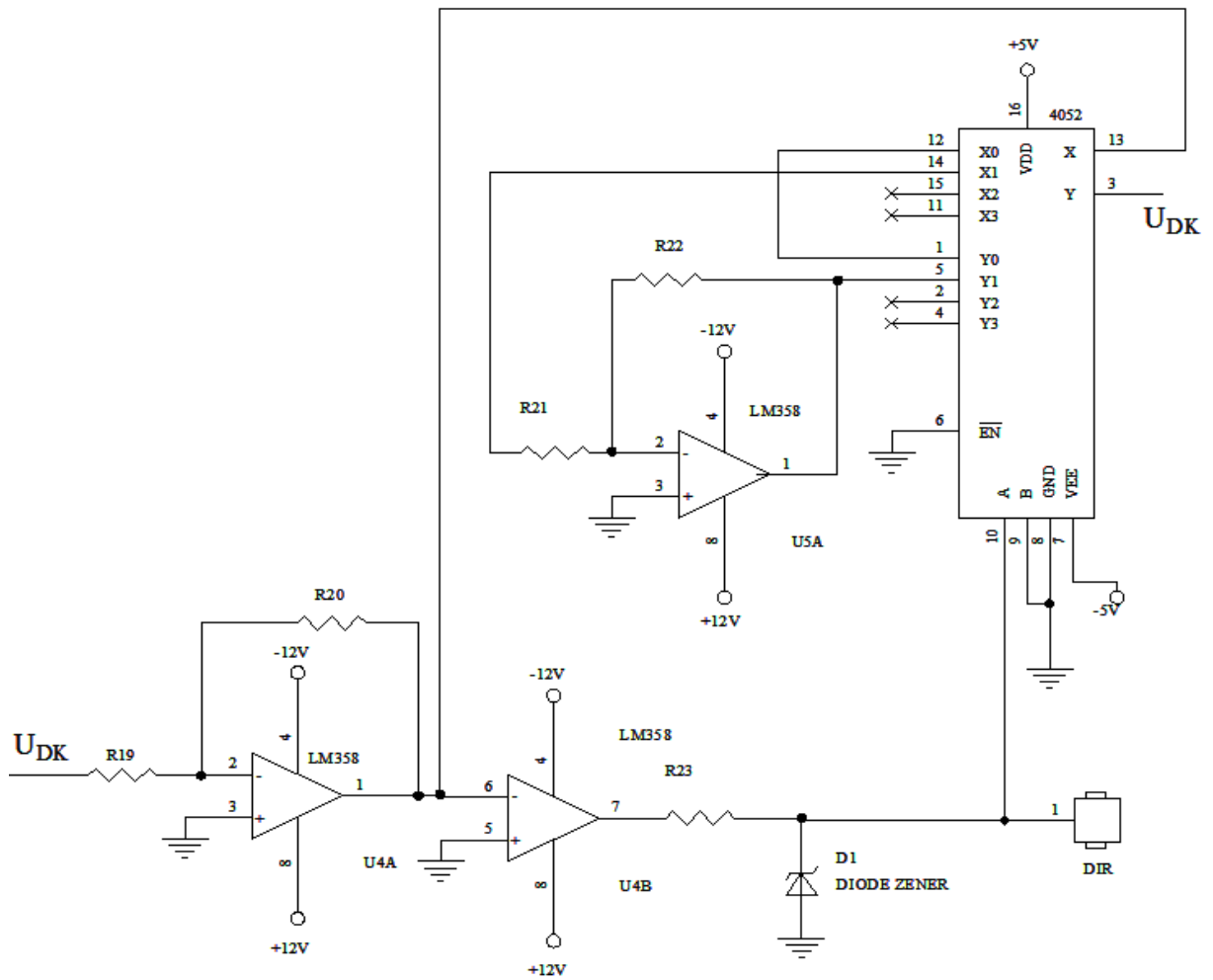
- Xây dựng mạch điều khiển



