

**THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ 1C KÍCH TỪ ĐỘC LẬP LÀ MỘT TRONG NHỮNG ỨNG DỤNG CỦA ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT.**

MỤC LỤC

Lời mở đầu	2
<b>Chương I: Khái quát về điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều kích từ độc lập</b>	<b>4</b>
I. Khái niệm, cấu tạo, đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập	4
II. Điều khiển động cơ một chiều kích từ độc lập	9
<b>Chương II: Thiết kế bộ chỉnh lưu</b>	<b>17</b>
I. Lựa chọn sơ đồ thiết kế	17
<b>Chương III: Thiết kế mạch động lực</b>	<b>29</b>
I. Lựa chọn sơ đồ động lực	29
II. Tính chọn Tiristor	32
III. Tính chọn các thiết bị bảo vệ mạch động lực	45
IV. Thiết kế cuộn kháng lọc	49
<b>Chương IV: Tính toán mạch điều khiển</b>	<b>56</b>
I. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng	56
II. Tính toán các thông số mạch điều khiển	62
<b>Chương V: Ổn định tốc độ</b>	<b>75</b>
I. Đặc tính tĩnh của các khâu phản hồi động cơ điện một chiều	75
II. Thiết kế hệ thống tự động điều chỉnh tốc độ động cơ theo Phương pháp tối ưu modul hai mạch vòng	83

## Đồ án tốt nghiệp

---

III. Tính toán các thông số của mạch hiệu chỉnh	89
Lời kết	98
Tài liệu tham khảo	99

## LỜI MỞ ĐẦU

Những năm gần đây kỹ thuật điện tử và bán dẫn công suất lớn phát triển mạnh mẽ, các thiết bị điện tử công suất có nhiều ưu điểm là có khả năng điều khiển rộng có chỉ tiêu kinh tế cao, kích thước và trọng lượng nhỏ, độ tin cậy và chính xác cao... Ứng dụng của chúng vào việc biến đổi và điều khiển điện áp, dòng điện xoay chiều thành một chiều và ngược lại một chiều thành xoay chiều ngày càng sâu rộng. Do đó mà các thiết bị điện tử điều khiển có mặt trong hầu hết các lĩnh vực của cuộc sống.

Việc nghiên cứu tỉ mỉ về lĩnh vực điện tử công suất là rất cần thiết cho những sinh viên chuẩn bị ra trường của Khoa Điện. Không những lý thuyết xung quanh vấn đề mạch động lực mà còn phải biết kiến thức về mạch điều khiển, tính chọn các thiết bị bảo vệ, chọn thiết bị nào cho hợp lý, lắp ráp làm sao cho hài hoà, đẹp mắt.

Đề tài thiết kế hệ thống điều khiển động cơ 1c kích từ độc lập là một trong những ứng dụng của điện tử công suất.

Với đề tài này, do yêu cầu tải là động cơ 1 chiều kích từ độc lập, điện áp lấy từ lưới điện xoay chiều 3 pha nên ta phải dùng các thiết bị, sơ đồ mạch động lực của điện tử công suất để biến xoay chiều thành 1 chiều phù hợp cho tải. Tuy nhiên còn có các phương pháp khác, do yêu cầu về kinh tế, thẩm mỹ nên chọn phương pháp này.

### ***Đề tài thiết kế gồm có 5 chương:***

Chương I: Giới thiệu khái quát về điều chỉnh tốc độ của động cơ 1 chiều kích từ độc lập.

Chương II: Thiết kế chỉnh lưu

Giới thiệu về các bộ chỉnh lưu và ứng dụng vào tải - Động cơ 1 chiều kích từ độc lập.

# Đồ án tốt nghiệp

---

## Chương III: Thiết kế mạch động lực

Tính chọn tiristor trong sơ đồ chỉnh lưu sau đó tính đến các thông số cần thiết cho máy biến áp chỉnh lưu, chọn các thiết bị bảo vệ, thiết kế cuộn kháng lọc.

## Chương IV: Tính toán mạch điều khiển

Trong chương này ta lựa chọn các khâu đồng pha, sơ đồ mạch điều khiển, tính tầng KĐ cuối cùng, chọn cổng logic, chọn bộ tạo xung, chọn tầng so sánh và thiết kế tủ điện.

## Chương V: Ổn định tốc độ động cơ

Trong chương này ta lựa chọn các khâu phản hồi, sơ đồ mạch có hồi tiếp, tính các thông số cơ bản của mạch hồi tiếp.

Cùng với sự cố gắng của bản thân và được nhận sự giúp đỡ, chỉ bảo tận tình của các thầy giáo trong bộ môn, đặc biệt là sự hướng dẫn của thầy giáo TS Trần Văn Thịnh em đã hoàn thành bản đồ án tốt nghiệp này. Em rất mong nhận được sự góp ý, bổ sung của các thầy cô giáo và các bạn để đồ án của em được hoàn thiện hơn.

Em xin gửi tới thầy giáo TS Trần Văn Thịnh cùng toàn thể các thầy cô giáo trong bộ môn lời cảm ơn chân thành nhất.

Sinh viên  
Vũ Trung Tuấn

CHƯƠNG I

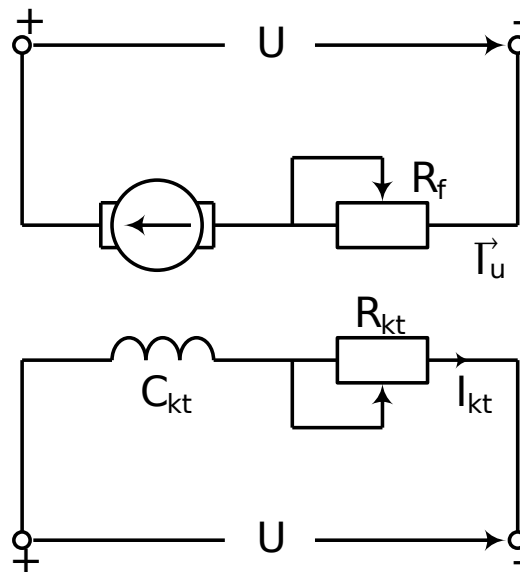
KHÁI QUÁT VỀ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU  
KÍCH TỪ ĐỘC LẬP

I. **Khái niệm, cấu tạo, đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập.**

1. **Khái niệm**

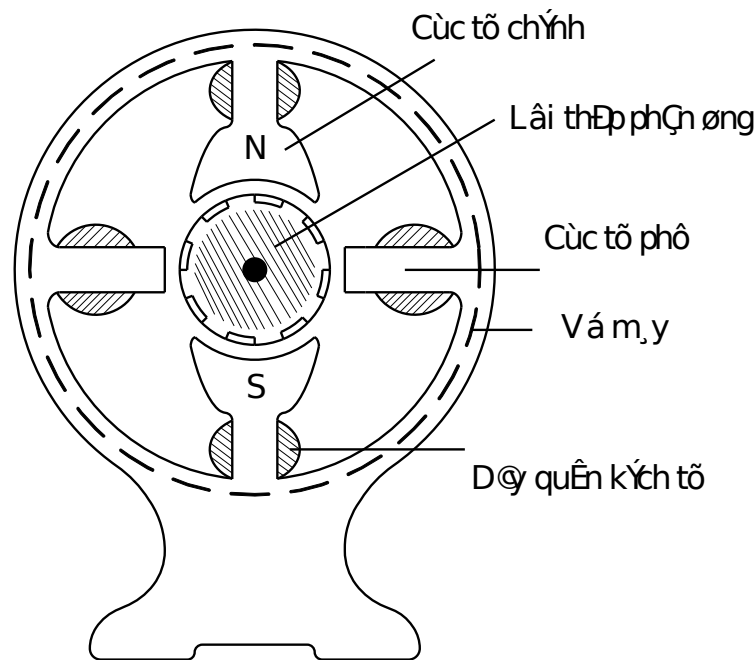
Khi nguồn điện một chiều có công suất không đủ lớn, thì mạch điện phân ứng và mạch điện từ mắc vào hai nguồn một chiều độc lập với nhau. Ta gọi là động cơ một chiều kích từ độc lập.

Ta có sơ đồ :



H×h 11

## 2. Cấu tạo



H. 1.2

Gồm 3 phần

a. Phần cảm (Stator)

Để tạo ra từ trường cho máy

- Cực từ chính

Tạo ra từ trường cho máy

Gồm có lõi thép làm bằng lá thép kỹ thuật điện cho chiều dày 1mm dập theo hình và ghép cách điện với nhau.

Xung quanh cực từ đó có dây quấn kích từ trong đó có dòng điện một chiều gọi là dòng kích từ.

Cực từ chính được bắt chặt bằng bulông.

- Cực từ phụ: Gồm có lõi sắt và dây quấn kích từ. Nó để cải thiện tia lưa điện giữa vành một chiều và chổi than.
- Vỏ máy: Ngoài nhiệm vụ bảo vệ chi tiết bên trong, còn để dẫn từ, do vậy vỏ máy làm bằng thép đúc hoặc hàn.

b. Phần ứng (rôto):

Gồm lõi thép và dây quấn phần ứng

## Đồ án tốt nghiệp

b1. Lõi thép:

Gồm lá thép kỹ thuật điện dập theo hình, mặt ngoài có rãnh đặt dây quấn phần ứng ghép cách điện với nhau.

b.2. Dây quấn phần ứng:

Thường làm bằng dây đồng, có lớp cách điện bên ngoài để tạo thành bối dây, hai cạnh tác dụng dài nối với lõi thép phần ứng. Hai đầu bối dây đầu nối với hai biến đổi chiều (phiến đồng). Các bối dây được nối với nhau tạo thành mạch kín.

b.3. Vành đổi chiều:

Do dây quấn phần ứng gồm nhiều bối dây nên vành đổi chiều gồm nhiều phiến đồng và ghép cách điện với nhau và với trục. Tỳ trên mạch đổi chiều là những cặp hệ thống chổi than đứng yên.

### **3. Đặc tính cơ của động cơ một chiều kích từ độc lập**

Ta có phương trình cân bằng điện áp của động cơ một chiều kích từ độc lập.

$$U_U = E_U + (R_U + R_f) \cdot I_U \quad (1)$$

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]

$R_f$ : Điện trở phụ trong mạch phần ứng [Ω]

$I_U$ : Dòng điện trong mạch ứng [A]

$$R_U + r_U + r_{ef} + r_b + r_{ct}$$

$r_U$ : Điện trở cuộn dây phần ứng

$r_{ef}$ : điện trở cuộn cực từ phụ

$r_b$ : Điện trở cuộn bù

$r_{ct}$ : điện trở tiếp xúc của chổi điện

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

## Đồ án tốt nghiệp

$$E_{\text{r}} = \frac{P \cdot N}{2 \cdot a} \quad K \cdot \omega \quad (2)$$

Trong đó:

P: Số độ cực từ chính

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

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

$\omega$ : Từ thông kích từ dưới 1 cực từ  $w_b$

$\omega$ : Tốc độ góc, rad/s

$$K = \frac{P \cdot N}{2 \cdot a}$$

Hệ số cấu tạo của động cơ

Biểu diễn sức điện động theo tốc độ quay n (vòng/phút)

$$E_{\text{r}} = k_e \cdot n \quad (3)$$

$$\text{Và: } \omega = \frac{2 \cdot n}{60} = \frac{n}{9,55}$$

$$E_{\text{r}} = \frac{P \cdot N}{60 \cdot a} \cdot n$$

$$k_e = \frac{P \cdot N}{60 \cdot a}$$

Hệ số sức điện động của động cơ

$$k_e = \frac{K}{9,55} = 0,105K$$

Từ phương trình (1) và (2) ta có

$$U = \frac{U}{k} - \frac{R_a \cdot R_f}{k} \cdot I_{\text{r}} \quad (4)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ điện của động cơ

Mặt khác mô men điện từ  $M_{\text{dt}}$  của động cơ được xác định bởi:

$$M_{\text{dt}} = k \cdot I_{\text{r}} \quad (5)$$

$$I_{\text{r}} = \frac{M_{\text{dt}}}{k} - \frac{R_a \cdot R_f}{k^2} \cdot M_{\text{dt}} \quad (6)$$



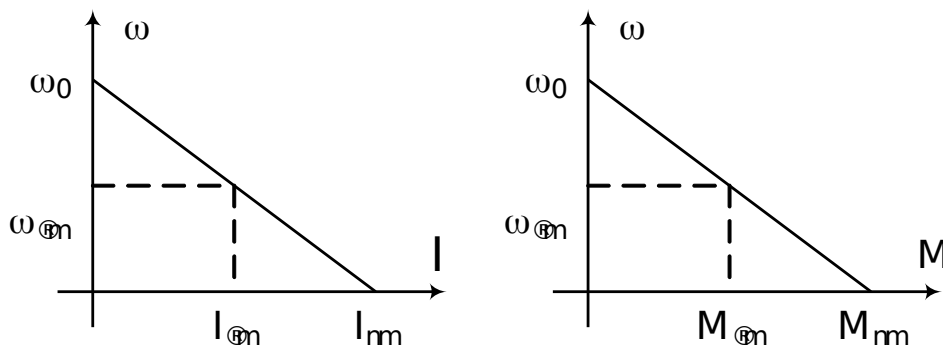
## Đồ án tốt nghiệp

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

$$\text{Khi đó: } \omega = \frac{U_{\phi}}{k} - \frac{R_{\phi}}{k^2} \cdot M \quad (7)$$

Đây là phương trình đặc tính cơ của động cơ điện 1 chiều kích từ độc lập.

Với giả thiết phản ứng phần ứng được bù đủ từ thông  $\Phi = \text{const}$  phương trình đặc tính cơ điện và phương trình đặc tính cơ là tuyến tính. Đồ thị là đường thẳng và được biểu diễn:



Hình 1.3 § 4.1 Tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Từ đồ thị trên, khi  $I_r = 0$  hoặc  $M = 0$

$$\text{Ta có: } \omega_0 = \frac{U_{\phi}}{k} \quad (8)$$

$\omega_0$ : là tốc độ không tải lý tưởng của động cơ còn khi  $\omega = 0$  ta có:

$$I_r = \frac{U_{\phi}}{R_{\phi}} = I_{nm} \quad (9)$$

$$M = k_{\phi} \cdot I_{nm} = M_{nm} \quad (10)$$

Và lúc này  $I_{nm}$ ,  $M_{nm}$  là dòng điện ngắn mạch và mô men ngắn mạch

Bây giờ, phương trình (4), (7) được viết

$$\frac{U_{\phi}}{k} - \frac{R_{\phi} I}{k} = \omega \quad (11)$$

$$\frac{U_{\phi}}{k} - \frac{R_{\phi} M}{k^2} = \omega \quad (12)$$

Trong đó:

$$R = R_u + R_f; \quad i_0 = \frac{U}{k}; \quad \frac{R}{k} \cdot I = \frac{R}{k^2} \cdot M$$

: Gọi là độ sụt tốc ứng với giá trị của M

Ta có thể biểu diễn đặc tính cơ điện và đặc tính cơ trong hệ đơn vị tương đối, với điều kiện là định mức ( $i = i_{dm}$ )

Trong đó:

$$i^* = \frac{i}{i_{dm}}; \quad I^* = \frac{I}{I_{dm}}; \quad M^* = \frac{M}{M_{dm}}; \quad R^* = \frac{R}{R_{cb}}$$

$$R_{cb} = \frac{U_{dm}}{I_{dm}} : \text{gọi là điện trở cơ bản}$$

$$\text{Ta có: } i^* = 1 - R^* \cdot I^* \quad (13)$$

$$i^* = 1 - R^* \cdot M^* \quad (14)$$

## II. Điều khiển động cơ 1 chiều kích từ độc lập

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

Ta có, phương trình đặc tính cơ

$$\frac{U}{k} - \frac{R}{k^2} \cdot M$$

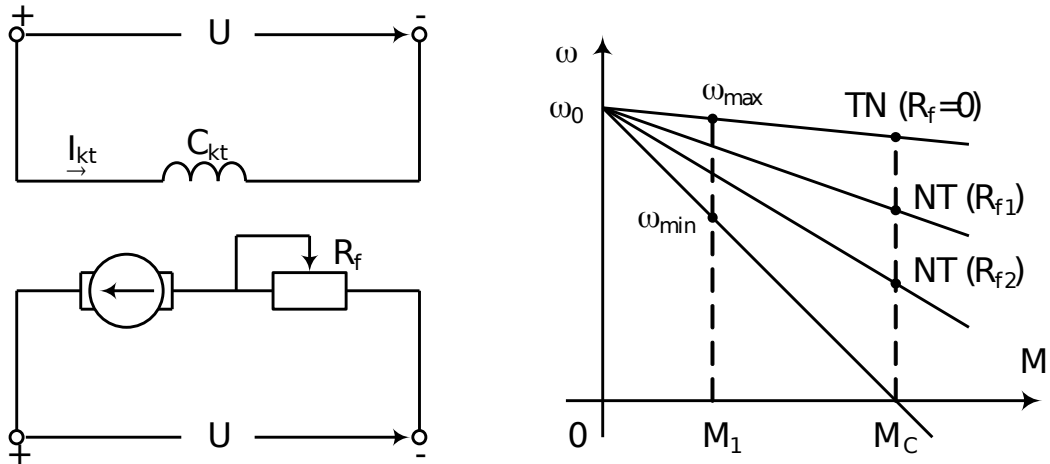
Như vậy, quan hệ:  $i = f(M)$  là tuyến tính, nó phụ thuộc vào các thông số điện: U, R.

Sự thay đổi các thông số này sẽ cho những họ đặc tính cơ khác nhau. Vì vậy mô men tải nào đó tốc độ động cơ sẽ khác nhau ở các đặc tính cơ khác nhau.

Sau đây là các phương pháp điều chỉnh:

## 1. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cách thay đổi điện trở phụ

Khi tăng mạch điện trở mạch phần ứng đặc tính cơ dốc hơn nhưng vẫn giữ nguyên tốc độ không tải lý tưởng. Họ đặc tính cơ như sau:



Hình 1.4

Sơ đồ nối dây và sơ đồ đặc tính của động cơ điện 1 chiều theo điện trở phụ ( $R_f$ )

Điện trở mạch phần ứng tăng tốc độ đặc tính cơ càng lớn, lúc đó đặc tính cơ càng mềm và ổn định tốc độ càng kém, sai số tốc độ càng lớn.

Phương pháp này chỉ cho phép thay đổi tốc độ về phía giảm (do chỉ có thể tăng thêm điện trở)

Bằng phương pháp này, khi thêm  $R_f$  vào mạch phần ứng tổn hao công suất dưới dạng nhiệt trên điện trở là lớn theo biểu thức:

$$\Delta P = (R_r + R_f) \cdot I_u^2$$

Dải điều chỉnh phụ thuộc trị số mô men tải. Tải càng nhỏ thì dải điều

chỉnh:  $D = \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}}$  càng nhỏ,  $D = (5 \quad 10)$

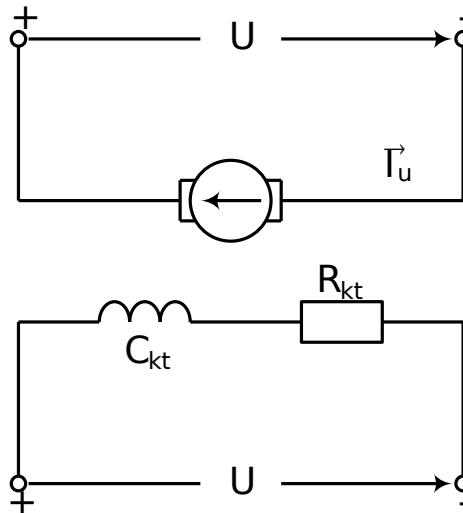
Vậy phương pháp này chỉ dùng để hạn chế dòng điện

## Đồ án tốt nghiệp

Với động cơ một chiều kích từ độc lập điều chỉnh vô cấp thì không dùng được.

### 2. Điều chỉnh động cơ bằng cách thay đổi từ thông

Sơ đồ nối dây:



Hình 1.5

Điều chỉnh từ thông kích thích của động cơ một chiều là điều chỉnh mômen điện từ của động cơ.

$$M = k \cdot I_r$$

Và sức điện động quay của động cơ:

$$E_r = k \cdot \Phi$$

Thông thường, khi thay đổi từ thông thì điện áp phản ứng được giữ nguyên giá trị định mức.

Đối với các máy điện nhỏ và đôi khi cả các máy điện công suất lớn thì dùng các bộ biến đổi đặc biệt: như máy phát, KĐ máy điện, KĐ từ, bộ biến đổi van.

Thực chất của phương pháp này là giảm từ thông. Nếu tăng từ thông thì dòng điện kích từ  $I_{kt}$  sẽ tăng dần đến khi hư cuộn dây kích từ.

## Đồ án tốt nghiệp

Do đó, để điều chỉnh tốc độ chỉ có thể giảm dòng kích từ tức là giảm nhỏ từ thông so với định mức. Ta thấy lúc này tốc độ tăng lên khi từ thông giảm:

$$= \frac{U}{k}$$

Mặt khác, ta có mô men ngắn mạch

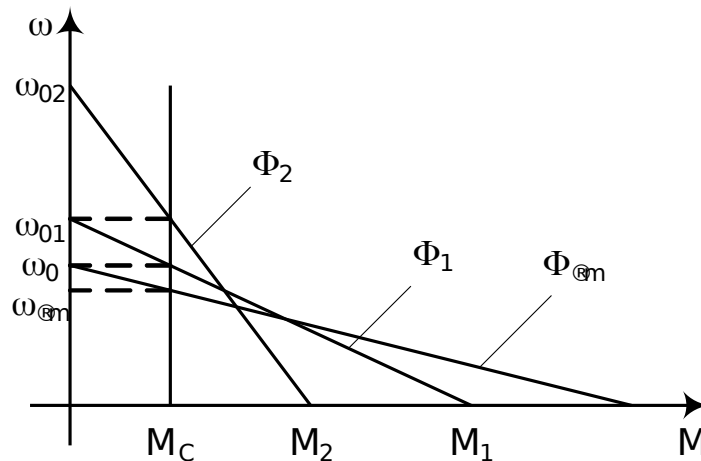
$$M_{nm} = k \cdot I_{nm}$$

Nên khi giảm sẽ làm cho  $M_{nm}$  giảm theo

Độ cứng của đường đặc tính cơ:

$$= - \frac{k \cdot 2}{R}$$

Khi giảm thì độ cứng cũng giảm, đặc tính cơ sẽ dốc hơn. Nên ta có họ đường đặc tính cơ khi thay đổi từ thông như sau:



Hình 1.6

Họ đặc tính cơ khi thay đổi từ thông

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông có thể điều chỉnh được tốc độ vô cấp và cho ra những độ lớn hơn tốc độ định mức.

Theo lý thuyết thì từ thông có thể giảm gần bằng 0. Nghĩa là tốc độ tăng đến vô cùng. Nhưng trên thực tế động cơ chỉ làm việc với tốc độ lớn nhất:

$$\frac{\max}{\min} = 3 \cdot \frac{\min}{\max}$$

Tức là phạm vi điều chỉnh:

$$D = \frac{\max}{\min} \frac{3}{1} (3 : 1)$$

Bởi vì ứng với mỗi động cơ ta có một tốc độ lớn nhất cho phép. Khi điều chỉnh tốc độ tùy theo điều kiện cơ khí, điều kiện cổ góp động cơ không thể đổi chiều dòng điện và chịu được hồ quang điện. Do đó động cơ không được làm việc quá tốc độ cho phép.

Nhận xét: phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông có thể điều chỉnh tốc độ vô cấp và cho những tốc độ lớn hơn  $n_{dm}$ , phương pháp này được dùng để điều chỉnh tốc độ cho các máy mài vạn năng hoặc máy bào. Do quá trình điều chỉnh tốc độ được thực hiện trên mạch kích từ nên tổn thất năng lượng ít, mang tính kinh tế. Thiết bị đơn giản.

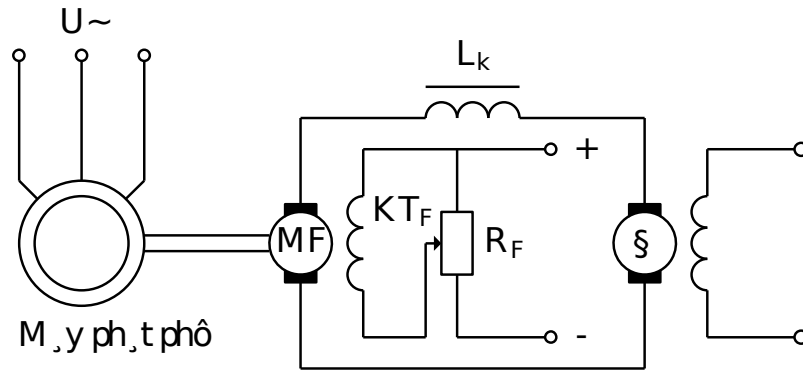
### 3. Điều chỉnh tốc độ động cơ bằng cấp điện áp phân ứng

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

Để cấp điện áp cho phần ứng động cơ có các phương pháp: Máy phát, chỉnh lưu, băm áp.

#### a) Bằng phương pháp máy phát

Ta có sơ đồ khối



Hình 1.7

Bộ biến đổi đây là máy phát điện 1 chiều kích từ độc lập, biến điện xoay chiều thành 1 chiều có sức điện động  $E_b$  điều chỉnh được nhờ có tín hiệu  $U_{dk}$

Ở chế độ xác lập

$$E_b - E_U = I_U (R_b + R_{Ud})$$

$R_b$ : điện trở trong

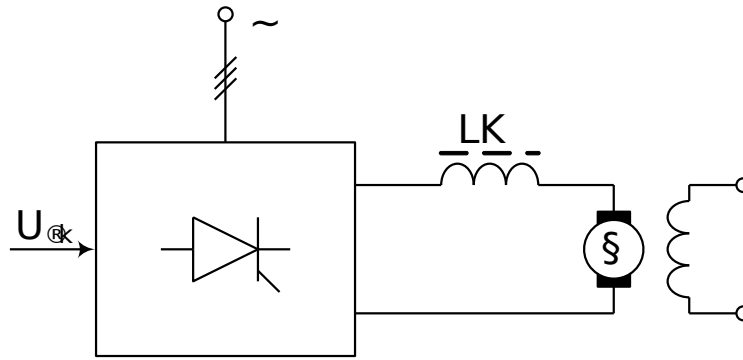
$$= \frac{E_b}{k \cdot dm} \cdot \frac{R_b}{k \cdot dm} \cdot R_{Ud} \cdot I_U \quad (15)$$

$$= \omega_0(U_{dk}) - \frac{M}{\quad} \quad (16)$$

Vì  $\omega_0 = \text{const}$   $\omega_0 = \text{const}$  phụ thuộc vào  $\omega_0$  (tốc độ không tải lý tưởng);  
mà  $\omega_0$  phụ thuộc vào  $U_{dk}$  của hệ thống. Vậy có thể nói phương pháp điều chỉnh này là triệt để.

b) Bằng phương pháp chỉnh lưu

Sơ đồ khối:



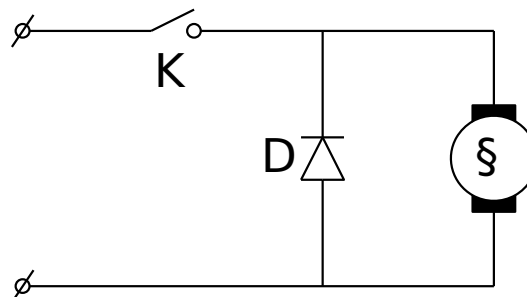
Hình 1.8

Bộ biến đổi ở đây là dùng mạch chỉnh lưu, biến năng lượng điện xoay chiều thành 1 chiều điều khiển sức điện động  $E_b$  phụ thuộc vào giá trị của pha xung điều khiển (góc điều khiển).