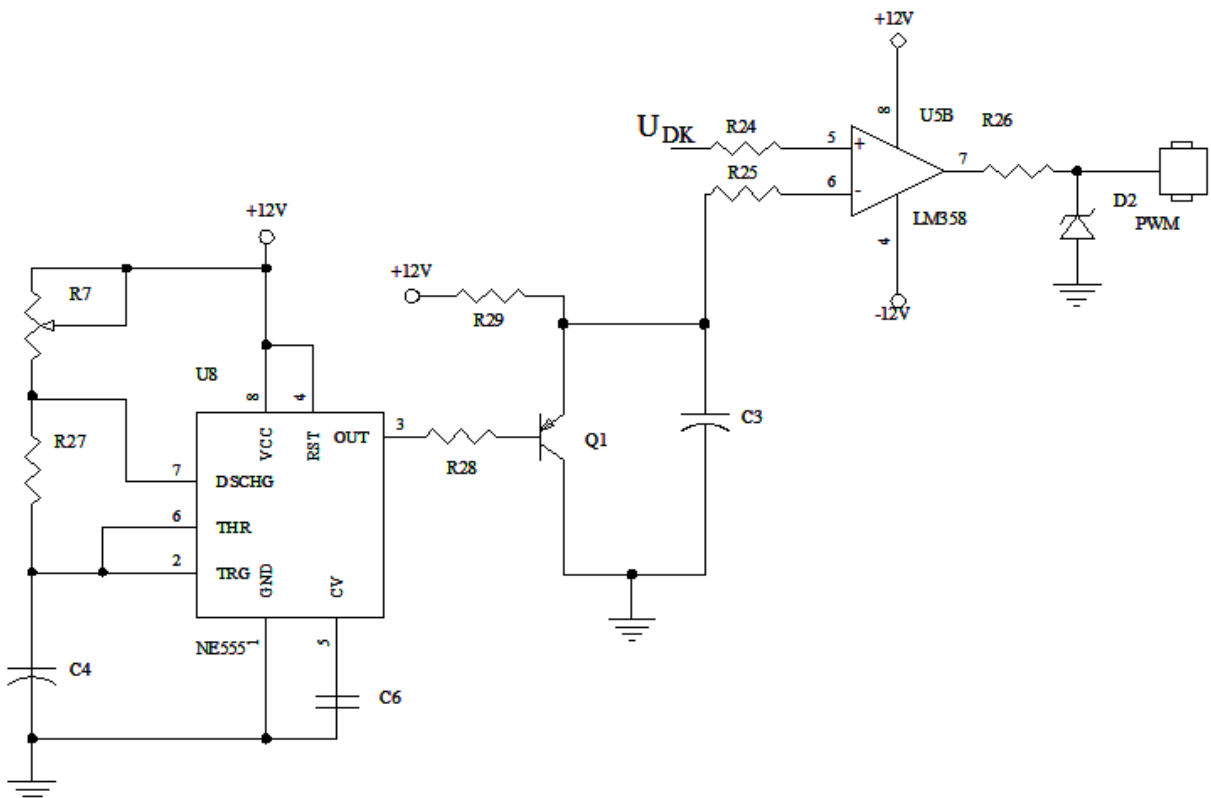
Hình 3.26: Sơ đồ nguyên lý khâu điện áp đặt và mạch trừ