Phương pháp này có ưu điểm là tác động nhanh cao, không gây ồn và dễ tự động hoá do các van bán dẫn có hệ số khuếch đại công suất rất cao, điều đó thuận tiện cho việc thiết lập các hệ thống tự động điều chỉnh nhiều vòng để nâng cao chất lượng các đặc tính tĩnh và đặc tính động của hệ thống. Nhưng có nhược điểm các van bán dẫn có tính phi tuyến, dạng điện áp ra có biên độ đập mạch cao, gây tổn thất phụ trong máy điện và ở các truyền động có công suất lớn còn làm xấu mạng điện áp của nguồn và lưới xoay chiều, hệ số  $\cos \phi$  của hệ là thấp.

c) Bằng phương pháp băm xung áp

Ta có sơ đồ khối:



Hình 1.9

Điều chỉnh độ rộng xung điện áp, điều chỉnh được điện áp trung bình điện áp tải.



## Đồ án tốt nghiệp

Điện áp một chiều được điều khiển bằng cách điều khiển thời gian đóng khoá K trong chu kỳ đóng cắt. Độ rộng xung điện áp phụ thuộc vào yêu cầu điều khiển điện áp, điện cảm tải.

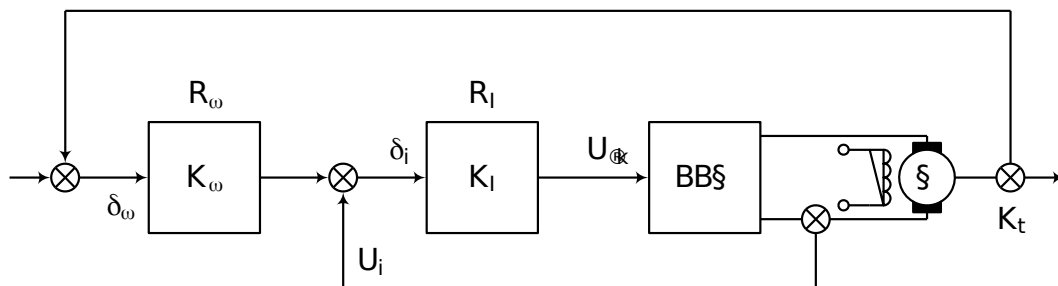
Bộ biến đổi này có ưu điểm hơn hẳn chỉnh lưu như: dễ điều khiển, làm việc được ở tần số cao, công suất điều khiển không đáng kể.

Tóm lại, trong ba phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ như đã nêu, thì phương pháp điều chỉnh cấp điện áp phần ứng động cơ là điều chỉnh vô cấp một cách triệt để, không gây tiếng ồn, dễ dàng điều chỉnh, hiệu quả kinh tế cao.

### 4. Điều khiển động cơ trong hệ thống kín

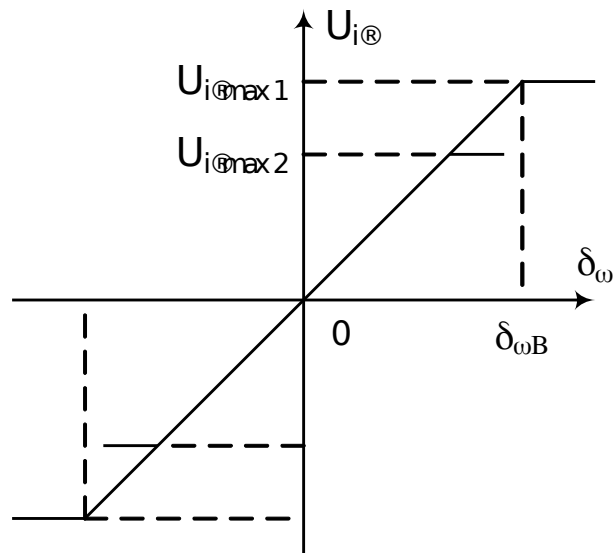
Ngoài 3 phương pháp điều chỉnh tốc độ đã nêu trên ta còn có phương pháp điều chỉnh dựa vào độ cứng của đặc tính cơ .

Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển động cơ trong hệ thống kín.



Hình 1.10

Đây là sơ đồ cơ bản nhất. Nó gồm 2 vòng điều chỉnh dòng điện ở trong bộ điều chỉnh dòng điện  $R_I$ ; vòng điều chỉnh tốc độ có bộ điều chỉnh tốc độ  $R_\omega$ , bộ điều chỉnh này có đặc tính khuếch đại vùng bão hoà (như hình vẽ dưới)



Hình 1.11

Điện áp đầu ra là điện áp đặt dòng điện phần ứng  $U_{id}$ ; giá trị bão hoà  $U_{idmax}$  chính là giá trị cực đại của dòng điện phần ứng. Bộ điều chỉnh dòng điện  $R_I$  trong mạch vòng có nhiệm vụ duy trì dòng điện phần ứng luôn bằng giá trị đặt ( $U_{id}$ ), bất kể hệ thống làm việc ổn định hay đang trong quá trình quá độ,  $R_I$  thường có cấu trúc là một khâu tỷ lệ tích phân PI như vậy mạch vòng dòng điện đã biến đổi (BD) thành một nguồn dòng điện được điều khiển bởi tín hiệu  $U_{id}$ . Vì dòng điện là một đại lượng biến thiên nhanh nên sai lệch  $i$  luôn nhỏ, bộ điều chỉnh  $R_I$  luôn làm việc ở vùng tuyến tính của đặc tính điều chỉnh.

Như vậy mạch vòng luôn tạo được đoạn đặc tính có độ cứng  $\infty$  thoả mãn đạt độ chính xác cao (tức là có độ cứng cao).

## CHƯƠNG II: THIẾT KẾ BỘ CHỈNH LƯU

Do yêu cầu đề tài và tính phổ biến, kinh tế, gọn nhẹ vì vậy ta thiết kế bộ nguồn chỉnh lưu biến điện xoay chiều thành một chiều cung cấp cho tải (tải là động cơ 1 chiều kích từ độc lập)

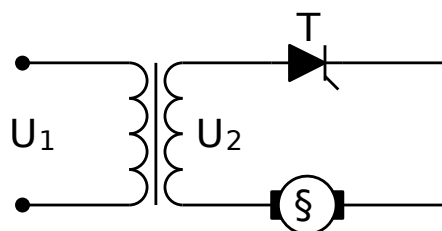
Các bộ biến đổi này có thể là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Để giảm công suất vô công, người ta thường mắc song song người với tải một chiều một điốt (loại sơ đồ này gọi là sơ đồ có điốt ngược). Trong các sơ đồ chỉnh lưu có điốt ngược, khi có và không có điều khiển, năng lượng được truyền từ phía lưới xoay chiều sang một chiều, nghĩa là các loại chỉnh lưu nhận năng lượng từ lưới khi năng lượng truyền theo chiều ngược lại (nghĩa là từ phía tải một chiều về lưới xoay chiều) thì bộ nguồn làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới.

### I. Lựa chọn sơ đồ thiết kế

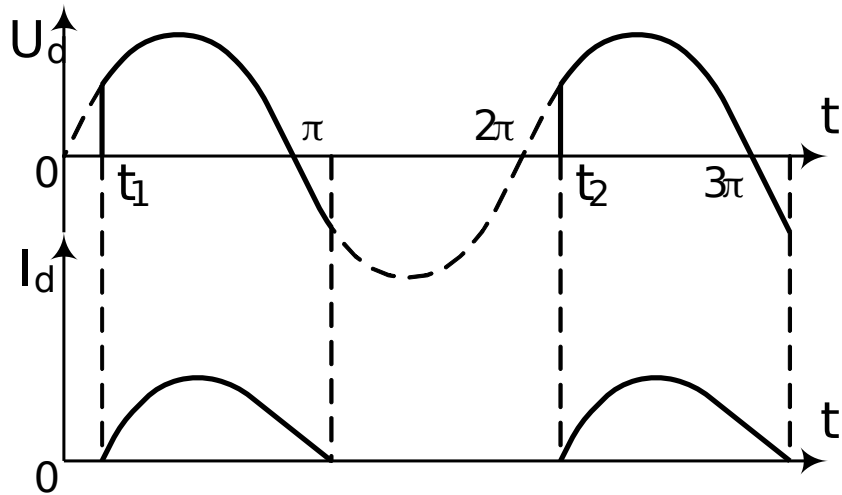
Khái quát sơ đồ chỉnh lưu

#### 1. *Chỉnh lưu một nửa chu kỳ:*

Sơ đồ:



Hình 2.1a Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ

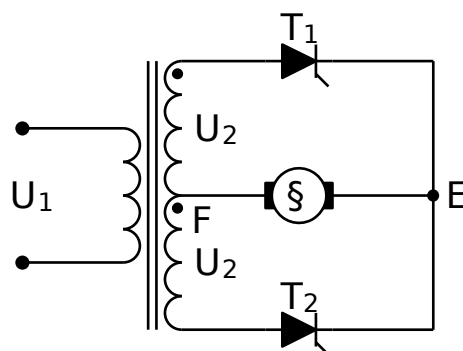


Hình 2.1b Sơ đồ chỉnh lưu bán cầu, p-vụ chỉnh lưu

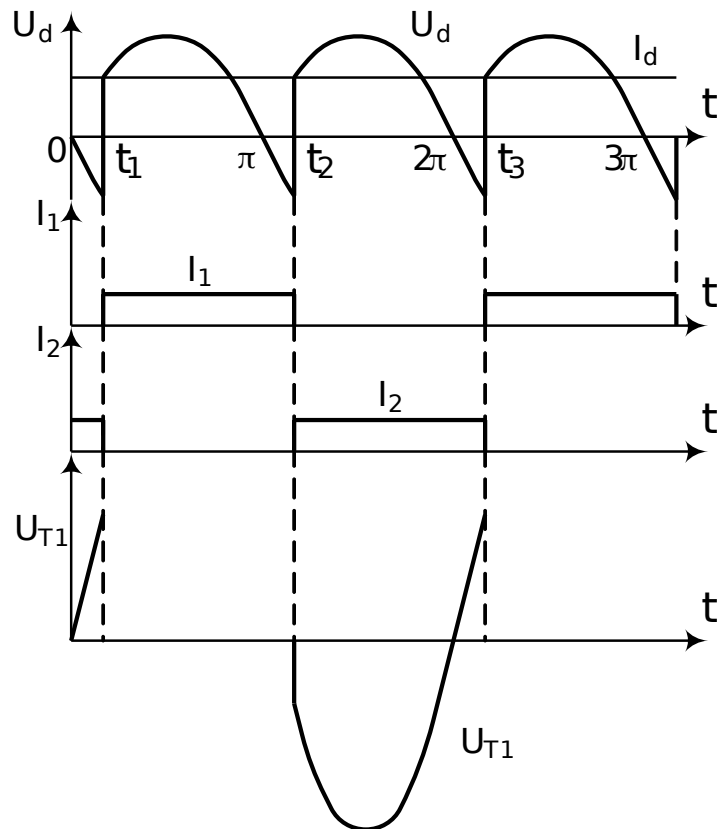
- Đường cong điện áp và dòng điện
  - Hoạt động của sơ đồ
- Ở nửa chu kỳ đầu ( $0 < t < \pi$ );  $U_{AK} > 0$ , tại  $t_1$  mở Tiristor T dẫn từ 0 ( $t_1 < t < \pi$ )
- Ở nửa chu kỳ sau ( $\pi < t < 2\pi$ );  $U_{AK} < 0$ ; Tiristor bị khoá trong khoảng ( $t_2 < t < 2\pi$ ), đến chu kỳ sau lặp lại.
- Nhận xét:

Như vậy, dòng điện và điện áp tải bị gián đoạn. Chất lượng xấu

## 2. **Chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính**



Hình 2.2a Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính



Hình 2.2b § 2.2.1: Đồ án tốt nghiệp

- Các đường cong điện áp, dòng điện tải, van  $T_1, T_2$

- Hoạt động của sơ đồ:

Ở nửa chu kỳ đầu  $U_{T1}$  dương hơn  $U_{T2}$ , do đó  $T_1$  dẫn tại thời điểm ( $t_1$ ), do cuộn dây xả năng lượng nên  $T_1$  đang dẫn, tiếp tục dẫn.

Ở nửa chu kỳ sau ( $t_2$ ), phát lệnh mở  $T_2$ , tại  $t_2$  dẫn trong khoảng ( $t_2 - t_1$ ), đồng thời  $T_1$  khoá đến chu kỳ sau, quá trình lại được lặp lại.

- Nhận xét: Ưu điểm

Dòng điện chạy qua van không quá lớn do mỗi van chỉ dẫn trong một nửa chu kỳ.

Nhược điểm :

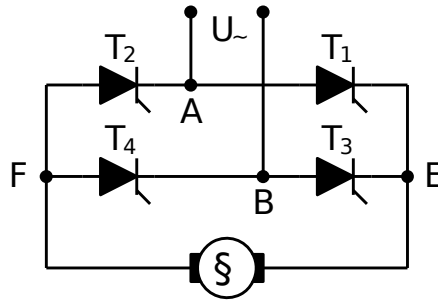
Do có 2 cuộn thứ cấp giống hệt nhau việc chế tạo rất phức tạp và hiệu suất sử dụng biến áp xấu hơn và điện áp ngược van phải chịu một trị số lớn nhất, dẫn đến việc lựa chọn các van bán dẫn là khó khăn.

$$(U_{nv} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_2)$$

## Đồ án tốt nghiệp

### 3. *Chỉnh lưu cầu một pha*

#### a) Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng



Hình 2.3 Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng

- Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng
- Hoạt động của sơ đồ

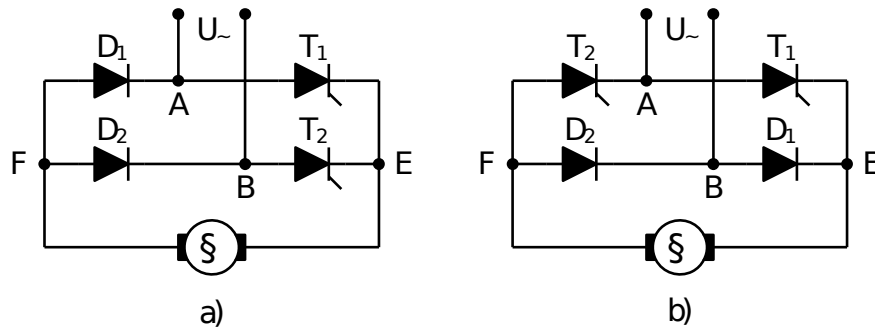
Ở nửa chu kỳ đầu,  $U_{AB} > 0$  điện áp anod của Tiristor  $T_1$  dương hơn Tiristor  $T_3$ ; điện áp catot của Tiristor  $T_2$  âm so với  $T_4$ . Nếu có lệnh điều khiển đồng thời cho cả  $T_1$ ;  $T_2$  thì  $T_1$ ;  $T_2$  dẫn từ dòng điện được đặt lên tải. Điện áp  $U_d$  (tải) còn trùng với điện áp xoay chiều chừng nào  $T_1$ ;  $T_2$  vẫn còn dẫn. Đến nửa chu kỳ sau, điện áp xoay chiều đổi dấu ( $U_{AB} < 0$ ). Anod của  $T_3$  dương, catot của  $T_4$ , cấp xung điều khiển đồng thời cho cả 2 van  $T_3$ ,  $T_4$  thì  $T_3$ ,  $T_4$  dẫn đặt điện áp 1 chiều lên tải các Tiristor còn dẫn chừng nào chưa bằng 0 sang chu kỳ kế tiếp thì quá trình lặp lại. ư

- Nhận xét: Chất lượng điện áp ra là liên tục dòng điện tải là liên tục, điện áp ngược van.

$$U_{nv} = \sqrt{2} \cdot U_2$$

Mặc dù vậy, vẫn có nhược điểm: việc điều khiển đồng thời mở 2 van bán dẫn đôi lúc gặp khó khăn.

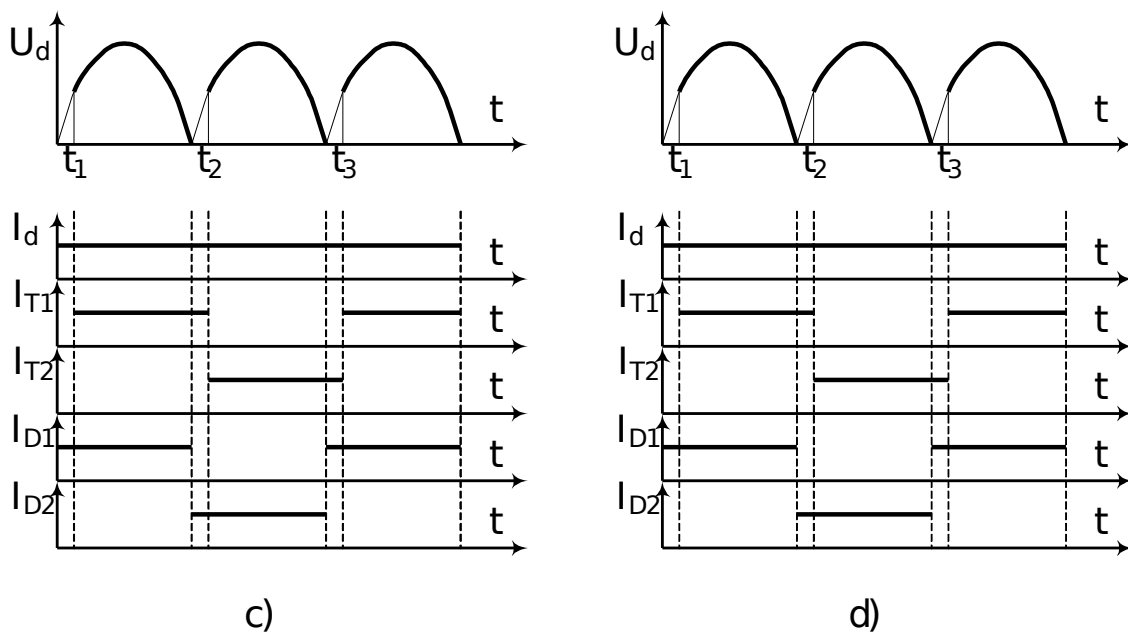
#### b) Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.



Hình 2.4 Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha bốn thyristor không hồi dòng

## - Hoạt động của sơ đồ

Trong nửa chu kỳ, điện áp  $U_{AB} > 0$ ; anốt  $T_1$  dương catốt của  $D_2$  âm  $T_1$ ,  $D_2$  dẫn, đặt điện áp một chiều vào tải; Đến nửa chu kỳ sau,  $U_{AB} < 0$ , anốt  $T_2$  dương catốt  $D_1$  âm  $T_2$ ,  $D_1$  dẫn. Khi điện áp đổi dấu cuộn dây xả năng lượng, các diot  $D_1$ ,  $D_2$  đóng vai trò của diot ngược làm khoá các van bán dẫn tiristor.



Hình 2.4 Hình ảnh sóng công

c) cho hình 2.4a

d) cho hình 2.4b

## Nhận xét:

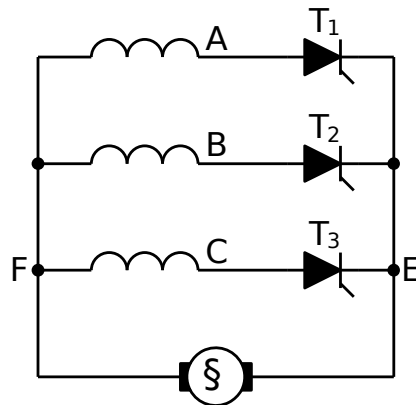
- + Dòng điện và điện áp tải tốt
- + Việc cấp xung điều khiển dễ dàng

## Đồ án tốt nghiệp

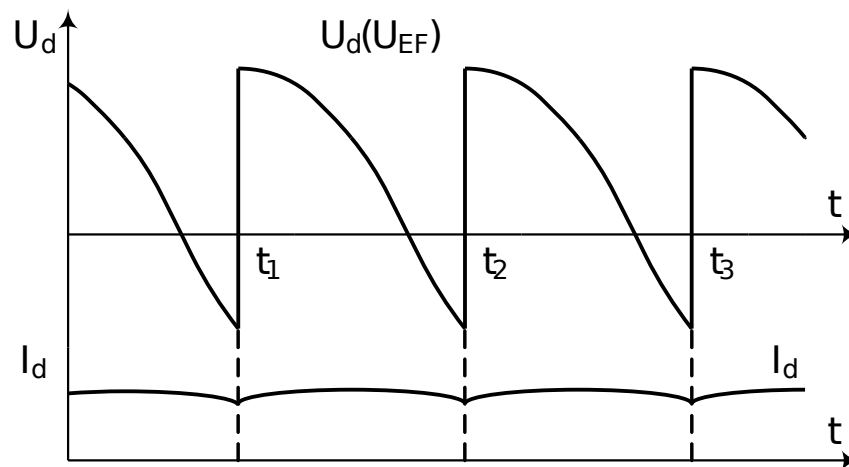
+ Điện áp ngược của van bé biến áp dễ chế tạo và có hiệu suất cao hơn.

Nhược điểm: Sụt áp trên van lớn gấp 2 lần nên đối với tải điện áp thấp hiệu suất bộ chỉnh lưu thấp việc chỉnh lưu trở nên phức tạp.

### 4. *Chỉnh lưu tia 3 pha*



Hình 2.5a Sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha



Hình 2.5b Đồ thị công suất, dòng, p, dòng

- Hoạt động của sơ đồ :

Điện áp anod  $T_1$  dương  $T_1$  dẫn  $T_2, T_3$  khoá, điện áp 1 chiều  $U_d = U_{AF}$ .

- Trong khoảng  $(t_2 \quad t_3)$ , điện áp nod  $T_2$  dương hơn  $T_2$  dẫn  $T_1, T_3$  bị khoá.

- Trong khoảng  $(t_3 \quad t_4)$  điện áp anod  $T_3$  dương  $T_3$  dẫn  $T_2, T_1$  bị khoá.

Các van bán dẫn chỉ bị khoá khi dòng  $i_{AK} = 0$



## Đồ án tốt nghiệp

Nhờ có năng lượng dự trữ trong cuộn dây mà khi điện áp đổi dấu không bị khoá và nó chỉ khoá khi mở van kế tiếp. Do vậy  $I_d$  là dòng liên tục.

- Nhận xét: Điện áp liên tục hay gián đoạn phụ thuộc vào góc mở các van bán dẫn.

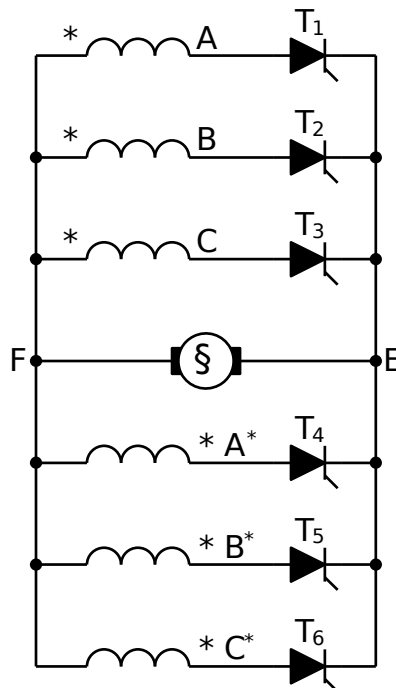
Sơ đồ chỉnh lưu tia 3 pha là sơ đồ có 3 van bán dẫn nối chung cực tính, các đầu còn lại của các van bán dẫn nối với máy biến áp tại được nối giữa cực khung với dây trung tính.

Dây trung tính chạy qua tải, do đó dây trung tính lớn hơn các dây pha.

Chỉnh lưu tia 3 pha tốt hơn 1 pha (biên độ đập mạnh tăng chất lượng càng tốt).

### 5. *Chỉnh lưu tia 6 pha*

Chỉnh lưu tia 3 pha. Chất lượng điện áp chưa thật tốt lắm. Khi cần chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta phải sử dụng sơ đồ nhiều pha hơn.



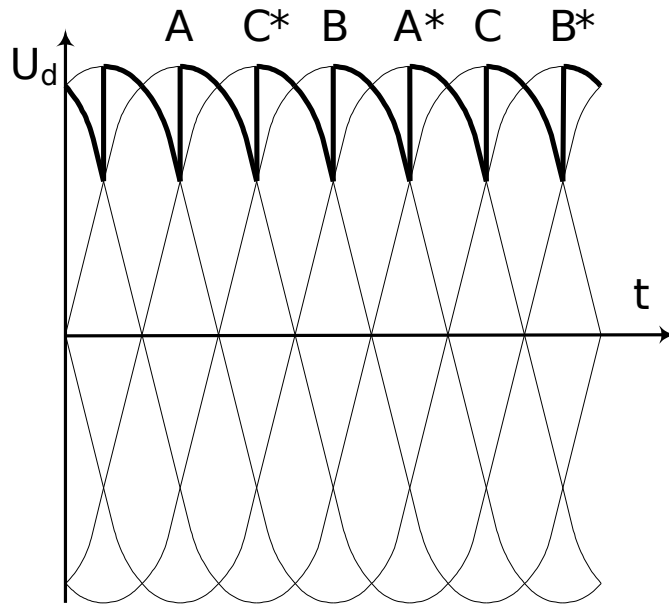
Hình 2.6a Sơ đồ chỉnh lưu tia 6 pha

- Hoạt động của sơ đồ

Hoạt động theo nguyên tắc anốt van bán dẫn nào dương hơn thì dẫn, và việc dẫn van này làm khoá van kia.

## Đồ án tốt nghiệp

Chú ý rằng các Tiristor chỉ điều khiển được sau góc thông tự nhiên (góc thông tự nhiên là giao điểm các đường cong điện áp).



Hình 2.6b Góc thông tự nhiên

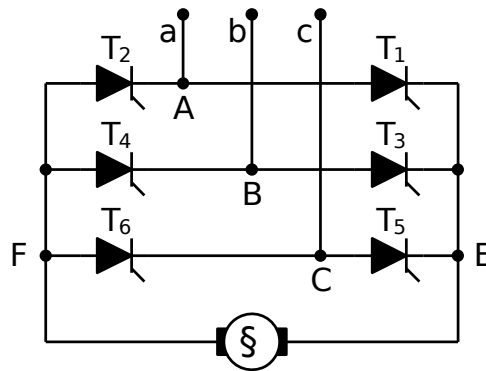
- Nhận xét:

Ta thấy, mỗi van bán dẫn chỉ dẫn trong 1/6 chu kỳ, so với sơ đồ khác dòng chảy qua các van bán dẫn là bé nhất. Do vậy mà nó có ưu điểm khi dòng tải lớn.

Tuy nhiên, cũng có nhược điểm: biến áp ba pha có 6 cuộn dây thứ cấp chế tạo phức tạp hơn. Do vậy sơ đồ này ít dùng trong thực tế.

### 6. *Chỉnh lưu cầu 3 pha*

a) Chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển đối xứng



Hình 2.7a Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển rẽ xong

- Hoạt động của sơ đồ

Tại thời điểm  $t_1$  cấp xung điều khiển  $T_1$ , đềm xung điều khiển  $T_4$ , do điện áp  $U_A$  dương hơn điện áp pha B  $T_1, T_4$  dẫn.