Hình 3.27: Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển PID



Hình 3.28: Sơ đồ nguyên lý khâu nhận biết chiều và tách điện áp điều khiển

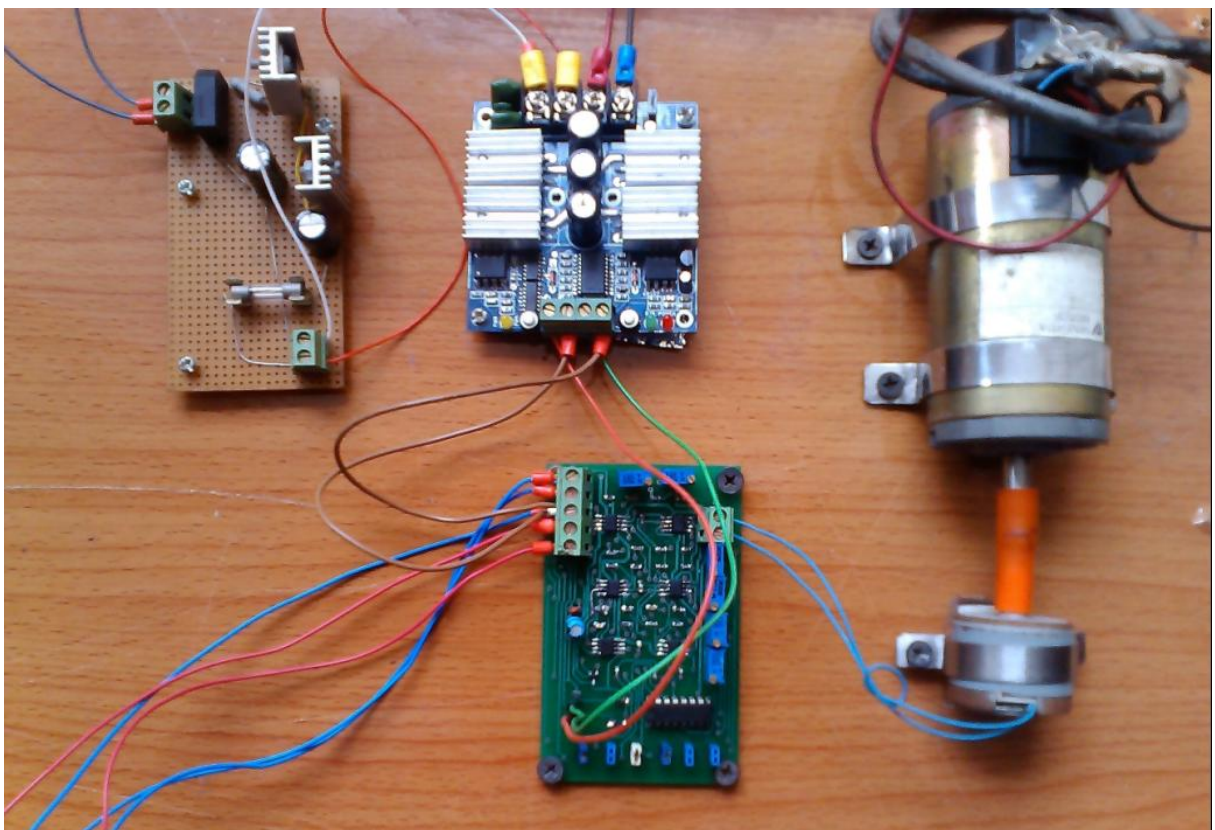


Hình 3.29: Sơ đồ mạch tạo xung răng cưa và khâu so sánh điện áp

3.3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Sau hơn ba tháng nghiên cứu em đã hoàn thành đồ án tốt nghiệp: “Nghiên cứu tổng quan về hệ truyền động điện một chiều, đi sâu xây dựng bộ điều khiển PID cho động cơ điện một chiều” với các kết quả đạt được như sau:

- Tìm hiểu tổng quan về động cơ một chiều
- Các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ một chiều
- Xây dựng mô hình hệ truyền động điện một chiều trên Matlab & Simulink
- Xây dựng bộ điều khiển PID ứng dụng cho động cơ một chiều.



Hình 3.31: Mô vật lý điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều

KẾT LUẬN

Đề tài điều khiển động cơ một chiều sử dụng bộ điều khiển PID tuy không phải là một đề tài mới, nhưng qua đó đã phản ánh được tính nghiêm túc trong việc học hỏi và vận dụng các kiến thức vào việc thực hiện đề tài.

Sau thời gian ba tháng nghiên cứu em đã hoàn thành đề tài với các kết quả đạt được như sau: Tìm hiểu tổng quan về động cơ một chiều, các phương pháp điều khiển tốc độ động cơ một chiều, xây dựng mô hình hệ truyền động điện một chiều trên Matlab & Simulink và lý thuyết điều khiển tự động từ đó làm cơ sở cho việc xây dựng bộ điều khiển PID ứng dụng cho động cơ một chiều.

Tuy nhiên bản đồ án vẫn còn một số vấn đề tồn tại, hạn chế cần giải quyết:

- +) Việc kiểm soát các tham số của bộ điều khiển PID là khá khó khăn.
- +) Chưa quan sát được một cách trực quan tốc độ động cơ trên máy tính.

Do vậy, hướng phát triển tiếp theo của đề tài sẽ là:

- +) Ứng dụng cảm biến đo dòng điện ACS712 xây dựng hệ thống điều khiển gồm 2 mạch vòng tốc độ và dòng điện cho động cơ điện một chiều.
- +) Thiết kế giao diện trên máy tính cho phép quan sát được đáp ứng tốc độ.
- +) Xây dựng bộ điều khiển PID cho hệ thống điều khiển vị trí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bính (1996), ***Điện tử công suất***. NXB Khoa Học Kỹ Thuật
2. 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
3. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn (2005), ***Cơ Sở Truyền Động Điện***. NXB Khoa học và kỹ thuật
4. Nguyễn Phùng Quang (2006), ***Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động***. NXB Khoa học và kỹ thuật
5. Design PID circuit - http://www.ecircuitcenter.com/Circuits/op_pid.htm