Lúc này  $E = A; F = B$   $U_{EF} = U_{AB}$ .  $T_1, T_4$  cùng dẫn chừng nào  $U_A$  còn dương hơn  $U_B$ .

Tại thời điểm  $t_2, U_A = U_B$   $U_{AB} = 0$   $T_1, T_4$  cùng khoá cùng khi đó,  $U_A$  dương hơn  $U_C$ , cấp xung điều khiển  $T_6$  đềm xung  $T_1$   $T_1, T_6$  dẫn,  $E = A; F = U_C$   $U_{EF} = U_{AC}$ .

Tại thời điểm  $t_3$  ta lệnh điều khiển  $T_3$ , đềm xung 6. Do  $U_B \gg U_C$  nếu  $T_6$  kịp khoá thì dẫn lại, còn chưa kịp khoá thì dẫn tiếp  $T_3, T_6$

$$U_d = U_{BC}$$

Đến  $t_4, U_B = U_C$   $T_3, T_6$  cùng khoá

Tại  $t_4$  cấp xung điều khiển  $T_2$  đềm xung  $T_3$ . Do  $U_B \gg U_A$   $T_2, T_3$  dẫn ( $T_3$  vừa kịp khoá thì lại dẫn lại)  $E = B; F = A$   $U_{EF} = U_{BA}$ .

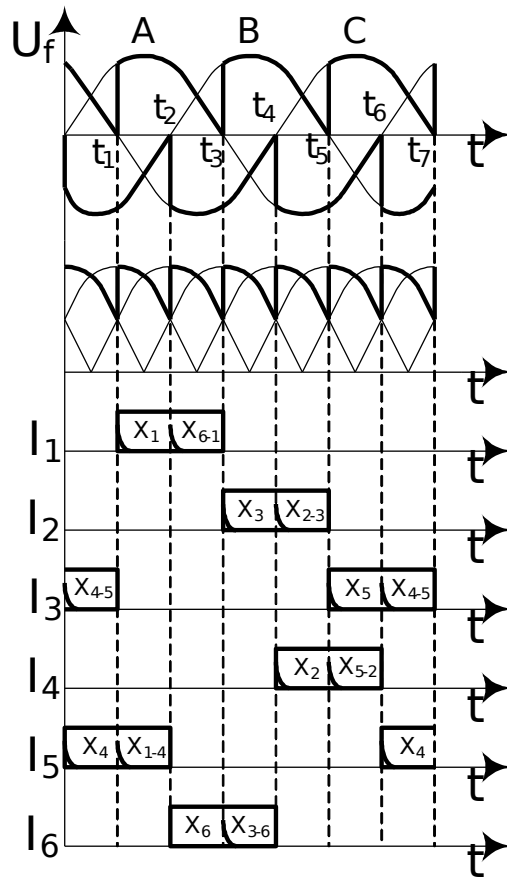
Tại thời điểm  $t_5$  cấp xung điều khiển  $T_5$  đềm xung  $T_2$ . Do  $U_C \gg U_A$   $T_2, T_5$  dẫn  $U_{EF} = U_{CA}$  và quá trình cứ xảy ra như vậy theo đúng thứ tự các pha AB, AC, BC, BA, CA.

- Nhận xét:

+ Chất lượng điện áp và dòng điện đặt lên tải là liên tục.

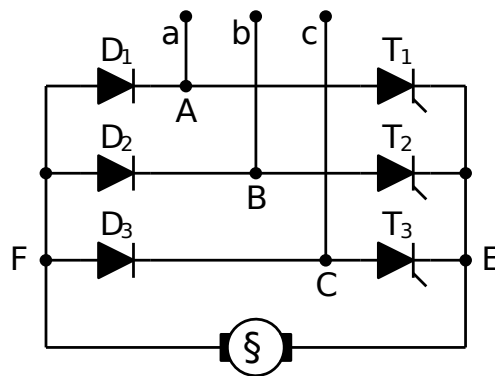
# Đồ án tốt nghiệp

Tuy nhiên gặp khó khăn trong chế tạo và vận hành (do phải đúng thứ tự pha, đệm 2 xung điều khiển đồng thời).



Hình 2.7b. Hình ảnh các xung công suất

b) Chính lưu cầu 3 pha điều khiển không đối xứng



Hình 2.8a Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng

- Hoạt động của sơ đồ

Trong khoảng  $t_1 \quad t_2$ , điện áp  $U_A \gg U_B, U_C; U_{AB} > 0$   $T_1, D_4$  dẫn

$$I_F = I_A; I_F = I_B \quad U_{EF} = U_{AB}$$

## Đồ án tốt nghiệp

Trong khoảng ( $t_2 \quad t_3$ ), điện áp  $U_A \gg U_B, U_C; U_{AC} > 0$   $T_1, D_6$  dẫn

$E = A; F = C \quad U_{EF} = U_{AC}$ . Do có cuộn dây xả năng lượng nên các điốt đang dẫn khi có điện áp đổi dấu không bị khoá. Điốt chỉ bị khoá khi ( $U_{AK} < 0$ ) năng lượng đủ để không làm khoá van.

Trong khoảng ( $t_3 \quad t_4$ ), điện áp  $U_B \gg U_A, U_C; U_{BC} > 0$   $T_3, D_6$  dẫn. E

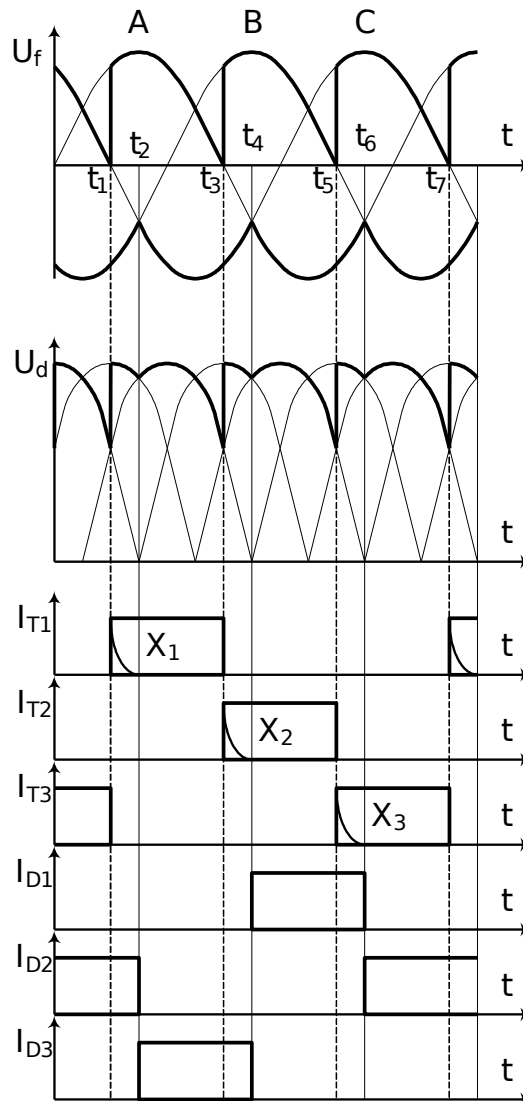
$= B; F = C \quad U_{EF} = U_{BC}$

Trong khoảng ( $t_4 \quad t_5$ ), điện áp  $U_B \gg U_A, U_C; U_{BA} > 0$   $D_2, T_3$  dẫn. E

$= B; F = A \quad U_{EF} = U_{BA}$ .

Cứ như vậy quá trình cứ tiếp diễn xảy ra

Kết quả là dòng và áp đặt vào tải là liên tục.



Hình 2.8b Giản đồ dòng công

## Đồ án tốt nghiệp

---

Nhân xét: Chính lưu cầu 3 pha là loại có chất lượng điện áp tốt nhất trong các sơ đồ thường gặp.

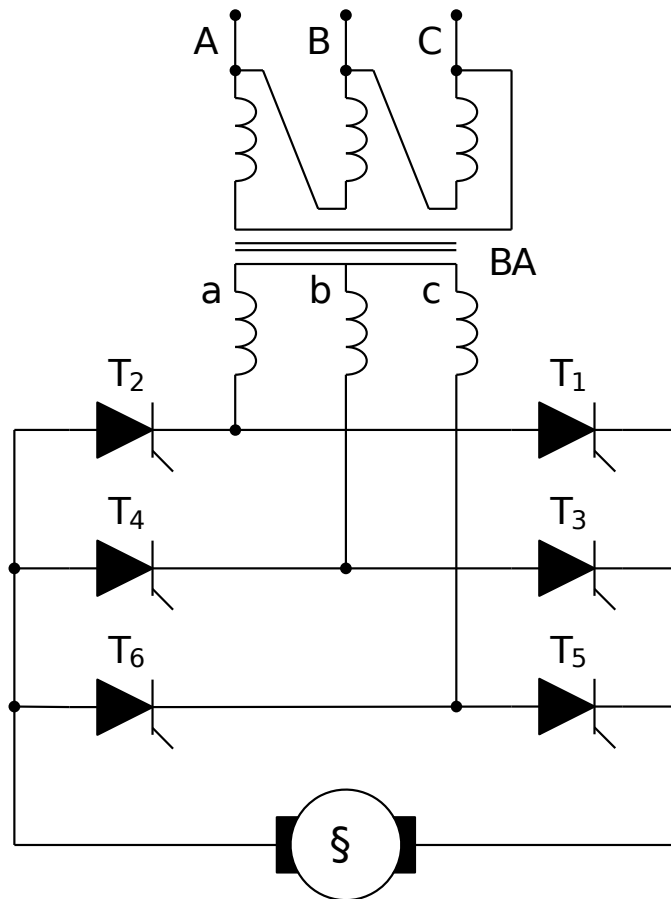
- Do dòng điện chạy từ pha này về pha kia nên biến áp có thể dấu Y (hoặc ).
- Tuy nhiên, các điều hoà bậc cao của tải lớn.
- Phải đúng thứ tự pha.

CHƯƠNG III  
THIẾT KẾ MẠCH ĐỘNG LỰC

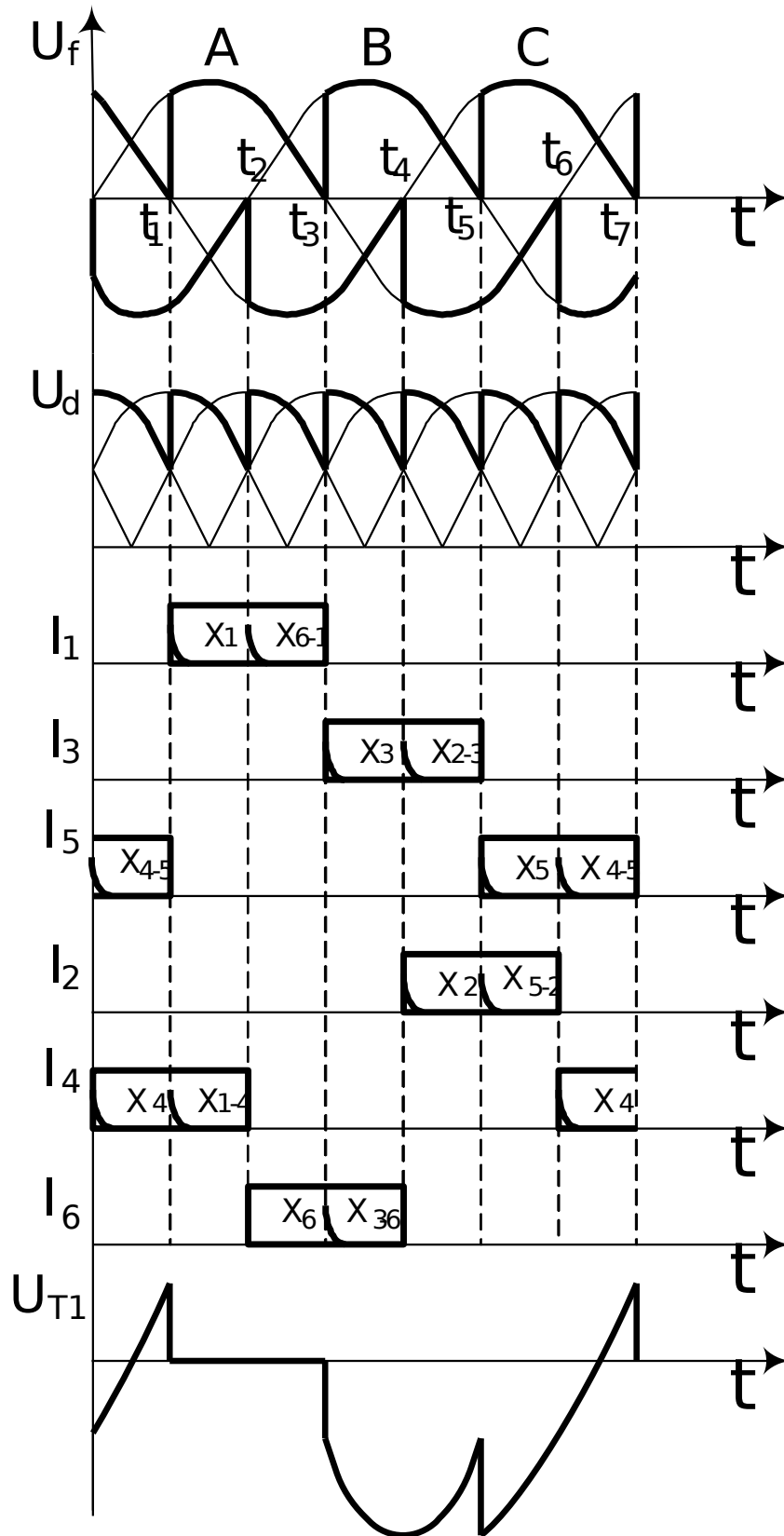
I. Lựa chọn sơ đồ động lực

1. Sơ đồ mạch động lực

Sau khi phân tích, đánh giá về chỉnh lưu với tải là động điện một chiều với công suất  $P_d = 10kW$ , thì sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển đối xứng là hợp lý hơn cả, bởi lẽ công suất này để tránh mất đối xứng biến áp, không thể thiết kế theo sơ đồ một pha, sơ đồ tia ba pha sẽ làm mất đối xứng điện áp nguồn. Nên sơ đồ thiết kế chọn là sơ đồ cầu pha có điều khiển đối xứng.



Hình 3.1a Sơ đồ nguyên lý mạch chỉnh lưu



Hình 3.1b Giới thiệu các công thức, biểu đồ và các lưu ý  
bạn cần chú ý khi sử dụng

## 2. Thuyết minh sơ đồ



## Đồ án tốt nghiệp

Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển đối xứng có thể coi như hai sơ đồ chỉnh lưu tia 3 pha mắc ngược chiều nhau, nhóm anod (NA) ba Tiristor  $T_1, T_3, T_5$  tạo thành chỉnh lưu tia ba pha cho điện áp dương. Nhóm catốt (NK)  $T_2, T_4, T_6$  tạo thành một chỉnh lưu tia cho điện áp âm. Hai chỉnh lưu này ghép lại thành cầu ba pha.

Hoạt động của sơ đồ, dòng điện chạy qua tải là dòng chạy từ pha này về pha kia, do đó tại mỗi thời điểm cần mở Tiristor đòi hỏi phải cấp hai xung điều khiển đồng thời (một ở nhóm NA, một ở nhóm NK).

Khi cấp đúng xung điều khiển, dòng điện sẽ được chạy từ pha có điện áp dương hơn về pha có điện áp âm hơn.

Vậy hoạt động của sơ đồ sẽ là:

Dòng điện chạy qua tải là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, do đó tại mỗi thời điểm cần mở Tiristor đòi hỏi cấp hai xung điều khiển đồng thời (một xung ở nhóm NA, một xung ở nhóm NK). Thứ tự cấp xung điều khiển cần tuân thủ theo đúng thứ tự pha. Khi cấp đúng các xung điều khiển, dòng điện sẽ được chạy từ pha có điện áp dương hơn về pha có điện áp âm hơn. Ví dụ trong khoảng  $t_1 - t_2$  pha A có điện áp dương hơn, pha B có điện áp âm hơn, dòng điện được chạy từ A về B qua  $T_1, T_4$ .

Khi góc mở van nhỏ hoặc điện cảm lớn, trong mỗi khoảng dẫn của một van của nhóm này (NA hay NK) thì sẽ có hai van của nhóm kia đổi chỗ cho nhau. Điều này có thể thấy rõ trong khoảng  $t_1 - t_3$  như trên hình 3.1b Tiristor  $T_1$  nhóm NA dẫn, nhưng trong nhóm NK  $T_4$  dẫn trong khoảng  $t_1 - t_2$  còn  $T_6$  dẫn tiếp trong khoảng  $t_2 - t_3$ .

Điện áp ngược các van phải chịu ở chỉnh lưu cầu ba pha sẽ bằng 0 khi van dẫn và bằng điện áp dây khi van khoá. Ta có thể lấy ví dụ van  $T_1$ : trong khoảng  $t_1 - t_3$  van  $T_1$  dẫn điện áp bằng 0; trong khoảng  $t_3 - t_5$  van  $T_3$  dẫn, lúc

## Đồ án tốt nghiệp

này  $T_1$  chịu điện áp ngược  $U_{BA}$ ; đến khoảng  $t_5 \quad t_7$  van  $T_5$  dẫn,  $T_1$  sẽ chịu điện áp ngược  $U_{CA}$ .

Động cơ điện một chiều có điện cảm xem như đủ lớn nên dòng và điện áp phản ứng liên tục, nên trị số điện áp trung bình được tính:

$$U_{\text{tr}} = U_{\text{uo}} \cdot \cos$$

Sự phức tạp của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng phải mở đồng thời hai tiristor theo đúng thứ tự pha, do đó gây không ít khó khăn khi chế tạo, vận hành và sửa chữa. Để đơn giản hơn người ta có thể sử dụng điều khiển không đối xứng.

Quá trình xảy ra cứ như vậy theo đúng thứ tự pha. Ta được dòng điện và điện áp tải là liên tục.

Các thông số cơ bản còn lại của động cơ được tính:

$$I_d \quad I_{\text{dm}} \quad \frac{P}{U_d} \quad \frac{10.000}{0,85.220} \quad 53,476(\text{A})$$

## II- Tính chọn Tiristor

Tính chọn dựa vào các yếu tố cơ bản của dòng tải, điều kiện tỏa nhiệt, điện áp làm việc, các thông số cơ bản của van được tính như sau:

Điện áp ngược lớn nhất mà Tiristor phải chịu:

$$U_{\text{nmax}} = k_{\text{nv}} \cdot U_2 = k_{\text{nv}} \cdot \frac{U_d}{K_u}$$

$$\text{Trong đó: } k_{\text{nv}} = \sqrt{6} \quad ; \quad K_u = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} = 2,34$$

$$U_{\text{nmax}} = \sqrt{6} \cdot \frac{.220}{3 \cdot \sqrt{6}} = 230,38[\text{V}]$$

Điện áp ngược của Tiristor cần chọn:

$$U_{\text{nv}} = k_{\text{dtU}} \cdot U_{\text{nmax}}$$

## Đồ án tốt nghiệp

Trong đó: chọn  $k_{dtU} = 1,8$

$$U_{nv} = 1,8 \cdot 230,38 = 414,68 \text{ [V]}$$

Làm tròn :  $U_{nv} = 415 \text{ [V]}$

Dòng làm việc của van được tính theo dòng hiệu dụng:

$$I_{lv} = I_{hd} = k_{hd} \cdot I_d = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{53,48}{\sqrt{3}} = 31,02 \text{ [A]}$$

Chọn điều kiện làm việc của van là có cánh tỏa nhiệt và đầy đủ diện tích tỏa nhiệt. Không có quạt đối lưu không khí, với điều kiện đó dòng định mức của van cần chọn:

$$I_{dm} = k_I \cdot I_{lv}$$

$$\text{Chọn: } k_I = 4 \cdot I_{dm} = 4 \cdot 31,02 = 124,08 \text{ [A]}$$

Từ các thông số  $U_{nv}$ ,  $I_{dm}$  ta chọn 6 Tiristor loại: 2N3422 có các thông số:

Điện áp ngược cực đại của van :  $U_n = 600 \text{ (V)}$

Dòng điện định mức của van :  $I_{dm} = 125 \text{ (A)}$

Đỉnh xung dòng điện :  $I_{pik} = 3000 \text{ (A)}$

Dòng điện của xung điều khiển :  $I_{dk} = 0,3 \text{ (A)}$

Điện áp của xung điều khiển :  $U_{dk} = 3 \text{ (V)}$

Dòng điện rò :  $I_r = 0,0075 \text{ (A)}$

Sụt áp lớn nhất của Tiristor ở trạng thái dẫn là :  $\Delta U = 1,8 \text{ (V)}$

Thời gian chuyển mạch:  $T_{cm} = 25 \text{ [ s]}$

Nhiệt độ làm việc cực đại cho phép :  $T_{max} = 125 \text{ (}^\circ\text{C)}$

### Tính toán máy biến áp chỉnh lưu :

Chọn máy biến áp 3 pha, 3 trụ sơ đồ đấu dây  $\Delta/Y$  làm mát bằng không khí tự nhiên

#### ***Tính chọn các thông số cơ bản***

Công suất biểu kiến của máy biến áp :

## Đồ án tốt nghiệp

$$S = k_s \cdot \frac{P_d}{0,85} = 1,05 \cdot \frac{10}{0,85} = 12,353(\text{KVA})$$

Điện áp sơ cấp máy biến áp :

$$U_1 = 380 (\text{V})$$

Điện áp pha thứ cấp máy biến áp :

Phương trình cân bằng điện áp khi có tải

$$U_{d0} \cdot \cos\alpha_{\min} = U_d + 2 \cdot \Delta U_v + \Delta U_{dn} + \Delta U_{ba} \quad (15)$$

Trong đó :

$\alpha_{\min} = 10^\circ$  là góc dự trữ khi có sự suy giảm điện lưới

$\Delta U_v = 1,8 (\text{V})$  là sụt áp trên Tiristor

$\Delta U_{dn} = 0$  là sụt áp trên dây nối

$\Delta U_{ba} = \Delta U_r + \Delta U_x$  là sụt áp trên điện trở và điện kháng máy biến áp

Chọn :

$$\Delta U_{ba} = 6\% \cdot U_d = 6\% \cdot 220 = 13,2 (\text{V})$$

Từ phương trình cân bằng điện áp khi có tải ta có :

$$U_{d0} = \frac{U_d + 2 \Delta U_v + \Delta U_{dn} + \Delta U_{ba}}{\cos\alpha_{\min}} = \frac{220 + 2 \cdot 1,8 + 0 + 13,2}{\cos 10^\circ} = 240,45 [\text{V}]$$

Điện áp pha thứ cấp máy biến áp :

$$U_{2f} = \frac{U_d}{k_u} = \frac{240,45}{2,34} = 102,76 [\text{V}]$$

Dòng điện hiệu dụng thứ cấp máy biến áp :

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 53,48 = 43,66 (\text{A})$$

Dòng điện hiệu dụng sơ cấp máy biến áp :

$$I_1 = k_{ba} \cdot I_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2 = \frac{102,76}{380} \cdot 43,66 = 11,8 [\text{A}]$$

Tính sơ bộ mạch từ :

Tiết diện sơ bộ trụ :

$$Q_{Fe} = k_Q \cdot \sqrt{\frac{S_{ba}}{m \cdot f}}$$

Trong đó :

$k_Q$ : hệ số phụ thuộc phương thức làm mát, chọn  $k_Q = 6$

$m$ : hệ số trụ của máy biến áp

$$Q_{Fe} = 6 \cdot \sqrt{\frac{12353}{3.50}} = 54,45(\text{cm}^2)$$

Đường kính trụ :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Fe}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 54,45}{\pi}} = 8,33 \text{ (cm)}$$

Chọn loại thép Э330 các lá thép dày 0,5 (mm).

Chọn mật độ từ cảm của trụ  $B_T = 1$  (T)

Chọn tỉ số :

$$m = \frac{h}{d} = 2,5 \rightarrow h = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ [cm]}$$

Chọn chiều cao trụ :  $h = 20$ [cm]

Tính toán dây quấn:

Số vòng dây mỗi pha sơ cấp máy biến áp

$$W_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B_T} = \frac{380}{4,44 \cdot 50 \cdot 54,45 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 314(\text{vòng})$$

Số vòng dây mỗi pha thứ cấp máy biến áp

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot W_1 = \frac{102,76}{380} \cdot 314 = 85 \text{ (vòng)}$$

Chọn sơ bộ mật độ dòng điện trong máy biến áp

Với dây dẫn bằng đồng, máy biến áp khô

$$\text{chọn: } J_1 = 2,75 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Tiết diện dây dẫn sơ cấp máy biến áp

## Đồ án tốt nghiệp

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{11,81}{2,75} = 4,3[\text{mm}^2]$$

Chọn dây dẫn tiết diện hình chữ nhật, cách điện cấp B

Tra bảng 21 tài liệu [2] chuẩn hóa tiết diện theo tiêu chuẩn:  $S_1 = 5,04 (\text{mm}^2)$

Kích thước có kể cách điện

$$S_{1\text{cd}} = a_1 \cdot b_1 = 1,4 \cdot 3,75 = 5,25 (\text{mm}^2)$$

Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn sơ cấp

$$J_1 = \frac{I_1}{S_1} = \frac{11,81}{5,04} = 2,34[\text{A}/\text{mm}^2]$$

Chọn:  $J_2 = 2,75 (\text{A}/\text{mm}^2)$

Tiết diện dây dẫn thứ cấp của máy biến áp

$$S_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{43,66}{2,75} = 15,88[\text{mm}^2]$$

Chọn dây dẫn tiết diện hình chữ nhật, cách điện cấp B

Tra bảng 21 tài liệu [2], chuẩn hóa tiết diện theo tiêu chuẩn:  $S_2 = 16,2 (\text{mm}^2)$

Kích thước dây dẫn có kể cách điện:

$$S_{2\text{cd}} = a_2 \cdot b_2 = 3,35 \cdot 5,00 = 16,75 (\text{mm}^2)$$

Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn thứ cấp

$$J_2 = \frac{I_2}{S_2} = \frac{43,6}{16,2} = 2,7 [\text{A}/\text{mm}^2]$$

Kết cấu dây dẫn sơ cấp:

Thực hiện dây quấn đồng tâm bố trí theo chiều dọc trục

Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp của cuộn sơ cấp

$$W_{11} = \frac{h}{b_1} \cdot \frac{2 \cdot h_g}{k_c}$$

Trong đó :

$k_c = 0,95$  : là hệ số ép chặt

## Đồ án tốt nghiệp

$h_g$  : khoảng cách từ gông đến cuộn dây sơ cấp

Chọn sơ bộ khoảng cách cách điện gông là 0,15 cm

$$W_{11} = \frac{20 \cdot 2.0,15}{0,375} \cdot 0,95 = 50[\text{vòng}]$$

Tính sơ bộ số lớp dây quấn cuộn sơ cấp

$$n_{11} = \frac{W_1}{W_{11}} = \frac{314}{50} = 6,28 \text{ (lớp)}$$

Như vậy có 314 (vòng) chia thành 7 (lớp), chọn 6 lớp đầu vào có 45 (vòng), lớp thứ 7 có  $314 - 45 \cdot 6 = 44$  (vòng)

Chiều cao thực tế của cuộn sơ cấp:

$$h_1 = \frac{W_{11} \cdot b_1}{k_c} = \frac{50 \cdot 0,375}{0,95} = 19,74[\text{cm}]$$

Chọn ống dây quấn làm bằng vật liệu cách điện có bề dày:

$$S_{01} = 0,1 \text{ (cm)}$$

Khoảng cách từ trụ tới cuộn dây sơ cấp :

$$cd_{01} = 0,2(\text{cm})$$

Đường kính trong của ống cách điện :

$$D_t = d_{Fe} + 2 \cdot cd_{01} - 2 \cdot S_{01} = 8 + 2 \cdot 0,2 - 2 \cdot 0,1 = 8,2 [\text{cm}]$$

Đường kính trong của cuộn sơ cấp :

$$D_{t1} = D_t + 2 \cdot S_{01} = 8,2 + 2 \cdot 0,1 = 8,4[\text{cm}]$$

Chọn bề dày giữa hai lớp dây ở cuộn sơ cấp :  $cd_{11} = 0,1[\text{mm}]$

Bề dày cuộn sơ cấp :

$$B_{d1} = (a_1 + cd_{11}) \cdot n_{11} = (0,14 + 0,01) \cdot 7 = 1,05[\text{cm}]$$

Đường kính ngoài của cuộn sơ cấp :

$$D_{n1} = D_{t1} + 2 \cdot B_{d1} = 8,4 + 2 \cdot 1,05 = 10,5[\text{cm}]$$

Đường kính trung bình của cuộn sơ cấp :

## Đồ án tốt nghiệp

$$D_{TB1} = \frac{D_{t1} \cdot D_{n1}}{2} = \frac{8,4 \cdot 10,5}{2} = 9,45[\text{cm}]$$

Chiều dài dây quấn sơ cấp :

$$l_1 = W_1 \cdot D_{TB1} = 314 \cdot 9,45 = 9317 [\text{cm}] = 93,17[\text{m}]$$

Chọn bề dày cách điện giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp :

$$cd_{12} = 0,3[\text{cm}]$$

Kết cấu dây quấn thứ cấp :

Chọn sơ bộ chiều cao cuộn thứ cấp :

$$h_1 = h_2 = 19,74 [\text{cm}]$$

Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp :

$$W_{12} = \frac{h_2}{b_2} \cdot k_c = \frac{19,74}{0,5} \cdot 0,95 = 37(\text{vòng})$$

Tính sơ bộ số lớp dây quấn thứ cấp :

$$n_{12} = \frac{W_2}{W_{12}} = \frac{85}{37} = 2,3(\text{lớp})$$

Chọn số lớp dây quấn thứ cấp  $n_{12} = 3$  (lớp). Chọn 2 lớp đầu có 29 vòng, lớp thứ 3 có :  $85 - 2 \cdot 29 = 27$  vòng.

Chiều cao thực tế của cuộn thứ cấp :

$$h_2 = \frac{W_{12} \cdot b_2}{k_c} = \frac{37}{0,95} \cdot 0,5 = 19,47[\text{cm}]$$

Đường kính trong của cuộn thứ cấp :

$$D_{t2} = D_{n1} + 2 \cdot cd_{12} = 10,5 + 2 \cdot 0,3 = 11,1 [\text{cm}]$$

Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp :

$$cd_2 = 0,1 (\text{mm})$$

Bề dày cuộn thứ cấp :

$$B_{d2} = (a_2 + cd_2) \cdot n_{12} = (0,335 + 0,01) \cdot 3 = 1,035 [\text{cm}]$$

Đường kính ngoài của cuộn thứ cấp :



## Đồ án tốt nghiệp

$$D_{n2} = D_{t2} + 2 \cdot B_{d2} = 11,1 + 2 \cdot 1,035 = 13,17 \text{ [cm]}$$

Đường kính trung bình của cuộn thứ cấp :

$$D_{TB2} = \frac{D_{t2} + D_{n2}}{2} = \frac{11,1 + 13,17}{2} = 12,14 \text{ [cm]}$$

Chiều dài dây quấn thứ cấp :

$$l_2 = W_2 \cdot D_{TB2} = 85 \cdot 12,14 = 3240 \text{ (cm)} = 32,40 \text{ [m]}$$

Đường kính trung bình các cuộn dây :

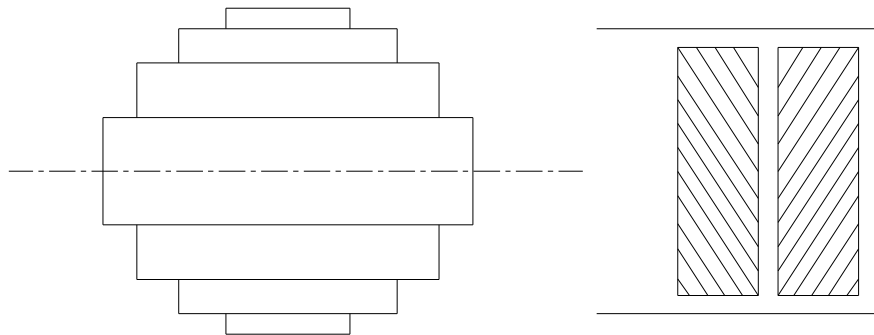
$$D_{12} = \frac{D_{t1} + D_{n2}}{2} = \frac{8,4 + 13,17}{2} = 10,78 \text{ [cm]}$$

$$r_{12} = \frac{D_{12}}{2} = \frac{10,78}{2} = 5,4 \text{ [cm]}$$

Chọn khoảng cách giữa hai cuộn thứ cấp :  $cd_{22} = 2 \text{ (cm)}$

Tính kích thước mạch từ :

Với đường kính trụ  $d = 8 \text{ (cm)}$ , ta có số bậc là 4 trong nửa tiết diện trụ



Hình 3.2 Các bậc thang ghép thành trụ

Tra bảng 41a tài liệu [2] ta có:

Toàn bộ tiết diện bậc thang của trụ :

$$Q_{bt} = 2 \cdot (7,5 \cdot 1,4 + 6,5 \cdot 0,9 + 5,5 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,5) = 43,3 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Tiết diện hiệu quả của trụ :

$$Q_T = k_{hq} \cdot Q_{bt} = 0,95 \cdot 43,3 = 41,135 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Tổng chiều dày các bậc thang của trụ :

## Đồ án tốt nghiệp

$$d_T = 2.(1,4 + 0,9 + 0,6 + 0,5) = 6,8 \text{ (cm)}$$

Số lá thép dùng trong các bậc :

$$\text{Bậc 1 : } n_1 = \frac{14,2}{0,3} = 93 \text{ (lá)}$$

$$\text{Bậc 2 : } n_2 = \frac{9,2}{0,3} = 60 \text{ (lá)}$$

$$\text{Bậc 3 : } n_3 = \frac{6,2}{0,3} = 40 \text{ (lá)}$$

$$\text{Bậc 4 : } n_4 = \frac{4,2}{0,3} = 20 \text{ (lá)}$$

Để đơn giản trong việc chế tạo gông từ, ta chọn gông có tiết diện hình chữ nhật có các kích thước sau :

Chiều dày của gông bằng chiều dày của trụ :

$$b = d_T = 6,8 \text{ (cm)}$$

Chiều cao của gông bằng tập lá thép thứ nhất của trụ :

$$a = 7,5 \text{ (cm)}$$

Tiết diện gông :

$$Q_{bg} = a.b = 6,8.7,5 = 51 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Tiết diện hiệu quả của gông :

$$Q_g = k_{hq}.Q_{bg} = 0,95.51 = 48,45 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Số thép dùng trong một gông :

$$h_g = \frac{b}{0,3} \cdot \frac{68}{0,3} = 226 \text{ (lá)}$$

Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ :

$$B_T = \frac{U_1}{4,44.f.W_1.Q_T} \cdot \frac{380}{4,44.50.31441135.10^{-4}} = 1,325 \text{ [T]}$$

Mật độ từ cảm trong gông :

$$B_g = B_T \cdot \frac{Q_T}{Q_g} = 1,325 \cdot \frac{41135}{48,45} = 1,125 \text{ [T]}$$

## Đồ án tốt nghiệp

Chiều rộng cửa sổ :

$$c = 2.(cd_{01} + B_{d1} + cd_{12} + B_{d2}) + cd_{22} = 2.(0,2+1,05+0,3+1,035)+2 = 7,17 \text{ [cm]}$$

Khoảng cách giữa hai tâm trục :

$$c' = c + d = 7,17 + 8 = 15,17 \text{ [cm]}$$

Chiều rộng mạch từ :

$$C = 2.c + 3.d = 2.7,17 + 3.8 = 38,34 \text{ [cm]}$$

Chiều cao mạch từ :

$$H = h + 2.d_{Fe} = 20 + 2.8 = 36 \text{ [cm]}$$

Tính khối lượng của sắt và đồng :

Thể tích của trụ :

$$V_T = 3.Q_T.h = 3 \cdot 41,135 \cdot 20 = 2468,1 \text{ (cm}^3\text{)} = 2,4681 \text{ [dm}^3\text{]}$$

Thể tích gông :

$$V_g = 2.Q_g.C = 2 \cdot 48,45 \cdot 38,34 = 3715,146 \text{ (cm}^3\text{)} = 3,715146 \text{ (dm}^3\text{)}$$

Khối lượng của trụ :

$$M_T = V_T \cdot m_{Fe} = 2,4681 \cdot 7,85 = 19,37 \text{ (kg)}$$

Khối lượng của gông :

$$M_g = V_g \cdot m_{Fe} = 3,715146 \cdot 7,85 = 29,16 \text{ (kg)}$$

Khối lượng của sắt :

$$M_{Fe} = M_T + M_g = 19,37 + 29,16 = 48,53 \text{ (kg)}$$

Thể tích đồng :

$$V_{cu} = 3.(S_1.l_1 + S_2.l_2) = 3.(5,04 \cdot 10^{-4} \cdot 93,17 + 16,2 \cdot 10^{-4} \cdot 32,4) = 2,9834 \text{ (dm}^3\text{)}$$

Khối lượng của đồng :

$$M_{cu} = V_{cu} \cdot M_{Fe} = 2,9834 \cdot 8,9 = 26,55 \text{ (kg)}$$

Tính các thông số của máy biến áp :

Điện trở của cuộn sơ cấp máy biến áp ở 75<sup>0</sup> C :

$$\text{Chọn : } r_{75} = 0.02133$$

## Đồ án tốt nghiệp

$$R_1 = \frac{I_1}{S_1} \cdot 0,02133 \frac{93,17}{5,04} = 0,394 [ \ ]$$

Điện trở của cuộn thứ cấp máy biến áp ở 75° C :

$$R_2 = \frac{I_2}{S_2} \cdot 0,02133 \frac{32,4}{16,2} = 0,04266 [ \ ]$$

Điện trở của máy biến áp qui đổi về thứ cấp :

$$R_{BA} = R_2 + R_1 \cdot \frac{W_2^2}{W_1^2} = 0,04266 + 0,394 \frac{85^2}{314^2} = 0,0715 [ \ ]$$

Sụt áp trên điện trở máy biến áp :

$$\Delta U_R = R_{BA} \cdot I_d = 0,0715 \cdot 53,48 = 3,82 [V]$$

Điện kháng máy biến áp qui đổi về thứ cấp :

$$X_{BA} = 8 \cdot 10^{-2} \cdot W_2^2 \cdot \frac{r}{h_{qd}} \cdot cd_{12} \cdot \frac{B_{d1} B_{d2}}{3} \cdot \omega \cdot 10^{-7}$$
$$= 8 \cdot 10^{-2} \cdot 85^2 \cdot \frac{5,55}{19,74} \cdot 0,001 \cdot \frac{1,05 \cdot 1,035}{3} \cdot 10^2 \cdot 100 \cdot 10^{-7} = 0,0406 [ \ ]$$

Điện cảm máy biến áp qui đổi về thứ cấp :

$$L_{BA} = \frac{X_{BA}}{100} = \frac{0,0406}{100} = 1,3 \cdot 10^{-4} (H) = 0,13 [mH]$$

Sụt áp trên điện kháng máy biến áp :

$$\Delta U_X = \frac{3}{\pi} \cdot X_{BA} \cdot I_d = \frac{3}{\pi} \cdot 0,0406 \cdot 53,48 = 2,07 [V]$$

$$R_{dt} = \frac{3}{\pi} \cdot X_{BA} = \frac{3}{\pi} \cdot 0,0406 = 0,039 [ \ ]$$

Sụt áp trên máy biến áp :

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = \sqrt{3,82^2 + 2,07^2} = 4,345 [V]$$

Điện áp trên động cơ khi có góc mở  $\alpha_{min} = 10^\circ$

## Đồ án tốt nghiệp

$$U = U_{d0} \cdot \cos \min - 2 \cdot \Delta U_V - \Delta U_{BA} = 236,8 \cdot \cos 10^\circ - 2 \cdot 1,8 - 4,345 = 229 \text{ [V]}$$

Tổng trở ngắn mạch qui đổi về thứ cấp :

$$Z_{BA} = \sqrt{R_{BA}^2 + X_{BA}^2} = \sqrt{0,0715^2 + 0,0406^2} = 0,082 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

Tổn hao ngắn mạch trong máy biến áp :

$$\Delta P_n = 3 \cdot R_{BA} \cdot I_2^2 = 3 \cdot 0,0715 \cdot 43,66^2 = 408,88 \text{ [W]}$$

$$\Delta P\% = \frac{P_n}{S} \cdot 100 = \frac{408,88}{12353} \cdot 100 = 3,31\%$$

Tổn hao có tải, có kể đến 15% tổn hao phụ :

$$P_0 = 1,3 \cdot n_f \cdot (M_T \cdot B_T^2 + M_g \cdot B_g^2) = 1,3 \cdot 1,15 \cdot (19,37 \cdot 1,325^2 + 29,16 \cdot 1,125^2) \\ = 106 \text{ [W]}$$

$$P\% = \frac{106}{12353} \cdot 100 = 0,86\%$$

Điện áp ngắn mạch tác dụng :

$$U_{nr} \% = \frac{R_{BA} \cdot I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{0,0715 \cdot 43,66}{10276} \cdot 100 = 3,04\%$$

Điện áp ngắn mạch phản kháng :

$$U_{nx} \% = \frac{X_{BA} \cdot I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{0,0406 \cdot 43,66}{10276} \cdot 100 = 1,72\%$$

Điện áp ngắn mạch phần trăm :

$$U_n = \sqrt{U_{nr}^2 + U_{nx}^2} = \sqrt{3,04^2 + 1,72^2} = 3,5\%$$

Dòng điện ngắn mạch xác lập :

$$I_{2nm} = \frac{U_2}{Z_{BA}} = \frac{10276}{0,082} = 1253 \text{ [A]}$$

Dòng điện ngắn mạch tức thời cực đại :

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{2nm} \cdot 1 \cdot e^{-\frac{U_{nr}}{U_{nx}}} = \sqrt{2} \cdot 1253 \cdot 1 \cdot e^{-\frac{3,04}{1,72}} = 1786 \text{ [A]}$$

## Đồ án tốt nghiệp

$I_{\max} = I_{\text{pik}} = 3000 \text{ [A]}$  : đỉnh xung max của Tiristor

Kiểm tra máy biến áp thiết kế có đủ điện kháng để hạn chế tốc độ biến thiên của dòng chuyển mạch.

Giả sử chuyển từ mạch  $T_1$  sang  $T_3$ , ta có phương trình :

Từ công thức :

$$2.L_{BA} \cdot \frac{di_c}{dt} = U_{23} - U_{2a} = \sqrt{6} \cdot U_2 \cdot \sin(\theta - \alpha)$$

$$\frac{di_c}{dt} \text{ đạt max khi } \sin(\theta - \alpha) = 1$$

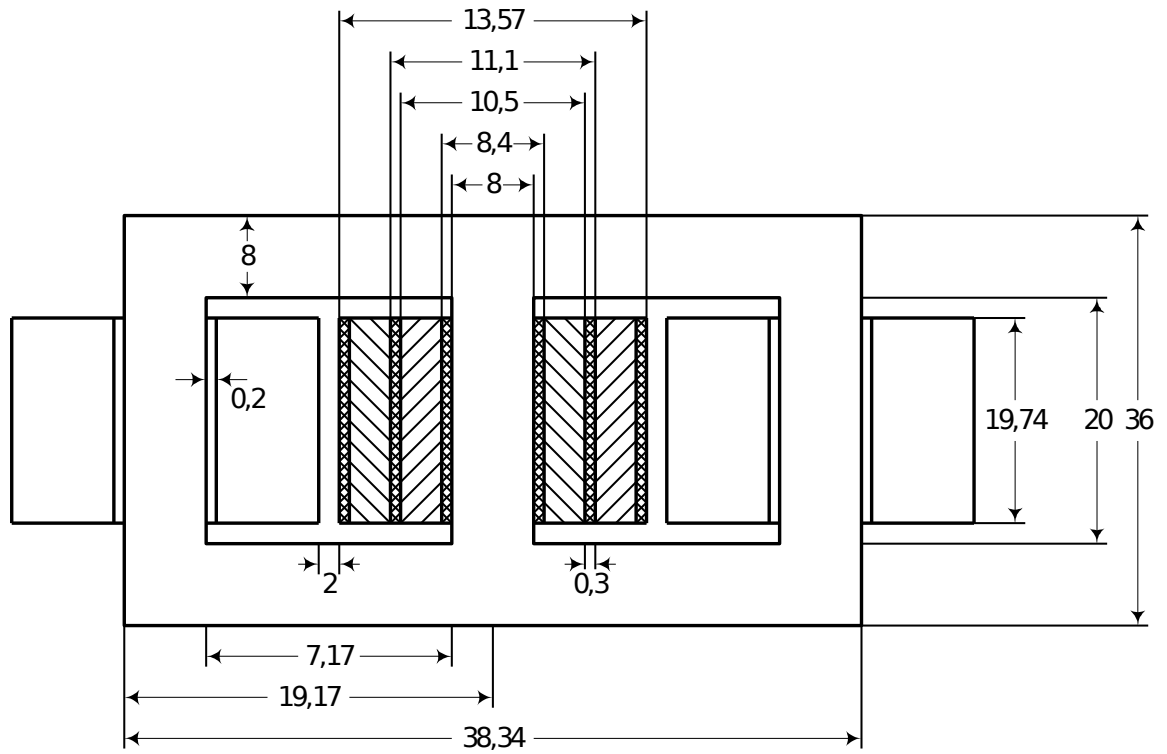
$$\frac{di_c}{dt} \text{ max} = \frac{\sqrt{6} \cdot U_2}{2.L_{BA}} = \frac{\sqrt{6} \cdot 10276}{2 \cdot 0,13 \cdot 10^{-3}} = 968,114 \text{ (A/s)} = 0,97 \text{ (A/}\mu\text{s)}$$

$$\frac{di_c}{dt} \text{ max} = 0,97 \text{ (A/}\mu\text{s)} \quad \frac{di_c}{dt} \text{ cp} = 100 \text{ (A/}\mu\text{s)}$$

Vậy máy biến áp thiết kế sử dụng tốt.

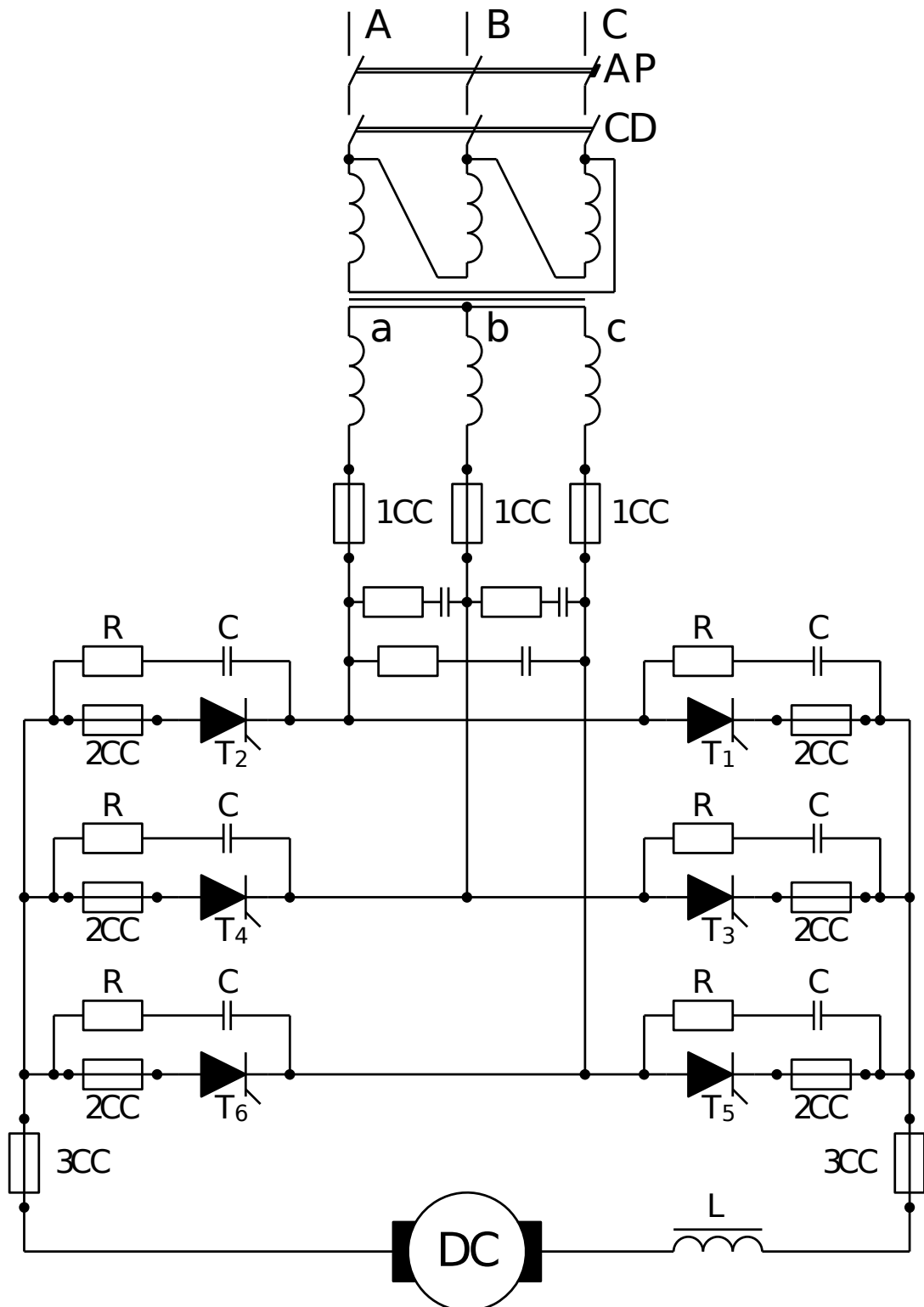
Hiệu suất thiết bị chỉnh lưu :

$$\eta = \frac{U_d \cdot I_d}{S} \cdot 100 = \frac{22053,48}{12353} \cdot 100 = 95 \%$$



Hình 3.3 s- @ k Ờ c Ờ m, y bi Ờ n , p

III- Tính chọn các thiết bị bảo vệ mạch động lực:



Hình 3.3 Sơ đồ mạch động lực các thiết bị bảo vệ

Bảo vệ quá nhiệt cho các van bán dẫn :



## Đồ án tốt nghiệp

Khi van bán dẫn làm việc, có dòng điện chạy qua, trên van có sụt áp  $\Delta U$ , do đó có tổn hao  $\Delta P$ . Tổn hao này sinh nhiệt, đốt nóng van bán dẫn. Mặt khác, van bán dẫn chỉ được phép làm việc dưới nhiệt cho phép ( $T_{cp}$ ), nếu quá nhiệt độ cho phép thì các van bán dẫn sẽ bị phá hỏng. Để van bán dẫn làm việc an toàn, không bị chọc thủng về nhiệt, phải chọn và thiết kế hệ thống tỏa nhiệt hợp lí.

Tính toán cánh tỏa nhiệt :

Thông số cần có :

Tổn thất công suất trên 1 Tiristor :

$$\Delta P = \Delta U \cdot I_{lv} = 1,8 \cdot 31,02 = 55,84 [\text{W}]$$

Diện tích bề mặt tỏa nhiệt :

$$S_{TN} = \frac{P}{k_m}$$

Trong đó :

$\tau$  : độ chênh nhiệt độ so với môi trường.

Chọn nhiệt độ môi trường  $T_{mt} = 40^{\circ} \text{C}$ . Nhiệt độ làm việc cho phép của Tiristor :  $T_{cp} = 125^{\circ} \text{C}$ . Chọn nhiệt độ trên cánh tỏa nhiệt :  $T_{lv} = 80^{\circ} \text{C}$

$$\tau = T_{lv} - T_{mt} = 80 - 40 = 40^{\circ} \text{C}$$

$k_m$  : hệ số tỏa nhiệt bằng đối lưu và bức xạ. Chọn :  $k_m = 8 \text{ (W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$

$$S_{TN} = \frac{P}{k_m} = \frac{55,84}{8 \cdot 40} = 0,1745 [\text{m}^2]$$

Chọn loại cánh tỏa nhiệt có 10 cánh, kích thước mỗi cánh :

$$a \times b = 10 \times 10 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Tổng diện tích tỏa nhiệt của cánh :  $S_{TN} = 10 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10 = 2000 \text{ (cm}^2\text{)}$

## Đồ án tốt nghiệp

### Bảo vệ quá dòng điện cho van :

Aptomat dùng để đóng cắt mạch động lực, tự động cắt mạch khi quá tải và ngắn mạch Tiristor, ngắn mạch đầu ra độ biến đổi, ngắn mạch thứ cấp máy biến áp, ngắn mạch ở chế độ nghịch lưu.

Chọn 1 Aptomat có :

Dòng điện làm việc chạy qua Aptomat :

$$I_{lv} = \frac{S_{BA}}{\sqrt{3.380}} = \frac{12353}{\sqrt{3.380}} = 18,77 \text{ [A]}$$

Dòng điện Aptomat cần chọn :

$$I_{dm} = 1,1.I_{lv} = 1,1.18,77 = 20,65 \text{ [A]}$$

$$U_{dm} = 380 \text{ (V)}$$

Có 3 tiếp điểm chính, có thể đóng cắt bằng tay hoặc bằng nam châm điện.

Chính định dòng ngắn mạch :  $I_{nm} = 2,5.I_{lv} = 2,5.18,77 = 47 \text{ [A]}$

Dòng quá tải :  $I_{qt} = 1,5.I_{lv} = 1,5.18,77 = 28 \text{ [A]}$

Từ thông số trên chọn Aptomat EA52-G do Nhật chế tạo, có thông số :

$$I_{dm} = 20 \text{ [A]}$$

$$U_{dm} = 380 \text{ [V]}$$

Chọn cầu dao có dòng định mức :  $I_{dm} = 1,1.I_{lv} = 1,1.18,77 = 20,65 \text{ [A]}$

Cầu dao dùng để tạo khe hở an toàn khi sửa chữa hệ thống truyền động và dùng để đóng, cắt bộ nguồn chỉnh lưu khi khoảng cách từ nguồn cấp tới bộ chỉnh lưu đáng kể.

Dùng dây chảy tác động nhanh để bảo vệ ngắn mạch các Tiristor, ngắn mạch đầu ra của bộ chỉnh lưu.

Nhóm 1cc : dòng điện định mức dây chảy nhóm 1cc :

$$I_{1cc} = 1,1.I_2 = 1,1.43,66 = 50 \text{ [A]}$$

Nhóm 2cc : dòng điện định mức dây chảy nhóm 2cc :

## Đồ án tốt nghiệp

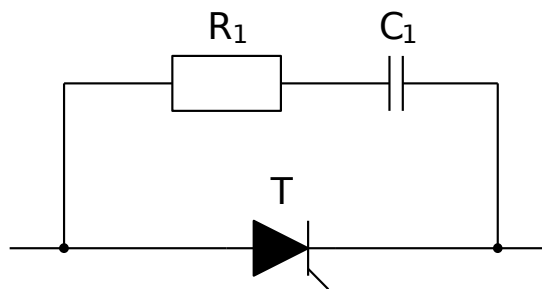
$$I_{2cc} = 1,1 \cdot I_{hd} = 1,1 \cdot 31,02 = 40[A]$$

Nhóm 3cc : dòng điện định mức dây chảy nhóm 3cc :

$$I_{3cc} = 1,1 \cdot I_d = 1,1 \cdot 53,48 = 60[A]$$

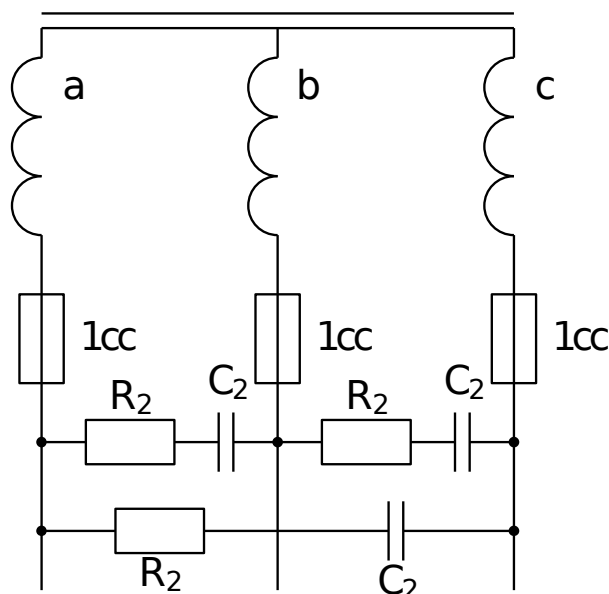
Bảo vệ quá điện áp cho van :

Bảo vệ quá điện áp do quá trình đóng cắt Tiristor được thực hiện bằng cách mắc R – C song song với Tiristor. Khi có sự chuyển mạch, các điện tích tích tụ trong các lớp bán dẫn phóng ra ngoài tạo dòng điện ngược trong khoảng thời gian ngắn, sự biến thiên nhanh chóng của dòng điện ngược gây ra sức điện động cảm ứng rất lớn trong các điện cảm làm cho quá điện áp giữa Anod và Catod của Tiristor. Khi có mạch R – C mắc song song với Tiristor tạo ra mạch vòng phóng điện tích trong quá trình chuyển mạch nên Tiristor không bị quá điện áp.



Hình 3.5 mạch R – C bảo vệ quá điện áp do chuyển mạch.

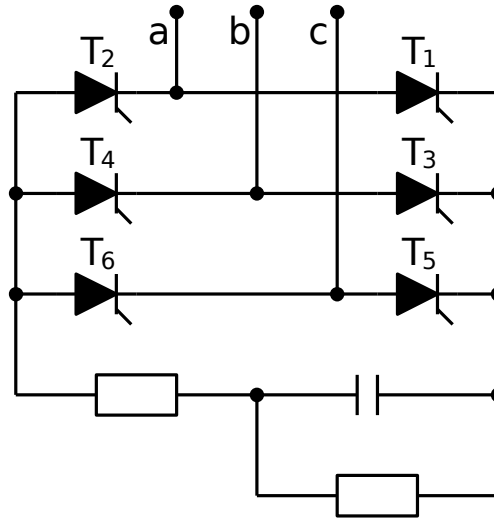
Chọn [4] :  $R_1 = 5 (\Omega)$  ;  $C_1 = 0,25 (\mu F)$



## Đồ án tốt nghiệp

Hình 3.6 Mạch R – C bảo vệ quá tải điện áp từ lưới.

Bảo vệ xung điện áp từ lưới điện ta mắc mạch R – C như hình (H9) nhờ có mạch lọc mà đỉnh xung gần như nằm lại hoàn toàn trên điện trở đường dây.



Hình 3.7 Mạch cầu ba pha dùng diod tải R – C bảo vệ do cắt máy biến áp non tải.

Trị số RC được chọn :  $R_2 = 12 (\Omega)$  ;  $C_2 = 4 (\mu\text{F})$

Để bảo vệ van do cắt đột ngột biến áp non tải, người ta mắc một mạch R – C ở đầu ra của mạch chỉnh lưu cầu 3 pha phụ bằng các diod công suất bé.

$$C = (10 \div 200) [\mu\text{F}]$$

ta chọn [4] :  $R_3 = 470 (\Omega)$  ;  $C_3 = 10 (\mu\text{F})$

Chọn giá trị điện trở :  $R_4 = 1,4 (\text{k}\Omega)$

### IV- Thiết kế cuộn kháng lọc

#### 1. Xác định góc mở cực tiểu và cực đại

Chọn góc mở cực tiểu  $\alpha_{\min} = 10^\circ$ . Với góc mở  $\alpha_{\min}$  là dự trữ để có thể bù được sự giảm điện áp lưới.

Khi góc mở nhỏ nhất  $\alpha = \alpha_{\min}$  thì điện áp trên tải là lớn nhất.

## Đồ án tốt nghiệp

$$U_{d\max} = U_{do} \cdot \cos \alpha_{\min} = U_{ddm}$$

Tương ứng tốc độ động cơ sẽ lớn nhất  $n_{\max} = n_{dm}$ .

Khi góc mở lớn nhất  $\alpha_{\max}$  thì điện áp trên tải là nhỏ nhất.

$U_{d\min} = U_{do} \cdot \cos \alpha_{\max}$  và tương ứng tốc độ động cơ sẽ nhỏ nhất  $n_{\min}$

Ta có:

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{U_{d\min}}{U_{do}} = \arccos \frac{U_{d\min}}{2,34 \cdot U_f}$$

Trong đó  $U_{d\min}$  được xác định như sau :

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{U_{ddm} \cdot I_{udm} \cdot R_u}{U_{d\min} \cdot I_{udm} \cdot R_u}$$

$$U_{d\min} = \frac{1}{D} \cdot U_{ddm} = \frac{1}{D} \cdot I_{udm} \cdot R_u$$

$$U_{d\min} = \frac{1}{D} \cdot 2,34 \cdot U_f \cdot \cos \alpha_{\min} = \frac{1}{D} \cdot I_{udm} \cdot R_u + R'_A + R_{dt}(X_A)$$

$$= \frac{1}{20} \cdot 2,34 \cdot U_f \cdot \cos \alpha_{\min} = 20 \cdot I_{udm} \cdot R_u + R'_A + \frac{3}{20} \cdot X_{KA}$$

Trong đó:

$$R_{dt} = \frac{3}{20} \cdot X_{BA} = 0,039 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

$$R_u = 0,51 + 0,85 \cdot \frac{U_{-dm}}{I_{-dm}} = 0,51 + 0,85 \cdot \frac{220}{53,48} = 0,31 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

$$R_{BA} = 0,0715 \text{ [ } \Omega \text{ ]}$$

$$\cos \alpha_{\min} = \cos 10^\circ = 0,985 \text{ (rad)}$$

Thay số:

$$U_{d\min} = \frac{1}{20} \cdot 2,34 \cdot 102,76 \cdot \cos \alpha_{\min} = 20 \cdot 1,5348 \cdot 0,31 + 0,0715 + 0,039$$

## Đồ án tốt nghiệp

$$U_{d \min} = 33,20[V]$$

Thay số vào ta được:

$$I_{\max} = 81,9^0$$

### 2. Xác định điện cảm cuộn kháng lọc

Từ phân tích trên ta thấy rằng khi góc mở càng tăng, biên độ thành phần sóng hài bậc cao càng lớn, có nghĩa là đập mạch của điện áp, dòng điện càng tăng lên. Sự đập mạch này làm xấu chế độ chuyển mạch của vành góp, đồng thời gây ra tổn hao phụ dưới dạng nhiệt trong động cơ. Để hạn chế sự đập mạch này ta phải mắc nối tiếp với động cơ một cuộn kháng lọc đủ lớn để  $I_m \leq 0,1 \cdot I_{Udm}$ .

Ngoài tác dụng hạn chế thành phần sóng hài bậc cao, cuộn kháng lọc còn có tác dụng hạn chế vùng dòng điện gián đoạn.

Điện kháng lọc được tính khi góc mở  $\alpha = \alpha_{\max}$

Ta có:

$$U_U + U_L = E + R_U \cdot I_U + R_U \cdot \frac{di}{dt} + L \frac{di}{dt}$$

Cân bằng hai vế :

$$U_L = R_U \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} ; \text{ vì } R_U \cdot i \ll L \cdot \frac{di}{dt} \text{ nên } U_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Trong các thành phần xoay chiều bậc cao, thì thành phần sóng bậc  $k=1$  có mức độ lớn nhất gần đúng ta có:

$$U_L = U_{1m} \cdot \sin(\omega t + \varphi) \text{ nên}$$

$$I = \frac{1}{L} \int U_L dt = \frac{U_{1m}}{2 \cdot f \cdot L} \cos(\omega t + \varphi) = I_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\text{Vậy: } I_m = \frac{U_{1m}}{6 \cdot 2 \cdot f \cdot L} \leq 0,1 I_{Udm}$$

## Đồ án tốt nghiệp

---

Suy ra :

$$L = \frac{U_{1m}}{6.2. .f.0,1.I_{dm}}$$

= 6 là số xung đập mạch trong một chu kì điện áp .

Trong đó :

$$U_{1m} = 2. \frac{U_{do} \cos}{6^2 1} \max \sqrt{1 - 6^2 \text{tg}^2 \max}$$

$$U_{1m} = 2. \frac{2,34.102,76. \cos 81,9^0}{36 1} \sqrt{1 - 36 \text{tg}^2 81,9^0} = 81,64 [V]$$

Thay số:

$$L = \frac{81,64}{6.2.50. .0,1.53,476} = 0,0081[H] = 8,1[mH]$$

Chọn dây quấn KA là dây đồng có mật độ dòng :  $J_{KA} = 3A/mm^2$

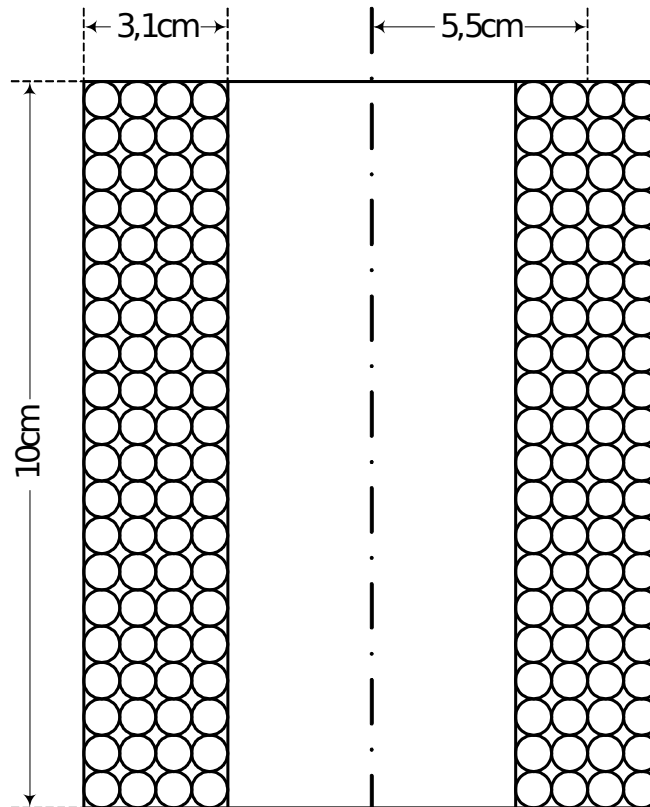
Tiết diện dây quấn KA:

$$S = \frac{I_K}{J} = \frac{31,02}{3} = 10,34[mm^2]$$

Chọn dây quấn có tiết diện chữ nhật và chuẩn hoá tiết diện, tra [1]: Tiết diện:  $S_{cu} = 10,5 mm^2$

Kích thước dây dẫn kể cả cách điện:  $S_{cd} = a.b = 1,45.7,4 (mm^2)$

Cuộn kháng có dạng hình trụ nhiều lớp dây như hình vẽ, chọn sơ bộ kích thước cuộn kháng:



Hình 3.8 Kích thước cuộn dây nhiều líp

Bán kính trung bình cuộn dây :  $R = 0,055$  [m]

Chiều cao cuộn dây :  $h = 0,1$  [m]

Bề dày cuộn dây :  $B_d = 0,03$  [m]

Chọn tốc độ định mức động cơ :  $\omega_{dm} = 950$  [vòng/phút]

Tra sổ tay kĩ thuật ta có :

Số đôi cực :  $p = 3$

$$\text{Ta có: } L = 0,25 \cdot \frac{220 \cdot 30}{3 \cdot 950 \cdot 53,48} = 0,0034 \text{ [H]}$$

$$L_{\text{tr}} = 3,4 \text{ [mH]}$$

Điện cảm phần ứng đã có :

$$L_{\text{uc}} = L_{\text{tr}} + 2 \cdot L_{\text{BA}} = 3,4 + 2 \cdot 0,2 = 3,8 \text{ [mH]}$$

Điện cảm cuộn kháng lọc :

$$L_{\text{K}} = L - L_{\text{uc}} = 8,1 - 3,8 = 4,3 \text{ [mH]}$$



## Đồ án tốt nghiệp

Chọn phương án tính cuộn kháng không lõi thép :

Ta có công thức xác định điện kháng cuộn dây:

$$L_{KA} = \frac{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot R^2 \cdot W^2}{6R \cdot 9h \cdot 10Bd}$$

Thay  $L_{KA}$ ,  $R$ ,  $h$ ,  $Bd$  vào ta tính được số vòng dây mỗi cuộn kháng:

$$W = \sqrt{\frac{L_{KA} \cdot 6R \cdot 9h \cdot 10Bd}{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot R^2}} = \sqrt{\frac{4,3 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 0,055 \cdot 9 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 0,03}{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot 0,055^2}}$$

$$W = 260 \text{ [vòng]}$$

Kiểm nghiệm lại cuộn kháng:

Số vòng dây trên một lớp :

$$W_{11} = \frac{h}{b} = \frac{0,1}{7,4 \cdot 10^{-3}} = 13,5 \text{ [vòng] ; lấy } W_{11} = 13 \text{ [vòng]}$$

Tính lại chiều cao cuộn dây:

$$h = W_{11} \cdot b = 13 \cdot 7,4 \cdot 10^{-3} = 0,096 \text{ [m] ; Lấy } h = 0,1 \text{ [m]}$$

Số lớp dây:

$$n = \frac{W}{W_{11}} = \frac{260}{13} = 20 \text{ [lớp]}$$

Bề dày của cuộn dây:

$$Bd = n \cdot a = 20 \cdot (1,45 + 0,1) \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ [m] . Lấy } Bd = 0,031 \text{ [m]}$$

Chọn bề dày cách điện:  $cd = 0,1 \text{ [mm]}$

Điện kháng thực của cuộn dây:

$$L_{KA} = \frac{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot R^2 \cdot W^2}{6R \cdot 9h \cdot 10Bd} = \frac{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot 0,055^2 \cdot 260^2}{6 \cdot 0,055 \cdot 9 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 0,031} = 0,0043 \text{ [H]}$$

Trở kháng  $K_A$ :

$$X_{KA} = 2 \cdot f \cdot L_{KA} = 2 \cdot 50 \cdot 0,0043 = 1,35 \text{ [}\Omega\text{]}$$

Chiều dài cuộn dây:

$$l = \pi \cdot W \cdot Bd = 260 \cdot \pi \cdot 0,031 = 25,31 \text{ [m]}$$

Điện trở  $K_A$ :

## Đồ án tốt nghiệp

$$R_{KA} = \frac{l}{S_{Cu}} = 0,02133 \frac{25,31}{10,5} = 0,051 \text{ [}]$$

Tổng trở cuộn kháng:

$$Z_{KA} = \sqrt{R_{KA}^2 + X_{KA}^2} = \sqrt{0,05^2 + 1,35^2} = 1,351 \text{ [}]$$

Sụt áp trên cuộn kháng:

$$U_{KA} = I_{KA} \cdot Z_{KA} = 31,02 \cdot 1,351 = 42 \text{ [V]}$$

Khối lượng của đồng :

$$M_{Cu} = V_{Cu} \cdot m_{Cu} = l \cdot S_{Cu} \cdot 8,9 = 25,31 \cdot 10,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,9 = 2,4 \text{ [kg]}$$

## Chương IV

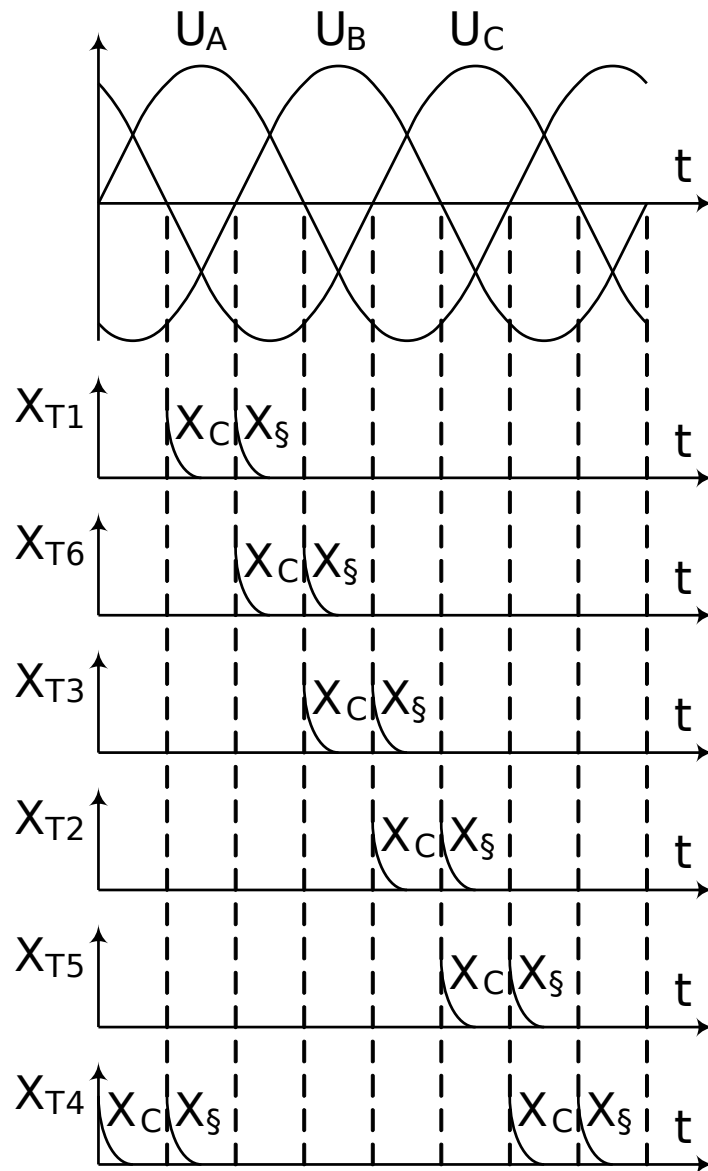
### TÍNH TOÁN MẠCH ĐIỀU KHIỂN

#### I- Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng

Đặc điểm điều khiển cầu ba pha đối xứng là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, nghĩa là dòng điện đồng thời chạy qua hai tiristor một lúc. Khi điều khiển, đồng thời các xung điều khiển cho hai tiristor, một của nhóm NA, một của nhóm NK. Ta coi xung điều khiển cần mở tiristor được quét định bởi góc mở của chúng là xung chính thì phải có một xung đệm, xung chính ở nhóm van này thì xung đệm ở nhóm van kia. Việc cấp xung đệm cũng cần thứ tự pha. Thứ tự dẫn và cấp xung điều khiển của các tiristor luân phiên nhau theo thứ tự pha. Các xung điều khiển được cấp:  $T_1 - T_4 \rightarrow T_6 - T_1 \rightarrow T_3 - T_6 \rightarrow T_2 - T_3 \rightarrow T_5 - T_2 \rightarrow T_4 - T_5 \rightarrow T_1 - T_4$ .

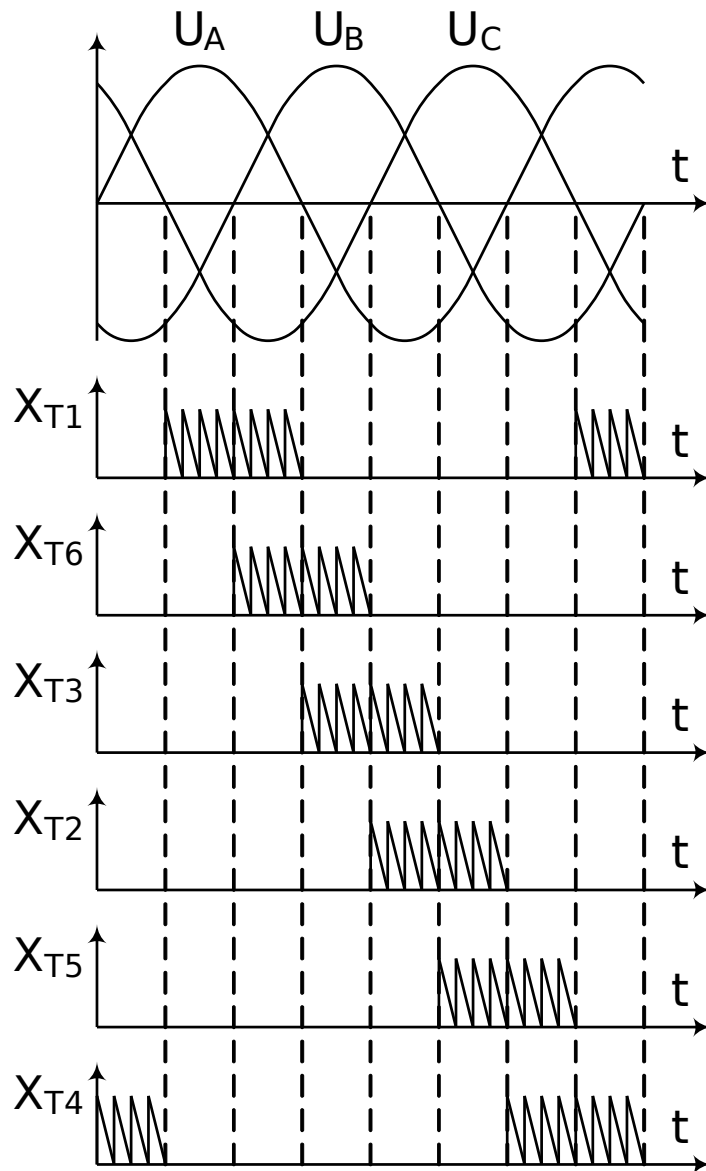
Đệm xung điều khiển như trên có thể thực hiện bằng 2 cách:

Cách thứ nhất : cấp xung chính cho van nhóm này thì đệm xung cho van nhóm kia như giản đồ đường cấp xung trên hình 4.1:



Hình4.1: Cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng cách đệm xung điều khiển .

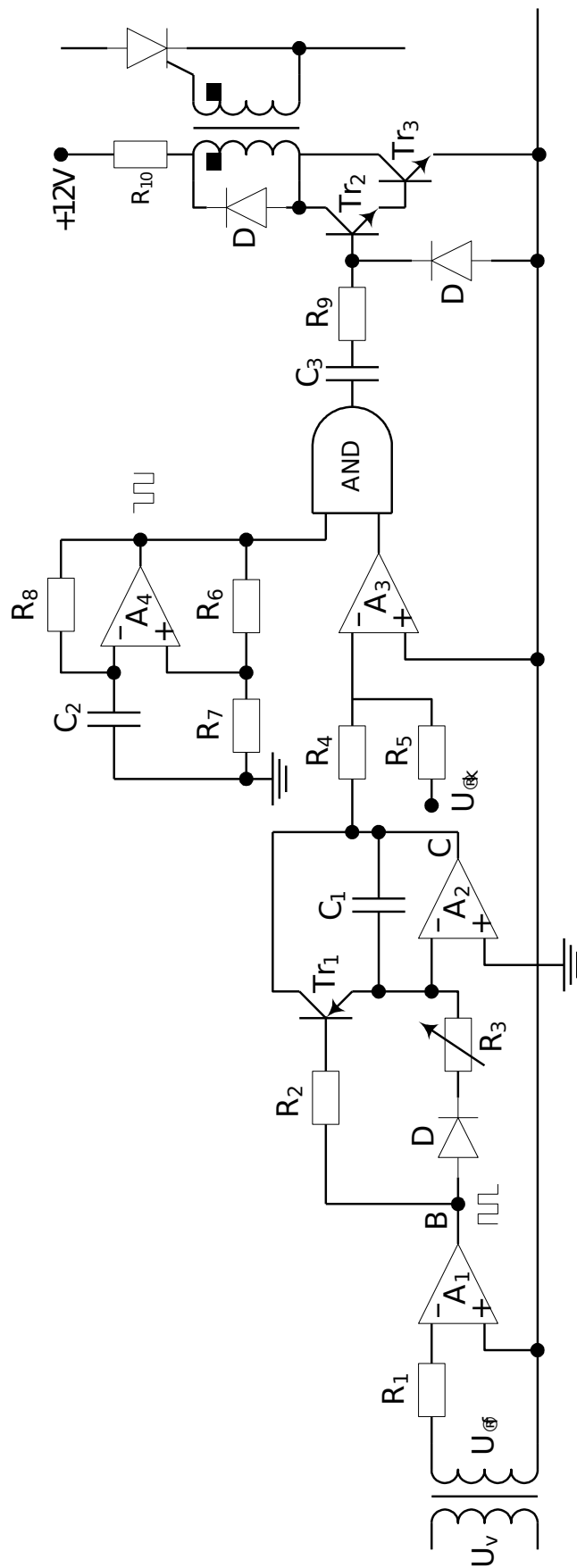
Cách thứ hai : cấp xung với độ rộng đủ lớn, suốt từ thời điểm có lệnh mở van cho đến khi điện áp Anod tiristor đổi dấu. Tuy nhiên, việc thiết kế xung như thế có nhiều khó khăn, do đó người ta thường phát xung chùm như hình4.2:



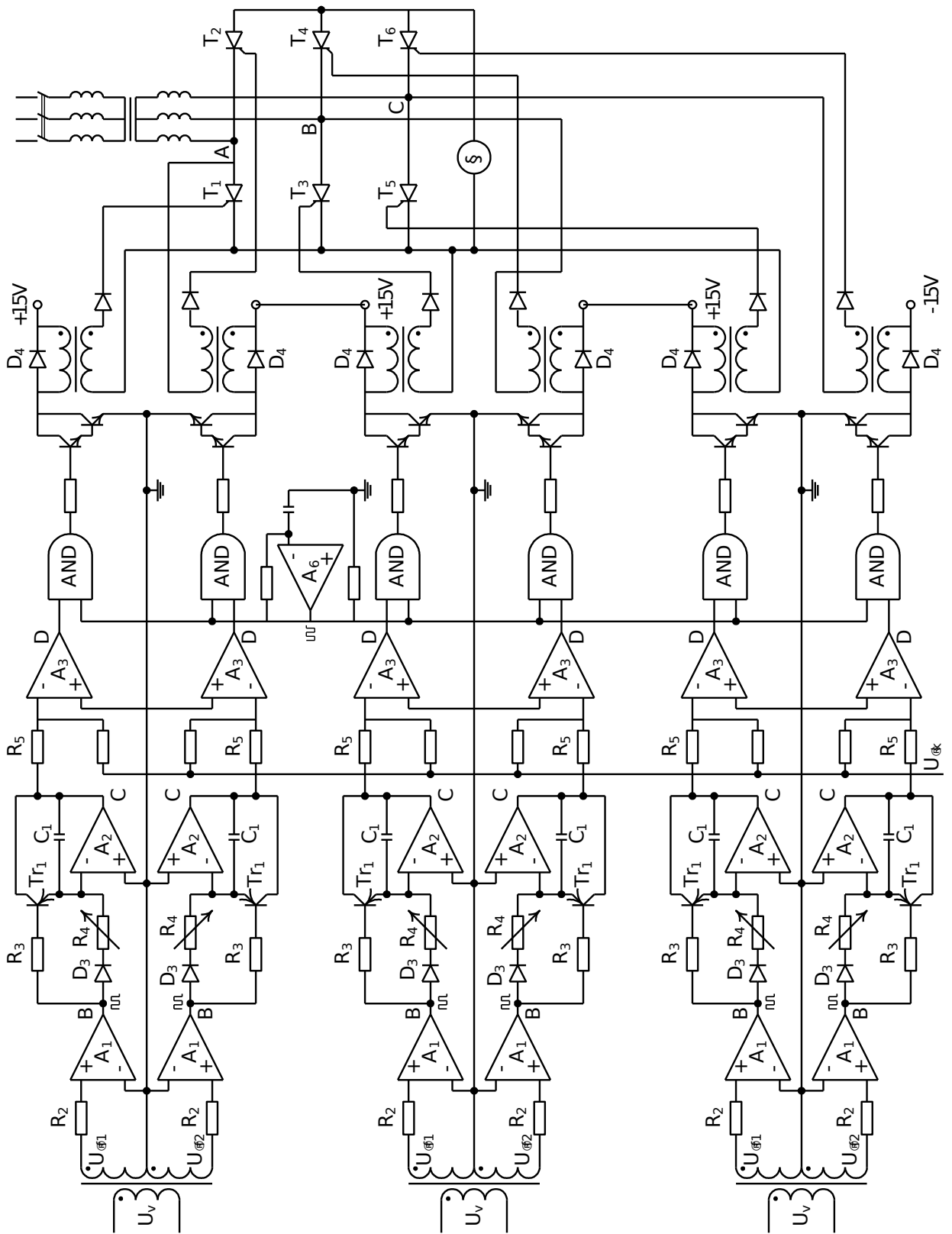
Hình 4.2 cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng chùm xung điều khiển

Ưu điểm của phương pháp điều khiển này là không cần xác định thứ tự pha cho đầu vào của bộ chỉnh lưu, bản thân chùm xung làm nhiệm vụ đệm xung cho các tiristor cần mở.

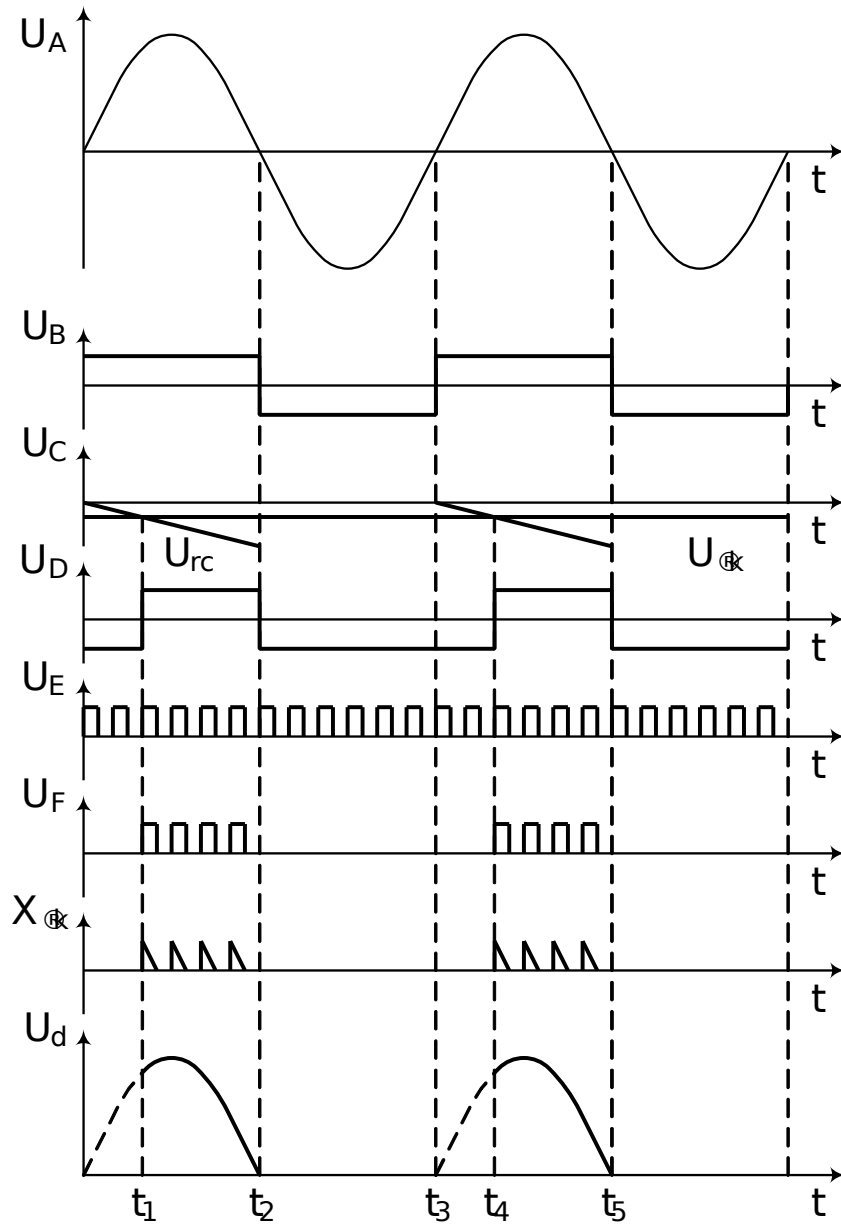
Vậy ta lựa chọn cách thứ hai: cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng chùm xung điều khiển. Sơ đồ mạch điều khiển một kênh và sáu kênh như trên hình vẽ 4.3 và 4.4.



H4.3. Sơ đồ mạch điều khiển mét kênh của chỉnh lưu cụ ba pha điều khiển hai xong



Hình 4.4 mạch cầu chỉnh lưu cầu ba pha bằng chỉ m xung cầu chỉnh lưu



Hình 4.5 Hình thức công suất của bộ điều khiển

Hoạt động của mạch điều khiển:

Điện áp vào tại điểm A ( $U_A$ ) có dạng hình sin, trùng pha với điện áp anod của tiristor T, qua khuếch đại thuật toán (KĐTT)  $A_1$  cho chuỗi xung hình chữ nhật đối xứng  $U_B$ . Phần dương của điện áp chữ nhật  $U_B$  qua diot  $D_1$  tới  $A_2$  tích phân thành điện áp tựa  $U_{rc}$ . Phần âm của điện áp  $U_B$  làm mở tranzitor  $Tr_1$ , kết quả là  $A_2$  bị ngắn mạch (với  $U_{rc}=0$ ) trong vùng  $U_B$  âm. Trên đầu ra của  $A_2$  có chuỗi điện áp răng cưa  $U_{rc}$  gián đoạn.



## Đồ án tốt nghiệp

Điện áp  $U_{rc}$  được so sánh với điện áp điều khiển  $U_{dk}$  tại đầu vào của  $A_3$ . Tổng đại số  $U_{rc} + U_{dk}$  quyết định dấu đầu ra của KĐT  $A_3$ . Trong khoảng  $0$   $t_1$  với  $U_{dk} > U_{rc}$  điện áp  $U_D$  có điện áp âm. Trong khoảng  $t_1$   $t_2$  điện áp  $U_{dk}$  và  $U_{rc}$  đổi ngược lại, làm cho  $U_D$  lật lên dương.

Mạch đa hài tạo chùm xung  $A_6$  cho chuỗi xung tần số cao, với điện áp  $U_E$  như trên giản đồ đường cong. Dao động đa hài cần có điện áp hàng chục kHz.

Hai tín hiệu  $U_D$ ,  $U_E$  cùng được đưa tới khâu AND hai cổng vào. Khi đồng thời có cả hai tín hiệu dương  $U_D$ ,  $U_E$  (trong các khoảng  $t_1$   $t_2$  và  $t_4$   $t_5$ ) sẽ có xung ra  $U_F$ . Các xung ra  $U_F$  làm mở các tranzitor, Kết quả là nhận được các chuỗi xung nhọn  $X_{dk}$  trên biến áp xung, để đưa tới mở Tiristor T.

Điện áp  $U_d$  sẽ xuất hiện trên tải từ thời điểm có xung điều khiển đầu tiên (tại các thời điểm  $t_1$ ,  $t_4$  trong chuỗi xung điều khiển, của mỗi chu kỳ điện áp nguồn cấp), cho tới cuối nửa chu kỳ điện áp dương anod.

## **II- Tính toán các thông số của mạch điều khiển**

Việc tính toán mạch điều khiển thường được tiến hành từ tầng khuếch đại ngược trở lên.

Mạch điều khiển được tính xuất phát từ yêu cầu về xung mở Tiristor. Các thông số cơ bản để tính mạch điều khiển :

Điện áp điều khiển Tiristor :  $U_{dk} = 3$  (V)

Dòng điện điều khiển Tiristor :  $I_{dk} = 0,3$  (A)

Thời gian mở Tiristor :  $t_m = 25$  ( $\mu$ s)

Độ rộng xung điều khiển :  $t_x = 2t_m = 50$  ( $\mu$ s) ~ khoảng  $1^\circ$  điện

Tần số xung điều khiển :  $f_x = 10$  (kHz)

Độ mất đối xứng cho phép :  $\Delta\alpha = 4^\circ$

Điện áp nguồn nuôi mạch điều khiển :  $U = \pm 12$  (V)

Mức sụt biên xung :  $s_x = 0,15$

## Đồ án tốt nghiệp

### Tính biến áp xung :

Chọn vật liệu làm lõi sắt là Ferit HM. Lõi có dạng hình xuyên, làm việc trên một phần của đặc tính từ hóa có:  $\Delta B = 0,3(T)$ ,  $\Delta H = 30(A/m)$ , không có khe hở không khí.

Tỉ số biến áp xung: thường  $m = 2 \div 3$ , chọn  $m = 3$

Điện áp cuộn thứ cấp máy biến áp xung:

$$U_2 = U_{dk} = 3 (V)$$

Điện áp đặt lên cuộn sơ cấp máy biến áp xung:

$$U_1 = m \cdot U_2 = 3 \cdot 3 = 9 (V)$$

Dòng điện thứ cấp máy biến áp xung:

$$I_2 = I_{dk} = 0,3 (A)$$

Dòng điện sơ cấp máy biến áp xung:

$$I_1 = \frac{I_2}{m} = \frac{0,3}{3} = 0,1 (A)$$

Độ từ thẩm trung bình tương đối của lõi sắt:

$$\mu_{TB} = \frac{\Delta B}{\mu_0 \cdot \Delta H} = \frac{0,3}{1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 30} = 8 \cdot 10^3$$

Độ từ thẩm của không khí:  $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6}$

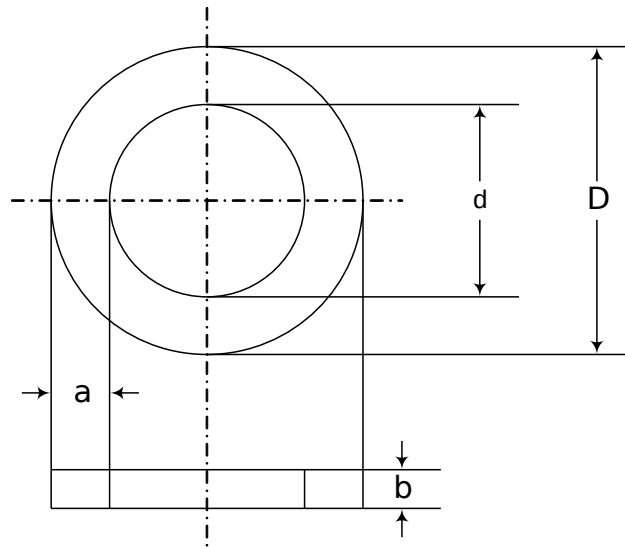
Thể tích của lõi thép cần có:

$$V = Q \cdot l = \frac{\mu_{TB} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot S_x \cdot U_1 \cdot I_1}{B^2} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 0,15 \cdot 9 \cdot 0,1}{0,3^2} \\ = 0,75 \cdot 10^{-6} (m^3) = 0,75 [cm^3]$$

Chọn mạch từ OA-20/25-6,5 có thể tích :

$$V = Q \cdot l = 0,162 \cdot 7,1 = 1,15 (cm^3)$$

Với thể tích đó ta có kích thước mạch từ như sau :



H4.5 Hình chiếu lõi biến áp xung.

$$a = 2,5(\text{mm}); b = 6,5(\text{mm}); Q = 0,162(\text{cm}^2); Q_{cs} = 3,14(\text{cm}^2);$$

$$d = 20(\text{mm}); D = 25(\text{mm}); l = 7,1(\text{cm}).$$

Số vòng dây quấn sơ cấp biến áp xung:

Theo định luật cảm ứng điện từ:

$$U_1 = W_1 \cdot Q \cdot \frac{dB}{dt} = W_1 \cdot Q \cdot \frac{\Delta B}{t_x}$$

$$W_1 = \frac{U_1 \cdot t_x}{\Delta B \cdot Q} = 227 \text{ (vòng)}$$

Số vòng dây thứ cấp :

$$W_2 = \frac{W_1}{m} = \frac{227}{3} = 75 \text{ (vòng)}$$

Tiết diện dây quấn sơ cấp :

$$\text{Chọn mật độ dòng điện : } J_1 = 6 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{0,1}{6} = 0,0166 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0166}{\pi}} = 0,086 \text{ (mm)}$$

$$\text{Chọn : } d_1 = 0,1 \text{ (mm)} ; S_2 = 0,00785 \text{ (mm}^2\text{)}$$

## Đồ án tốt nghiệp

Tiết diện dây quấn thứ cấp :

Chọn mật độ dòng điện :  $J_2 = 4 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

$$S_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{0,3}{4} = 0,075 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,075}{\pi}} = 0,309 \text{ (mm)}$$

Chọn :  $d_2 = 0,3 \text{ (mm)}$  ;  $S_2 = 0,07065 \text{ (mm}^2\text{)}$

Kiểm tra hệ số lấp đầy :

$$K_{ld} = \frac{S_1 \cdot W_1 + S_2 \cdot W_2}{Q_{cs}} = \frac{0,00785 \cdot 227 + 0,02545 \cdot 76}{314} = 0,0116$$

Như vậy cửa sổ đủ diện tích cần thiết.

Tính tầng khuếch đại cuối cùng:

Chọn Tranzitor công suất  $Tr_3$  loại 2SC9111 làm việc ở chế độ xung có các thông số :

Tranzitor loại PNP, vật liệu bán dẫn là Si.

Điện áp giữa Colector và Bazơ khi hở mạch Emitter :  $U_{CBO} = 40\text{(V)}$

Điện áp giữa Emitter và Bazơ khi hở mạch Colector :  $U_{EBO} = 4\text{(V)}$

Dòng điện lớn nhất ở Colector có thể chịu đựng :  $I_{cmax} = 500\text{(mA)}$

Công suất tiêu tán ở Colector :  $P_c = 1,7\text{(w)}$

Nhiệt độ lớn nhất ở mặt tiếp giáp :  $T_1 = 175^0 \text{ C}$

Hệ số khuếch đại :  $\beta = 50$

Dòng làm việc của Colector :  $I_{c3} = I_1 = 0,1\text{(A)} = 100\text{(mA)}$

Dòng làm việc của Bazơ :  $I_{B3} = \frac{I_{c3}}{\beta} = \frac{100}{50} = 2 \text{ (mA)}$

Ta thấy rằng với loại Tiristor đã chọn có công suất điều khiển khá bé:  $U_{dk}=3\text{(V)}$ ;  $I_{dk}=0,1\text{(A)}$ , nên dòng Colector - Bazơ của Tranzitor  $Tr_3$  khá bé, trong

## Đồ án tốt nghiệp

trường hợp này ta có thể không cần Tranzitor  $Tr_2$  mà vẫn có đủ công suất điều khiển Tranzitor.

Chọn nguồn cấp cho biến áp xung :  $E = +12(V)$ , ta phải mắc điện trở  $R_{10}$  nối tiếp với cực Emitter của  $Tr_3$ .

$$R_{10} = \frac{E - U_1}{I_1} = \frac{12 - 9}{0,1} = 30 [ \Omega ]$$

Tất cả các diod trong mạch điều khiển đều dùng loại 1N4009 có tham số:

Dòng điện định mức :  $I_{dm} = 10(A)$

Điện áp ngược lớn nhất :  $U_N = 25(V)$

Điện áp để cho diod mở thông :  $U_m = 1(V)$

Chọn cổng AND :

Toàn bộ mạch điện phải dùng 6 cổng AND nên ta chọn hai IC4081 họ CMOS. Mỗi IC4081 có 4 cổng AND, các thông số :

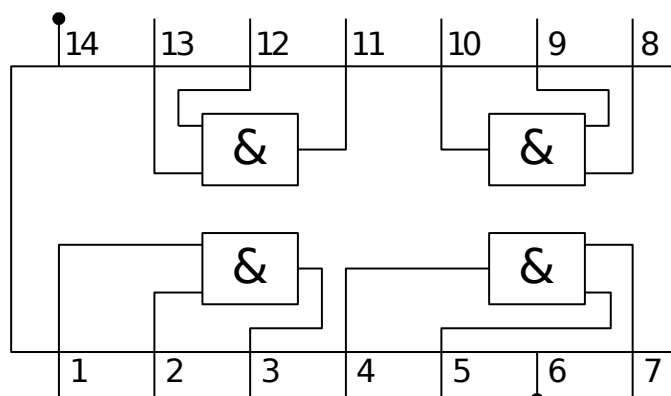
Nguồn nuôi IC :  $V_{cc} = (3 \div 18)V$  chọn  $V_{cc} = 12(V)$

Nhiệt độ làm việc :  $(- 40 \div 80) ^\circ C$

Điện áp ứng với mức logic 1 :  $(2 \div 4,5)V$

Dòng điện nhỏ hơn 1(mA)

Công suất tiêu thụ :  $P = 2,5 (mW/cổng)$



Hình 4.6 Sơ đồ chân IC4081

# Đồ án tốt nghiệp

## Chọn tụ $C_3$ và $R_9$ :

Điện trở  $R_9$  dùng để hạn chế dòng điện đưa vào Bazơ của Tranzitor  $Tr_3$ , chọn  $R_9$  thỏa mãn điều kiện :

$$R_9 \geq \frac{U}{I_{b2}} = 6,757 \text{ (k}\Omega\text{)} \quad \text{chọn } R_9 = 6,8 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$\text{Từ: } t_x = C_3 \cdot R_9 = 50 \text{ (}\mu\text{s)} \quad C_3 = \frac{t_x}{R_9} = \frac{50}{6,8 \cdot 10^3} = 0,074 \text{ (}\mu\text{F)}$$

Chọn  $C_3 = 0,07 \text{ (}\mu\text{s)}$

## Tính chọn bộ tạo xung chòm:

Mỗi kênh điều khiển phải dùng 4 khuếch đại thuật toán, do đó ta chọn 6 IC loại TL 084 do hãng Texas Instruments chế tạo, mỗi IC này có 4 khuếch đại thuật toán. Thông số của TL 084 :

Điện áp nguồn nuôi :  $V_{cc} = \pm 12 \text{ (V)}$

Hiệu điện thế giữa hai đầu vào :  $\pm 30 \text{ (V)}$

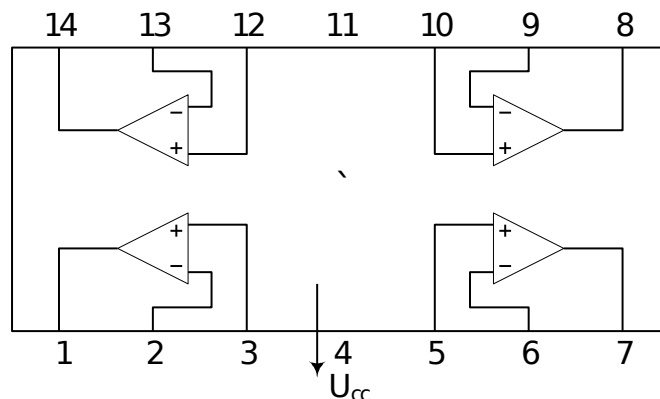
Nhiệt độ làm việc :  $T = (-25 \div 85) \text{ }^\circ\text{C}$

Công suất tiêu thụ :  $P = 680 \text{ (mW)} = 0,68 \text{ (W)}$

Tổng trở đầu vào :  $R_{in} = 10^6 \text{ (M}\Omega\text{)}$

Dòng điện đầu ra :  $I_{ra} = 30 \text{ (pA)}$

Tốc độ biến thiên điện áp cho phép :  $\frac{dU}{dt} = 13 \text{ (V}/\mu\text{s)}$



Hình 4.7 Sơ đồ chân IC TL084

## Đồ án tốt nghiệp

$$\text{Mạch tạo chùm xung có tần số : } f_x = \frac{1}{2t_x} = 10(\text{kHz})$$

$$\text{Chu kì của xung chùm : } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 100(\mu\text{s})$$

$$\text{Ta có : } T = 2.R_8.C_2 \ln 2 = 2 \cdot \frac{R_6}{R_7}$$

$$\text{Chọn : } R_6 = R_7 \quad T = 2 \cdot 1,1.R_8.C_2 = 100(\mu\text{s})$$

$$R_8.C_2 = 45,45(\mu\text{s})$$

$$\text{Chọn tụ } C_2 = 0,1(\mu\text{F}) \text{ có điện áp } U = 16(\text{V})$$

$$R_8 = 454,5(\Omega) = 0,4545(\text{k} \Omega)$$

Để thuận tiện cho việc điều chỉnh khi lắp mạch thì ta chọn  $R_8$  là biến trở với :  $R_8 = 1(\text{k} \Omega)$ .

### Tính chọn tầng so sánh :

Khuyếch đại thuật toán đã chọn loại TL084 :

$$\text{Chọn : } R_4 = R_5 > \frac{U_v}{I_v} = \frac{12}{1 \cdot 10^{-3}} = 12 \cdot 10^3(\Omega) = 12(\text{k} \Omega)$$

$$\text{Nếu nguồn nuôi } V_{cc} = \pm 12(\text{V}) \quad \text{điện áp vào } A_3: U_v = 12(\text{V})$$

$$\text{Dòng điện vào được hạn chế để } I_{Iv} < 1(\text{mA})$$

$$\text{Do đó ta chọn } R_4 = R_5 = 15(\text{k} \Omega)$$

$$\text{Khi đó dòng vào } A_3: I_{vmax} = \frac{12}{15 \cdot 10^3} = 0,8 \cdot 10^{-3}(\text{A}) = 0,8(\text{mA})$$

### Tính chọn khâu đồng pha :

Điện áp tụ được hình thành do sự nạp của tụ  $C_1$ . Mặt khác để bảo đảm điện áp tụ có trong một nửa chu kì điện áp lưới là tuyến tính thì hằng số thời gian tụ nạp được :  $T_r = R_3.C_1 = 0,005(\text{s})$

$$\text{Chọn tụ } C_1 = 0,1(\mu\text{F})$$

$$\text{điện trở } R_3 = \frac{T_r}{C_1} = \frac{0,005}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 50 \cdot 10^3(\Omega) = 50(\text{k} \Omega)$$

## Đồ án tốt nghiệp

Để thuận lợi cho việc điều chỉnh khi lắp ráp mạch  $R_3$ . Thường chọn là biến trở lớn hơn  $50(k\Omega)$  chọn Tranzitor  $Tr_1$  loại A564 có các thông số :

Tranzitor loại PNP làm bằng si

Điện áp giữa Colector và Bazơ khi hở mạch Emitter :  $U_{CBO} = 25(V)$

Điện áp giữa Emitter và Bazơ khi hở mạch Colector :  $U_{EBO} = 7(V)$

Dòng điện lớn nhất ở Colector có thể chịu đựng :  $I_{cmax} = 100(mA)$

Nhiệt độ lớn nhất ở mặt tiếp giáp :  $T_{cp} = 150^0 C$

Hệ số khuếch đại :  $\beta = 250$

Dòng cực đại của Bazơ :  $I_{B3} = \frac{I_c}{\beta} = \frac{100}{250} = 0,4(A)$

Điện trở  $R_2$  để hạn chế dòng đi vào Bazơ Tranzitor  $Tr_1$  được chọn như sau:

Chọn  $R_2$  thỏa mãn điều kiện :  $R_2 \geq \frac{U_{Nmax}}{I_B} = \frac{12}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 30(k \ )$

chọn  $R_2 = 30(k\Omega)$

Chọn điện áp xoay chiều đồng pha :  $U_A = 9(V)$

Điện trở  $R_1$  để hạn chế dòng điện đi vào khuếch đại thuật toán  $A_1$ . Thường chọn  $R_1$  sao cho dòng vào khuếch đại thuật toán  $I_v < 1(mA)$ . Do đó

$$R_1 > \frac{U_A}{I_v} = \frac{9}{10^{-3}} = 9(k \ )$$

Chọn  $R_1 = 10(k \ )$

### Tạo nguồn nuôi :

Thiết kế máy biến áp dùng cho cả việc tạo điện áp đồng pha và tạo nguồn nuôi, chọn kiểu máy biến áp 3 pha 3 trụ, trên mỗi trụ có 5 cuộn dây, 1 cuộn sơ cấp và 4 cuộn thứ cấp.

### ***Cuộn thứ cấp thứ nhất :***



## Đồ án tốt nghiệp

Cần tạo ra nguồn điện áp  $\pm 12(V)$  (có ổn áp) để cấp cho nguồn nuôi IC, các bộ điều chỉnh dòng điện, tốc độ và điện áp đặt tốc độ. Nguồn này được cấp bởi ba cuộn thứ cấp  $a_1, b_1, c_1$ .

Hai chỉnh lưu tia ba pha để tạo điện áp nguồn nuôi đối xứng cho IC, điện áp ra của ổn áp chọn:  $12(V)$ , điện áp vào của ổn áp chọn:  $20(V)$ , điện áp thứ cấp các cuộn dây  $a_1, b_1, c_1$  là :

$$U_{21} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14,14(V)$$

Để ổn định điện áp ra của nguồn nuôi ta dùng 2 vi mạch ổn áp 7812 và 7912, các thông số chung của vi mạch này :

$$\text{Điện áp đầu vào : } U_v = (7 \div 35)V$$

$$\text{Điện áp đầu ra 7812 có : } U_{ra} = 12(V)$$

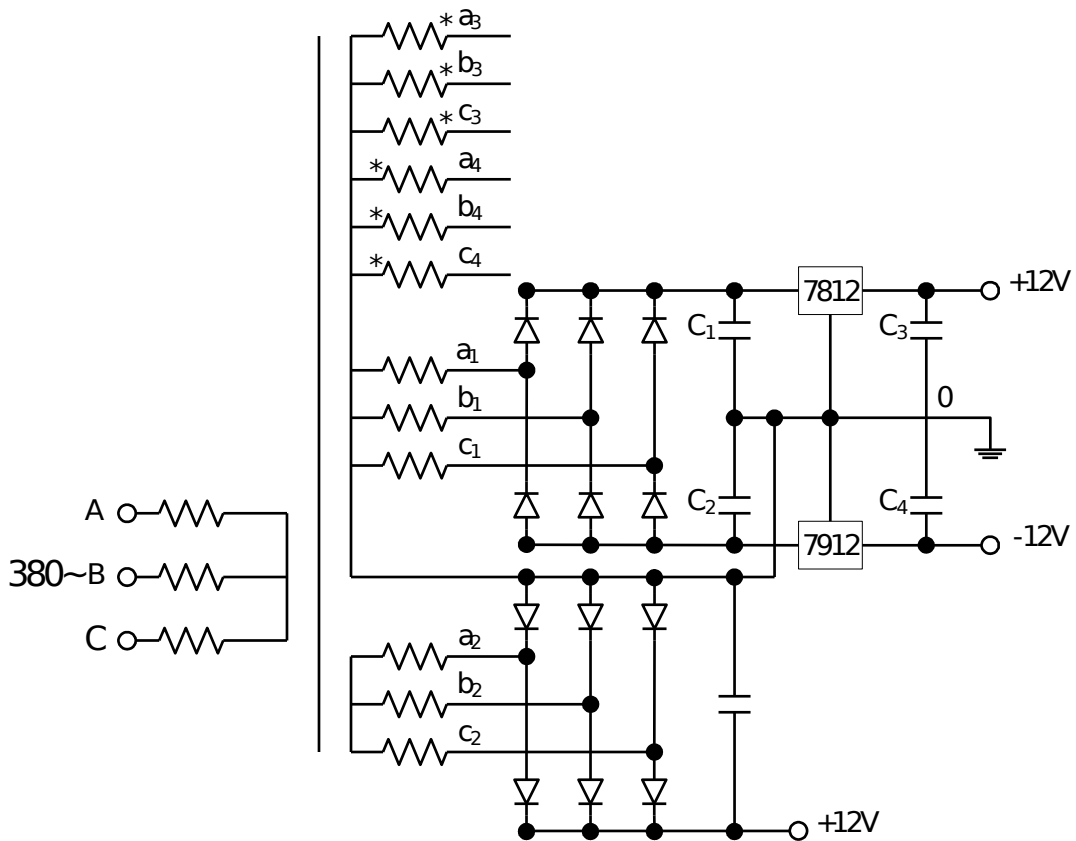
$$\text{Điện áp đầu ra 7912 có : } U_{ra} = -12(V)$$

$$\text{Dòng điện đầu ra : } I_{ra} = (0 \div 1)A$$

Tụ điện  $C_1, C_2$  dùng để lọc thành phần sóng dài bậc cao.

$$\text{Chọn : } C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 470(\mu F)$$

$$U = 35(V)$$



Hình 4.8 Sơ đồ nguyên lý tạo nguồn nuôi mạch điều khiển

## Cuộn thứ cấp thứ hai :

$a_2, b_2, c_2$  tạo nguồn nuôi cho biến áp xung, cấp xung điều khiển cho các Tiristor (+12V). Do mức độ sụt xung cho phép tương đối lớn nên nguồn này không cần ổn áp. Mỗi khi phát xung điều khiển, công suất xung đáng kể, nên cần chế tạo cuộn dây này riêng rẽ với cuộn dây cấp nguồn IC, để tránh gây sụt áp nguồn nuôi IC.

Cuộn thứ cấp 3,4 ( $a_3, b_3, c_3, a_4, b_4, c_4$ ) là các cuộn đồng pha. Các cuộn dây này cần lấy trung thực điện hình sin của lưới, tốt nhất nên quấn biến áp riêng. Tuy nhiên, theo kinh nghiệm có thể quấn chung với biến áp nguồn nuôi cũng có thể được.

## Tính toán máy biến áp nguồn nuôi và đồng pha :

Điện áp lấy ra ở thứ cấp cuộn dây nguồn nuôi IC :  $U_{21} = 14,14(V)$

Công suất tiêu thụ ở 6 IC TL084 sử dụng làm khuếch đại thuật toán ta chọn hai IC TL084 để tạo 6 kênh điều khiển và 2 cổng AND

## Đồ án tốt nghiệp

$$P_{\Sigma IC} = 8.P_{IC} = 8.0,68 = 5,44(W)$$

Công suất BAX cấp cho cực điều khiển Tiristor :

$$P_x = 6.U_{dk}.I_{dk} = 6.3.0,3 = 5,4(W)$$

Điện áp pha thứ cấp cuộn dây nguồn nuôi biến áp xung  $a_2, b_2, c_2$ :

$$U_{22} = \frac{12}{1,41} = 8,51(V)$$

Điện áp lấy ra ở thứ cấp cuộn dây đồng pha ( $a_3, b_3, c_3, a_4, b_4, c_4$ ):

$$U_{23} = 5(V)$$

Dòng điện chạy qua cuộn dây đồng pha:  $chọn = 10(mA)$

Công suất các cuộn dây đồng pha :

$$P_{df} = 6.U_x.I_x = 6.5.0,01 = 0,3(W)$$

Công suất sử dụng cho việc tạo nguồn nuôi :

$$P_N = P_{df} + P_{\Sigma IC} + P_x = 0,3 + 5,12 + 5,4 = 10,8(W)$$

Công suất của máy biến áp có kể đến 5% tổn thất trong máy :

$$S = 1,05.P_N = 1,05.10,8 = 11,34(VA)$$

Dòng điện sơ cấp máy biến áp :

$$I_1 = \frac{S}{3.U_1} = \frac{11,34}{3.220} = 0,02(A)$$

Tiết diện trụ của máy biến áp được tính theo công thức kinh nghiệm :

$$Q_T = k_Q \cdot \sqrt{\frac{S}{m.f}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{11,34}{3.50}} = 1,6(cm^2)$$

$k_Q = 6$  : Hệ số phụ thuộc phương thức làm mát

$m = 3$  : Số trụ của biến áp

$f = 50$  : Tần số điện áp lưới

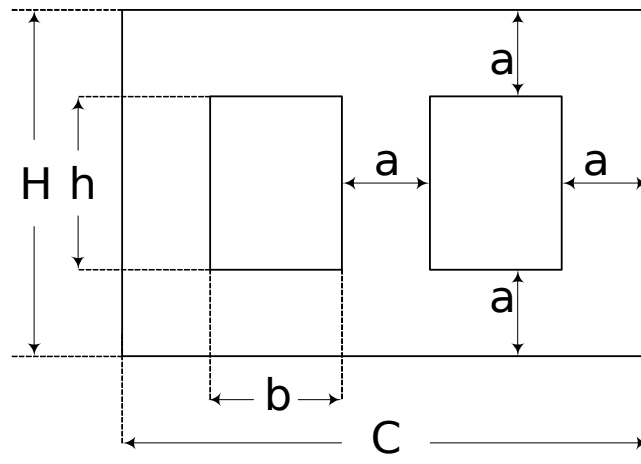
Vì kích thước này nhỏ nên ta chọn chuẩn hóa tiết diện trụ theo bảng:

$$Q_T = 1,63 (cm^2)$$

Kích thước mạch từ lá thép dày :  $\sigma = 0,5(mm)$

# Đồ án tốt nghiệp

Số lượng lá thép : 68 lá



Hình 4.9 Kích thước mặt cắt tổ bi thép

$$a = 12(\text{mm})$$

$$b = 16(\text{mm})$$

$$h = 30(\text{mm})$$

Hệ số ép chặt :  $k_c = 0,85$

Chọn mật độ từ cảm :  $B = 1(\text{T})$  ở trong tụ ta có số vòng dây sơ cấp:

$$W_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot Q_T} = \frac{220}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,63 \cdot 10^{-4}} = 6080(\text{vòng})$$

Chọn mật độ dòng điện :  $J_1 = J_2 = 2,75(\text{A}/\text{mm}^2)$

Tiết diện dây quấn sơ cấp :

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{0,02}{2,75} = 0,0072(\text{mm}^2)$$

Đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0072}{\pi}} = 0,091(\text{mm})$$

Chọn  $d_1 = 0,1(\text{mm})$  để đảm bảo độ bền cơ.

Đường kính có kể cách điện :  $d_{1cd} = 0,12(\text{mm})$

Số vòng dây quấn thứ cấp  $W_{21}$ :

## Đồ án tốt nghiệp

$$W_{21} = W_1 \cdot \frac{U_{21}}{U_1} = 6080 \frac{14,14}{220} = 390(\text{vòng})$$

Số vòng dây quấn thứ cấp  $W_{22}$ :

$$W_{22} = W_1 \cdot \frac{U_{22}}{U_1} = 6080 \frac{8,51}{220} = 235(\text{vòng})$$

Số vòng dây quấn thứ cấp  $W_{23}$ :

$$W_{23} = W_1 \cdot \frac{U_{23}}{U_1} = 6080 \frac{5}{220} = 138(\text{vòng})$$

Đường kính dây quấn các cuộn thứ cấp vì kích thước nhỏ không đáng kể nên chọn  $= 0,26(\text{mm})$

Tính chọn diod cho bộ chỉnh lưu nguồn nuôi :

Dòng điện hiệu dụng qua diod :

$$I_{Dhd} = \frac{I_2}{\sqrt{2}} = 0,1(\text{A})$$

Điện áp ngược lớn nhất mà diod phải chịu :

$$U_{Nmax} = \sqrt{6} \cdot U_2 = 22(\text{V})$$

Chọn diod có dòng định mức :

$$I_{dm} \geq k_i \cdot I_{Dhd} = 10 \cdot 0,1 = 1,1(\text{A})$$

Chọn diod có điện áp ngược lớn nhất :

$$U_N = k_u \cdot U_{Nmax} = 2,34 \cdot 22 = 51,48(\text{V})$$

Chọn diod loại KII208A có các thông số:

Dòng điện định mức :  $I_{dm} = 1,5(\text{A})$

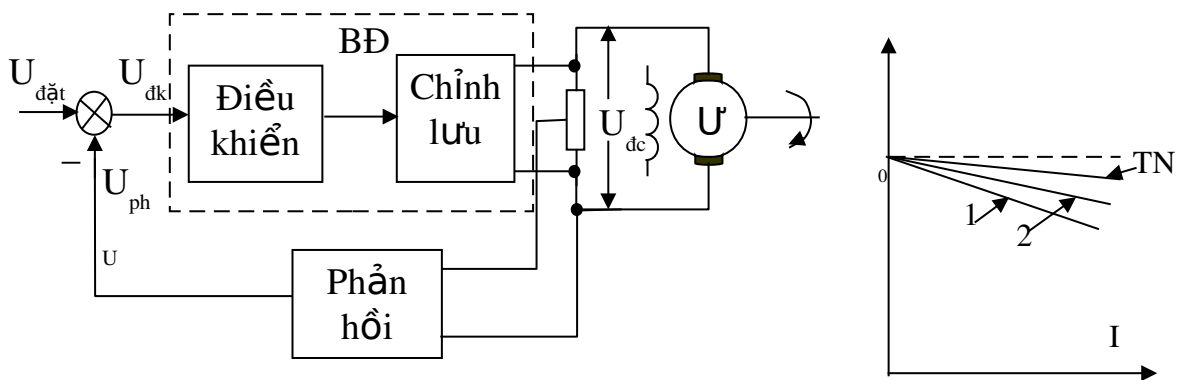
Điện áp ngược cực đại của diod :  $U_N = 100(\text{V})$

CHƯƠNG V  
**ỔN ĐỊNH TỐC ĐỘ**

**I. Đặc tính tĩnh của các khâu phản hồi động cơ điện một chiều**

**1. Khâu phản hồi điện áp**

Khâu phản hồi điện áp động cơ điện một chiều (hình 5.1) là phản hồi âm, nó có nhiệm vụ giữ điện áp động cơ không đổi.



Hình 5.1 Sơ đồ khối mạch phản hồi điện áp

Hệ thống được đặc trưng bằng các phương trình (1) - (5)

$$U_{dc} = E_{BĐ} - I.r_{BĐ} \quad (1)$$

$$U_{dc} = E_{dc} + I.r_U \quad (2)$$

$$E_{BĐ} = k_{BĐ}(U_{dk}).U_{dk} \quad (3)$$

$$E_{dc} = c_e \cdot \quad (4)$$

$$U_{dk} = U_d - k_U \cdot U_{dc} \quad (5)$$

Trong đó:

$U_{dc}$  : điện áp phần ứng động cơ.

$E_{BĐ}$  : điện áp bộ biến đổi.

$U_V$  : tín hiệu đặt đưa vào hệ thống điều khiển.

$I$  : dòng điện phần ứng động cơ.

$r_U$  : điện trở phần ứng động cơ.

## Đồ án tốt nghiệp

$r_{BD}$  : điện trở bộ biến đổi.

$k_{BD}$  : hệ số khuếch đại bộ biến đổi, trường hợp tổng quát là một hàm của đại lượng vào, ra được viết là  $k_{BD}(U_{dk})$ .

$k_U$ : hệ số của đường phản hồi  $k_U = \frac{U_{ph}}{U_{dc}}$

$C_e$ : hệ số cấu trúc của động cơ  $C_e = \frac{U_{dm} \cdot I_{dm} \cdot r_{dm}}{dm}$

Khi động cơ mang tải điện áp động cơ được xác định theo biểu thức (1) giảm xuống, sự giảm của điện áp động cơ làm tăng tín hiệu điều khiển  $U_{dk}$  (5) kéo theo tăng điện áp bộ biến đổi (3) trả về trị số đặt.

Các bộ biến đổi điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều thường gặp hiện nay là các bộ chỉnh lưu biến đổi điện áp xoay chiều thành một chiều và bộ băm áp một chiều. ở chế độ tĩnh các bộ biến đổi này được đặc trưng bằng hệ số  $k_{BD}$ .

Tùy thuộc vào hệ số khuếch đại của bộ biến đổi ( $k_{BD}(U_{dk})$ ) và hệ số của đường phản hồi  $k_U$ , mà bộ biến đổi có thể giữ điện áp động cơ không đổi ở một chừng mực nào đó. Tuy nhiên, đầu ra của hệ thống là tốc độ động cơ, do đó ngay cả khi điện áp phần ứng động cơ không thay đổi thì tốc độ động cơ cũng thay đổi theo tải. Nguyên nhân là do sụt áp trên điện trở phần ứng động cơ theo phương trình đặc tính cơ:

$$\frac{U_i}{C_e} = \frac{I \cdot r_i}{C_e} \quad (6)$$

Biến đổi các phương trình (1) - (6) nhận được phương trình đặc tính cơ của hệ thống kín phản hồi âm điện áp.

$$\frac{k_{BS} U_d}{C_e (1 - k_U \cdot k_{BS})} = I \frac{r_{BS} + r_i}{C_e (1 - k_U \cdot k_{BS})} \quad (7)$$

Phương trình (7) là phương trình đường thẳng. Số hạng thứ nhất của biểu thức được xem như tốc độ không tải lý tưởng  $\omega_0$  của hệ thống kín:

$$\sigma_0 = \frac{k_{BS} U_d}{C_e (1 + k_U k_{BS})} \quad (8)$$

Đại lượng này gần như không đổi ngay cả trong trường hợp  $k_{BD}$  thay đổi trong phạm vi lớn. Trong trường hợp  $U_V = \text{const}$   $\sigma_0$  phụ thuộc hệ số khuếch

đại mạch kín  $k_k = \frac{k_{BS}}{1 + k_U k_{BS}}$ , ở chế độ tĩnh hệ số này gần như không đổi.

Cần chú ý rằng:  $1 + k_U k_{BD} > k_{BD}$ , do đó ở cùng một tốc độ động cơ, điện áp đặt của hệ thống kín lớn hơn điện áp đặt của hệ hở. Điều này giải thích cho trường hợp tốc độ động cơ tăng vọt lên rất lớn khi có sai sót trong mạch phản hồi.

Sai số tĩnh của hệ thống hở có thể được viết:

$$\sigma_h \% = \frac{I_{dm}}{C_e} \cdot \frac{r_i + r_{BS}}{\sigma_0} \cdot 100 \quad (9)$$

Sai số tĩnh của hệ thống kín được viết:

$$\sigma_k \% = \frac{I_{dm}}{C_e} \cdot \frac{r_i + r_{BS}}{1 + k_U k_{BS}} \cdot 100 \quad (10)$$
$$\frac{I_{dm}}{C_e} \cdot r_i \cdot \frac{r_{BS}}{1 + k_U k_{BS}} \cdot 100$$

Như vậy, phản hồi âm điện áp của hệ thống điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều có sai số tĩnh nhỏ hơn sai số tĩnh của của hệ thống hở. Tuy nhiên, sai số này vẫn lớn hơn sai số của đặc tính cơ tự nhiên

$$\sigma_{TN} \% = \frac{I_{TN}}{C_e} \cdot \frac{I_{dm}}{\sigma_0} \cdot 100 \quad (11)$$

Do đó khả năng ổn định tốc độ của hệ thống này không cao, bởi vì bản chất của hệ thống là ổn định điện áp đầu ra của bộ biến đổi.

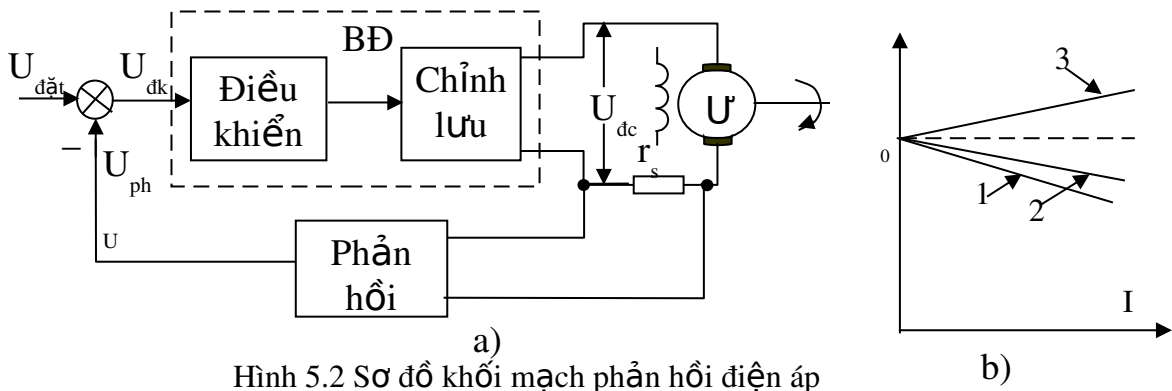
## 2. Đặc tính tĩnh của khâu phản hồi dương dòng điện

Ý tưởng của việc thiết lập hệ thống có phản hồi dương dòng điện, xuất phát từ sự cần thiết bù kích thích dưới dạng dòng điện tải. Đây là nguyên



## Đồ án tốt nghiệp

nhân chính gây nên sai số trong hệ thống phản hồi âm điện áp ở trên. Sơ đồ khối của khâu phản hồi dương dòng điện được vẽ trên hình 5.2a.



Hình 5.2 Sơ đồ khối mạch phản hồi điện áp

Điện áp điều khiển đưa tới bộ biến đổi lúc này:

$$U_{dk} = U_v + k_I \cdot I \quad (12)$$

Nếu tải của động cơ tăng lên, dòng điện tĩnh của động cơ cũng tăng, làm tăng số hạng thứ hai của biểu thức (12). Sự tăng lên của dòng điện tải làm tăng điện áp điều khiển ( $U_{dk}$ ) và như thế tăng điện áp động cơ để bù sự sụt tụt do tăng dòng điện gây sụt áp trên điện trở phần ứng động cơ và bộ biến đổi. Điện trở để lấy tín hiệu dòng điện ( $r_s$ ) nhiều khi người ta lấy ngay điện trở cuộn dây phụ của máy điện.

Đặc tính cơ của hệ thống phản hồi dương dòng điện động cơ điện một chiều được xây dựng bằng cách biến đổi các phương trình (1) (4) và (12), thu được:

$$\frac{k_{BS} \cdot U_v}{C_e} + \frac{r_{BS}}{C_e} \cdot \frac{r_s}{r} \cdot 1 - k_I \cdot k_{BS} \quad (13)$$

Nếu  $k_{BD}$  và  $r = r_r + r_{BD}$  không đổi thì phương trình (12) là phương trình đường thẳng.

Sai số tĩnh của hệ kín với phản hồi dương dòng điện là:

$$\delta_k \% = I_{dm} \cdot \frac{r_{BS}}{C_e} \cdot \frac{r_s}{r} \cdot 1 - k_I \cdot k_{BS} \cdot 100 \quad (14)$$

## Đồ án tốt nghiệp

Từ (14) thấy rằng sai số tĩnh của hệ thống kín khi phản hồi dương dòng điện có thể bằng 0 nếu như đáp ứng điều kiện:  $k_I \cdot k_{BD} = 1$ . Tuy nhiên, do  $k_{BD}$  là một hàm của  $U_{dk}$  ( $k_{BD}(U_{dk})$ ) nên hệ thống có thể xuất hiện những sai số theo tải. Nếu như  $k_I \cdot k_{BD} > 1$  sai số làm cho đặc tính tĩnh mất ổn định (như đường đặc tính 3 trên hình 5.2b)

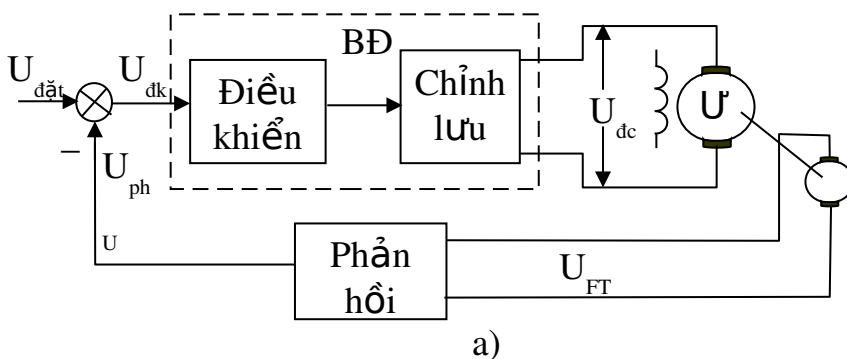
Thay đổi các đại lượng  $k_{BD}(U_{dk})$  và điện trở  $r_s$  làm cho tốc độ động cơ thay đổi. Nó còn thay đổi nhiều hơn ở hệ thống phản hồi âm điện áp. Điều này có thể được giải thích như sau: cùng với việc tăng dòng điện hệ số  $k_{BD}$  giảm, do đó đường đặc tính cơ có thể bị phi tuyến trong vùng đặc tính làm việc.

Hệ thống điều khiển này mặc dù có thể cho sai số tĩnh nhỏ, nhưng nó lại dễ cho đường đặc tính phi tuyến và đường đặc tính rơi vào vùng mất ổn định (đường 3 trên hình 5.2b).

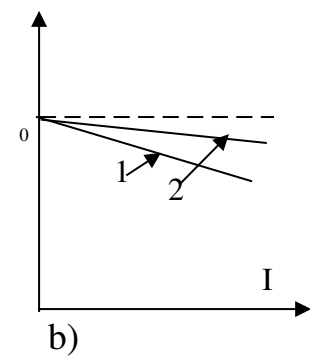
### 3. Hệ thống với phản hồi tốc độ

Sơ đồ của khâu phản hồi âm tốc độ được vẽ trên hình 5.2a. Nguyên lý hoạt động của phản hồi âm tốc độ là: Khi tải động cơ tăng lên, tốc độ động cơ giảm, điện áp đầu ra máy phát tốc giảm theo, điện áp điều khiển tăng lên, làm tăng điện áp động cơ và tăng tốc độ động cơ. Bằng cách này bù được sụt tốc độ động cơ nhờ việc tăng điện áp bộ biến đổi.

$$U_{dk} = U_v - k \cdot \quad (15)$$



Hình 5.3 Sơ đồ khối mạch phản hồi điện áp



## Đồ án tốt nghiệp

Phương trình đặc tính cơ hệ thống kín được xây dựng từ các biểu thức

(1) (4) và (15), thu được:

$$\frac{k \cdot U_v}{C_e \cdot 1 \cdot k \cdot k} \mid \frac{r_{BS}}{C_e \cdot 1 \cdot k \cdot k} \cdot r \quad (16)$$

Trong đó:

$$k = k_{BD}/C_e; r = r_{BD} + r_U.$$

Nếu  $k$  và  $r$  không thay đổi thì (15) là phương trình đường thẳng. Đặc tính cơ được vẽ theo phương trình này giới thiệu trên hình 5.3b.

Tương tự như phản hồi âm điện áp, điện áp đặt ( $U_v$ ) của hệ thống phản hồi âm tốc độ lớn hơn điện áp đặt của hệ thống hở.

Sai số tĩnh của hệ thống phản hồi âm tốc độ được tính:

$$k \% = \frac{I_{dm}}{C_e \cdot 0} \cdot \frac{r}{1 \cdot k \cdot k} \cdot 100 \quad (17)$$

Từ (17) thấy rằng sai số tĩnh giảm khi  $k$  tăng. nếu  $k \cdot k$  thì sai số tĩnh . Như vậy phản hồi âm tốc độ cho phép ổn định tốt hơn.

d) Chế độ tĩnh của hệ thống với nhiều phản hồi

Ở trên đã giới thiệu các khâu hồi tiếp âm điện áp bộ biến đổi, dương dòng điện, âm tốc độ động cơ nhằm ổn định tốc độ động cơ. Mỗi một khâu phản hồi ấy đều có ưu và nhược điểm. Trong trường hợp có hai hay ba khâu phản hồi cùng được sử dụng đặc tính cơ tĩnh của động cơ sẽ như thế nào?

Hình 5.4a vẽ sơ đồ khối một hệ thống có cả ba khâu hồi tiếp có thể có đối với động cơ điện một chiều. ở sơ đồ khối này, chỉ vẽ cho đơn giản. Nó có thể có tới mười hai khả năng thể hiện sơ đồ. Phản hồi điện áp bộ biến đổi có thể dương hoặc âm. Do đó trước đại lượng  $k_U \cdot U_{dc}$  trong phương trình (5) có thể mang dấu "+" hay "-". Phản hồi dòng điện cũng có thể phản hồi dương như đã giới thiệu ở trên, cũng có thể có phản hồi âm nhằm tăng chất lượng quá trình động hay giới hạn dòng điện khi khởi động hay quá tải. Do

## Đồ án tốt nghiệp

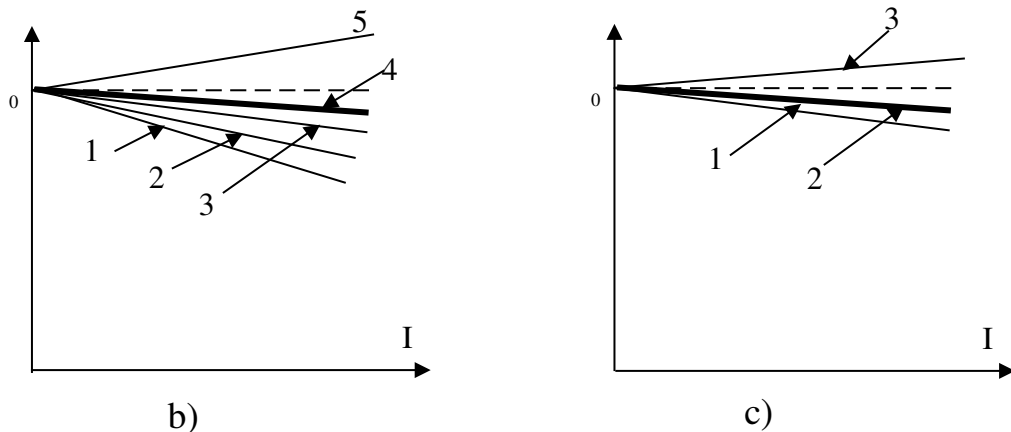
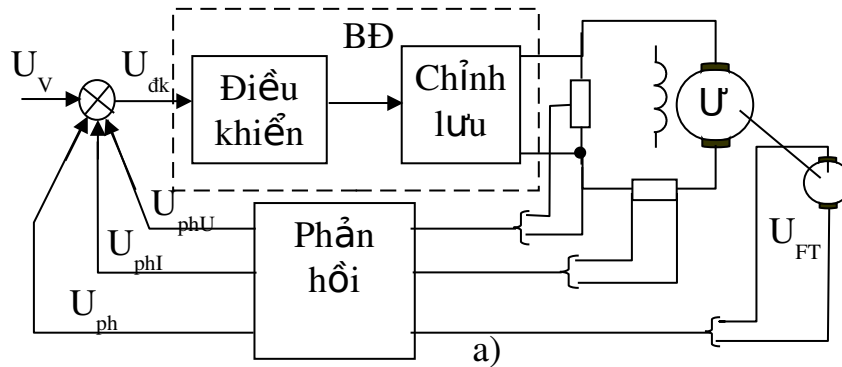
đó, dấu "+" hay dấu "-" được đặt trước  $k_I \cdot I$  trong biểu thức (10). Phản hồi tốc độ thường gặp chỉ là phản hồi âm như đã giới thiệu ở trên.

Sơ đồ khối trên có thể dùng để chỉ ra hoạt động của hệ thống với tổ hợp năm loại tín hiệu trong hai hay ba loại phản hồi trên. Phương trình tổng quát của hệ thống có nhiều phản hồi:

$$U_{dk} = U_V - k_U \cdot U_{dc} - k_I \cdot I - k \cdot \quad (18)$$

Lấy ví dụ cho trường hợp ổn định tốc độ bằng phản hồi âm điện áp và dương dòng điện, lúc đó điện áp điều khiển được viết:

$$U_{dk} = U_V - k_U \cdot U_{dc} + k_I \cdot I \quad (19)$$



Hình 5.4 Sơ đồ khối mạch phản hồi điện áp

Khi phản hồi dương dòng điện yếu ( $k_I$  nhỏ) và  $k_{BD} = \text{const}$ ,  $r = \text{const}$ , đặc tính cơ của hệ thống cao hơn đặc tính cơ của hệ thống khi chỉ có phản hồi

## Đồ án tốt nghiệp

âm điện áp. đường đặc tính này được vẽ trên hình 5.4b (đường số 4). Để so sánh, ở đây vẽ cả đặc tính cơ hệ hở (đường số 1), đặc tính cơ chỉ có phản hồi âm điện áp (đường số 2), đặc tính cơ tự nhiên (đường số 3). Phản hồi dòng điện yếu cho đặc tính cơ có độ cứng cao hơn, bởi vì nó tăng thêm điện áp của bộ biến đổi do phản hồi dương dòng điện. Phản hồi dòng điện mạnh hơn, đặc tính cơ có độ cứng cao hơn. Tuy nhiên, tăng  $k_I$  đến một chừng mực nào đó đường đặc tính cơ rơi vào vùng phi tĩnh (không ổn định tĩnh - đường đặc tính số 5 trên hình 5.4b).

Nếu đặc tính cơ của hệ thống gần tới đặc tính cơ tự nhiên thì  $k_U \cdot U_{dc} = U_V$ , lúc đó phản hồi âm điện áp dường như bị triệt tiêu. Khi tiếp tục tăng phản hồi dòng điện, tín hiệu  $k_U \cdot U_{dc}$  trở nên lớn hơn  $U_V$  (về trị số) lúc đó  $U_V - k_U \cdot U_{dc} < 0$ . Phản hồi dương dòng điện bây giờ chính là thành phần chính của  $U_{dk}$ , không những thế, nó còn là thành phần bù phần lớn hơn của  $k_U \cdot U_{dc}$  so với  $U_V$ . Giới hạn trên của của đường đặc tính cơ trong trường hợp này không tồn tại.

Trường hợp ví dụ thứ hai. hệ thống có phản hồi âm tốc độ mạnh ( $k$  lớn) và dương dòng điện yếu ( $k_I$  nhỏ). Điện áp điều khiển bây giờ:

$$U_{dk} = U_V + k_I \cdot I - k \cdot \omega$$

Trên hình 5.4c vẽ đặc tính cơ cho hệ thống có phản hồi âm tốc độ và dương dòng điện. So với đặc tính cơ tự nhiên (đường 1) hệ thống kín cho đặc tính cơ cao hơn. Chỉ cần phản hồi âm tốc độ cũng có thể nâng đặc tính cơ lên tới cứng tuyệt đối (đường song song với trục hoành). Khi có thêm phản hồi dương dòng điện, nếu hệ số  $k_I$  đáng kể, đường đặc tính cơ có thể rơi vào vùng phi tĩnh (đường 3).

Phương trình đặc tính cơ của hệ thống có thể được viết dưới dạng tổng quát, bằng cách phối hợp giải các phương trình (1) (4) và (18) thu được:

$$\frac{k \cdot U_V}{1 - k_U k_{BS}} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{k} \left| \frac{\frac{r}{C_e} + k_U \cdot k \cdot r + k_I \cdot k}{1 + k_U \cdot k_{BS} + k} \right| \quad (20)$$

## Đồ án tốt nghiệp

trong đó:

$$k = k_{BD}/C_e; r = r_U + r_{BD}(I)$$

Sai số tĩnh của hệ thống được viết:

$$k\% = \frac{\frac{r}{C_e} + k_U \cdot k \cdot r + k_I \cdot k}{1 + k_U \cdot k_{BS} + k \cdot k_0} \cdot 100$$

Nếu như cho trước sai số tĩnh, sau khi lựa chọn xong khâu phản hồi, bộ biến đổi, động cơ có các thông số như:  $k_{BD}$ ,  $r$ ,  $C_e$ ,  $k_0$ , có thể tính được các hệ số hồi tiếp  $k_U$ ,  $k_I$ ,  $k$  tương ứng các phản hồi đã chọn. Trường hợp sử dụng từ hai phản hồi trở lên, cần cho trước một hệ số rồi tính hệ số còn lại.

## II- Thiết kế hệ tự động điều chỉnh tốc độ động cơ theo phương pháp tối ưu modul hai mạch vòng

### 1. Nguyên lý chung về điều khiển tối ưu modul nhiều mạch vòng:

Giả sử ta có một đối tượng có hàm truyền:

$$W_{DT}(P) = \frac{K_1 K_2 \dots K_n}{\prod_{i=1}^m (T_i \cdot P + 1)}$$

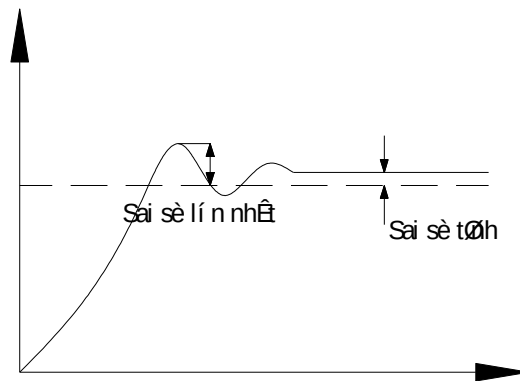
Trong đó:

$K_n$ : hệ số khuếch đại của các khâu của hệ thống.

$m$ : số khâu quán tính hệ thống.

$T_i$ : hằng số thời gian quán tính của các khâu quán tính.

Nếu mạch có nhiều khâu quán tính có hằng số thời gian lớn thì độ tác động nhanh của hệ thống sẽ kém, sự ổn định của hệ kém, đồng thời sai số tĩnh lớn.

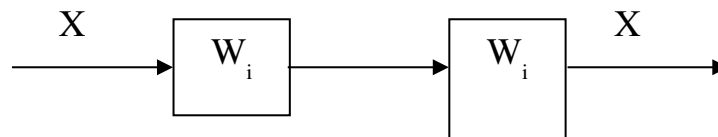


Do vậy ta thường đưa thêm vào các bộ điều chỉnh nhằm mục đích khử các hằng số thời gian quán tính lớn và đưa thêm vào hệ các khâu tích phân có hằng số thời gian nhỏ để khử các sai số tĩnh của hệ. Do đó ta phân tích đối tượng ra làm hai khâu:

$$\text{Mẫu số đối tượng: } \prod_{i=1}^m (T_i P + 1) = \prod_{i=1}^1 (T_i P + 1) \cdot \prod_{k=1+1}^m (T_k P + 1)$$

trong đó : 1 số khâu có hằng số thời gian lớn cần khử. M số khâu có hằng số thời gian nhỏ không cần khử

Theo lý thuyết điều khiển tự động, muốn khử một khâu nào đó ta chỉ cần đưa thêm vào hệ thống một khâu có hàm truyền bằng nghịch đảo của khâu cần khử:



Khi đó hàm truyền mong muốn của hệ hở sẽ là:

$$W_{hmm} = \frac{1}{T_0 P} \cdot \frac{1}{\prod_{k=1+1}^m (T_k P + 1)}$$

Để đơn giản hoá cho việc tính toán, ta đưa ra một khâu tương đương có hằng số thời gian T tương đương với các hằng số thời gian nhỏ.

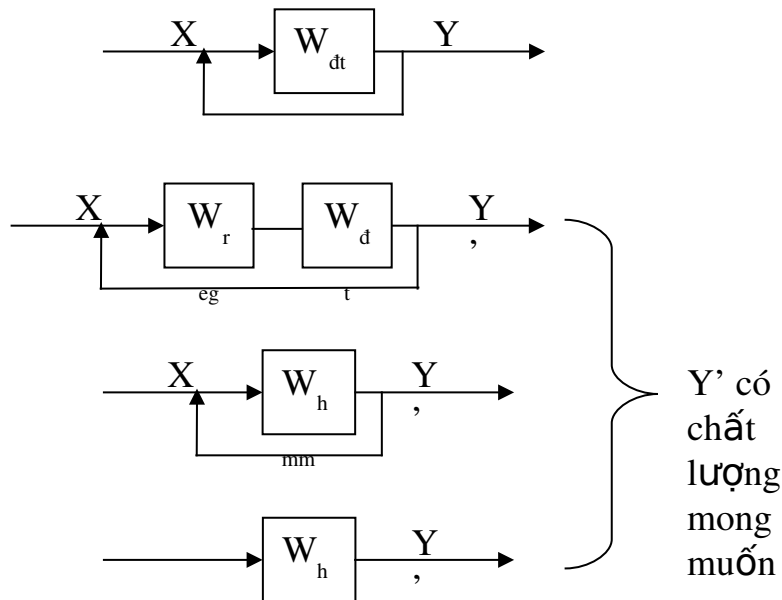
$$T = T_{1+1} + T_{1+2} + \dots + T_m$$

$$\text{Nên ta có : } W_{hmm} = \frac{1}{T_0 P} \cdot \frac{1}{(T_\mu P + 1)}$$

# Đồ án tốt nghiệp

Lúc đó hàm truyền của hệ kín sẽ là:

$$W_{kmm} = \frac{W_{hmm}}{1 + W_{hmm}} = \frac{\frac{1}{T_0 P} \cdot \frac{1}{(T_\mu P + 1)}}{1 + \frac{1}{T_0 P} \cdot \frac{1}{(T_\mu P + 1)}} = \frac{1}{1 + T_0 P (T_\mu P + 1)}$$



Các khâu đưa thêm vào <sup>mm</sup> được gọi là các khâu hiệu chỉnh và có hàm truyền là:

$$R_{Reg} = \frac{W_{hmm}}{W_{dt}}$$

$$R_{Reg} = \frac{1}{T_0 P} \cdot \frac{1}{\prod_{k=1}^n \pi(T_k P + 1)} \cdot \frac{\prod_{i=1}^m \pi(T_i P + 1)}{K_1 K_2 \dots K_n}$$

$$R_{Reg} = \frac{\prod_{i=1}^m \pi(T_i P + 1)}{T_0 P \cdot (K_1 K_2 \dots K_n)}$$

Khi quá lớn ( $m > 3$ ) mạch sẽ phức tạp, do đó ta sẽ chia thành nhiều mạch vòng nối tiếp nhau. Mỗi vòng chỉ chứa một hằng số thời gian lớn cần khử và thực hiện các mạch vòng từ mạch vòng trong ra mạch vòng ngoài. Đó là nguyên lý điều khiển tối ưu theo nhiều mạch vòng.

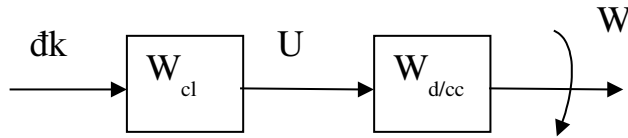
## 2. Nguyên lý điều khiển tối ưu 2 mạch vòng ( tốc độ ( ) và dòng điện (I) ở Động cơ một chiều trong hệ Thyristor - Động cơ:



# Đồ án tốt nghiệp

## 2.1. Hàm truyền của các khâu:

### a) Hàm truyền của động cơ.



- Bộ chỉnh lưu Thyristor có hàm truyền.

$$W_{\text{chỉnh lưu}} = K_{\text{chỉnh lưu}} = \frac{K_{CL}}{1 + \tau P}$$

- Động cơ 1 chiều có sơ đồ cấu trúc được mô tả qua các phương trình ở chế độ quá độ:

$$U - E = IR + L \frac{d_i}{d_t}$$

$$M - MC_{-j} \frac{d_w}{d_t} \text{ hay } I - I_c = J / K_M \phi * \frac{d_w}{d_t}$$

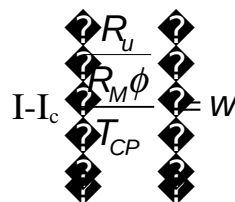
$$I - I_c = \frac{J R_u}{(K_M \phi)^2} * \frac{K_M \phi}{R_u} * \frac{d_w}{d_t} = T_c \frac{K_M \phi}{R_u} * \frac{d_w}{d_t}$$

Phương trình (1) và (2) ở dạng toán tử có dạng .

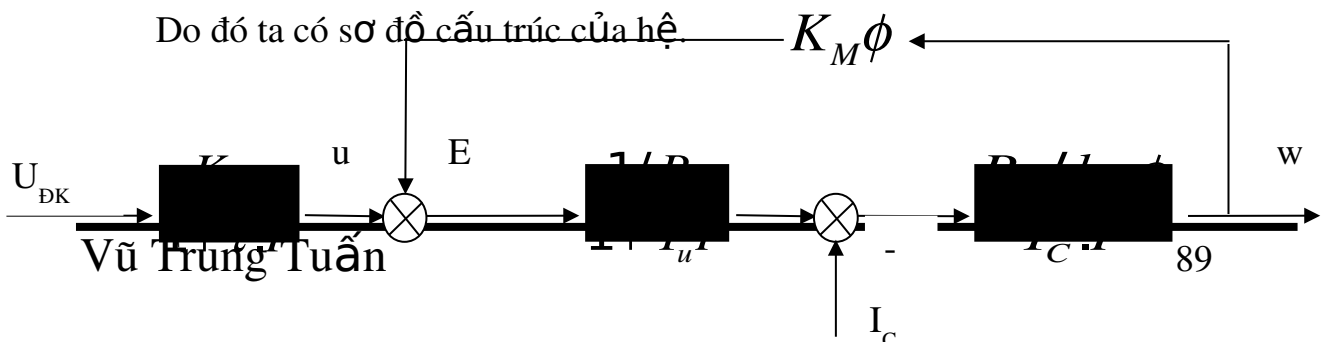
$$U - E_0 = RI + LPI = RI(1 + T_u P)$$

$$(U - E) \left( \frac{1}{R_u} \right) = I \frac{1}{1 + T_u P}$$

$$I - I_c = T_c * K_M \frac{R_u * P * W}{R_u} = T_c P K_M W$$



Do đó ta có sơ đồ cấu trúc của hệ

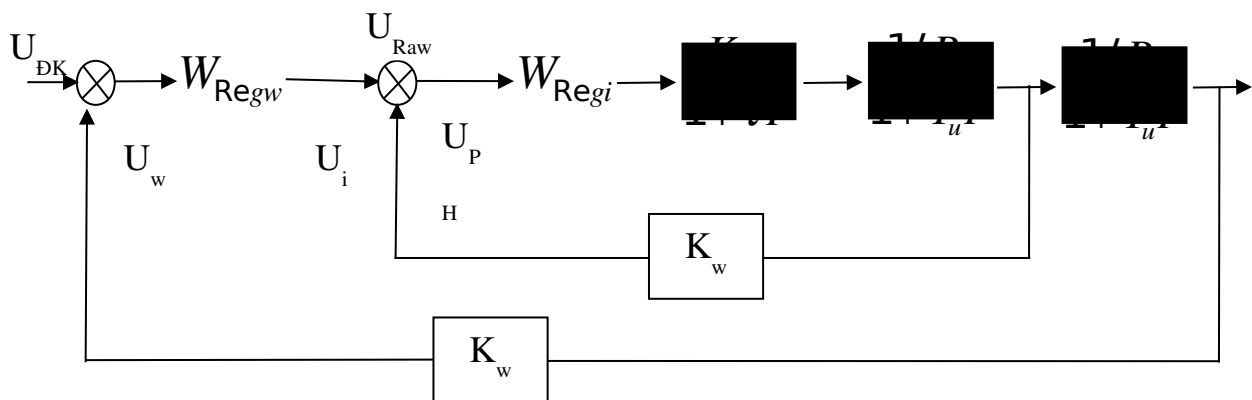


Sơ đồ cấu trúc mạch vòng dòng điện dạng rút.

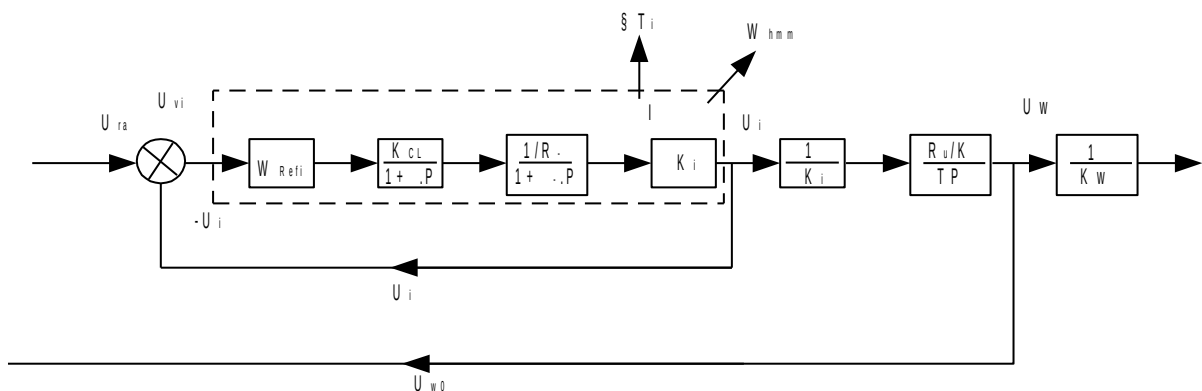
Trong thực tế người ta thường bỏ qua khâu phản hồi, SĐĐ E trong tính toán các quá trình quá độ do quán tính lớn của w có tốc độ biến thiên chậm so với đại lượng điện.

ở đây ta có hằng số thời gian cần khử là  $T_U$  và  $T_C$

Ta thực hiện 2 mạch vòng mạch vòng trong là mạch vòng dòng điện có  $T_U$  cần khử và dùng hàn hồi âm dòng +phản hồi tốc độ.



- Xét mạch vòng điện: Có thể vẽ lại như sau:



$$W_{ĐTi} = \frac{K_{CL}}{1 + \tau P} + \frac{1/R_u}{1 + T_u P} \times K_1$$

## Đồ án tốt nghiệp

$$W_{hmm} = \frac{1}{T_0 P} \times \frac{1}{1 + \tau P}; \tau \mu = 0,01s \text{ (Đối với chỉnh lưu)}$$

$$W_{reg} = \frac{W_{hmm}}{W_{Dti}} = \frac{1}{T_0 P} \times \frac{1}{(1 + \tau P)} \times \frac{(1 + \tau P)}{K_{CL}} \times \frac{(1 + T_u P)}{1/R_u} \times \frac{1}{K_i} = \frac{(1 + T_u P)}{(T_0 P) \times K_{CL} \times K_i \times 1/R_u}$$

Theo tiêu chuẩn tối ưu Modul, nên ta chọn:  $T_{01} = 2T = 2$

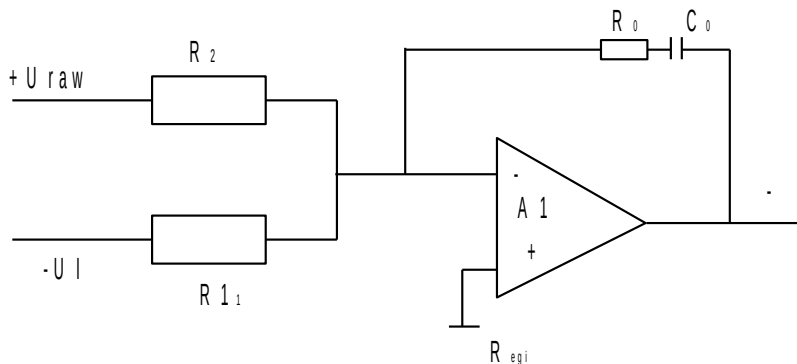
Còn lại ở mạch vòng tối ưu là:

Nếu chọn  $T_{01} > 1T$ : quá độ dài

$T_{01} < 2T$ : Quá độ ngắn, xong lại có quá động cơ lớn.

$$W_{regi} = \frac{1 + T_u P}{2\tau P \times K_{CL} \times K_i \times 1/R_u} \cdot \frac{1 + T_u P}{T_i P} = \frac{T_u}{T_i} + \frac{1}{T_i P} \Rightarrow \text{Khâu } P_i$$

$$\text{Đặt: } T_i = 2T \cdot K_{CL} \cdot K_i \cdot 1/R_u$$



Chọn:  $R_{11} = R_{12} = R$

$$\frac{T_u}{T_i} = \frac{R_0}{R_1} = \frac{R_0}{R_2} = K_{A1}: \text{Hệ số khuếch đại } P$$

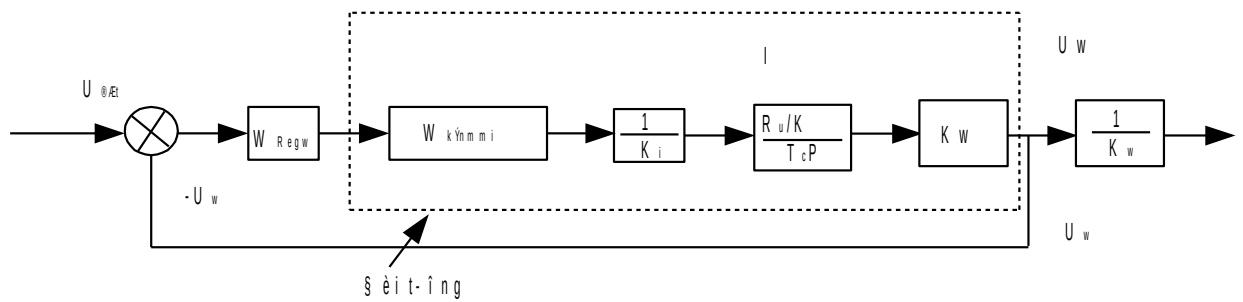
$R_1 C_0 = R_2 C_0 = T_i$ : Hằng số tích phân.

$$T_u = \frac{R_0}{R_1} \times T_i = \frac{R_0}{R_2} \times T_i = \frac{R_0}{R_1} \times R_1 \times C_0 = R_0 \times C_0$$

Hàm truyền của hệ kín mong muốn sẽ là:

$$W_{Kmmi} = \frac{W_{hi}}{1 + W_{hi}} = \frac{\frac{1}{2\tau P(1 + \tau P)}}{1 + \frac{1}{2\tau P(1 + \tau P)}} = \frac{1}{1 + 2\tau P(1 + 2\tau P)} = \frac{1}{1 + 2\tau P + 2\tau^2 P^2} = \frac{1}{1 + 2\tau P}$$

Vì rất nhỏ nên  $^2$  bị coi là không đáng kể (bậc cao) mạch ngoài (mạch vòng tốc độ)



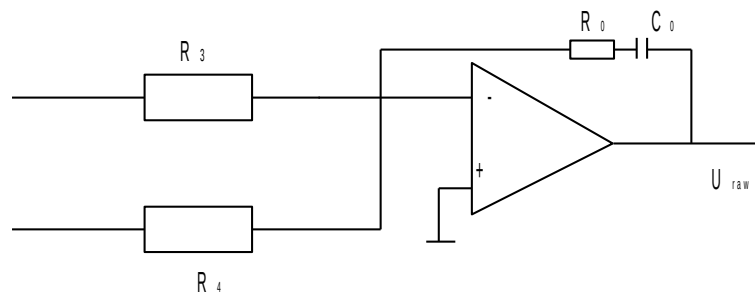
$$W_{DT(w)} = \frac{1}{1+2\tau P} \times \frac{1}{K_i} \times \frac{R_u}{K_M \phi \times T_c P} \times K_w$$

$$W_{hmm(w)} = \frac{1}{T_{02} P} \times \frac{1}{2\tau P + 1}$$

$$W_{Regw} = \frac{W_{hmm(w)}}{W_{DT(w)}} = \frac{1}{T_{02} P} \times \frac{1}{2\tau P + 1} \times \frac{1+2\tau P}{1} \times \frac{K_M \phi T_c P}{R_u \times K_w}$$

$$= \frac{K_i \times K_M \times \phi \times T_c P}{T_{02} \times P \times R_u \times K_w} = \frac{K_i \times K_M \times \phi \times T_c \times P}{2T_{01} \times P \times R_u \times K_w} = \frac{K_i \times K_M \times T_c \times P}{4 \times T_M \times P \times R_u \times K_w} = K_{rt} \Rightarrow$$

Khâu khuếch đại :



Sơ đồ khâu hiệu chỉnh tốc độ

### III- Tính toán các thông số của mạch hiệu chỉnh

#### 1. Thông số mạch vòng phản hồi dòng điện :

Ta có hàm truyền của khâu hiệu chỉnh dòng  $W_{regi}$

$$W_{regi(P)} = \frac{T_u}{T_i} + \frac{1}{T_i P}$$

Trong đó :

$T_u = L_u / R_u$  hằng số của thời gian điện từ:

$$\text{Ta có : } L_u = 3,4 * 10^{-3}(\text{H}), R_u = 0,308 ( \ )$$

$$L_{CL} = L_{ba} + L_{CKCB} = 0,103.10^{-3} + 4,6.10^{-3} = 4,7.10^{-3}(\text{H})$$

## Đồ án tốt nghiệp

$$R_{Cl} = R_{ba} + R_{CKCB} = 0,0536 + 0,0884 = 0,142 \text{ ( )}$$

$$T_u = \frac{3,4 + 4,7}{0,308 + 0,142} \times 10^{-3} = 0,018 \text{ (S)}$$

$$T_i = 2T * K_{Cl} * K_{PHI} * 1/R_u$$

Ta chọn :

$U_{PHI} = 5,3 \text{ (V)}$ : ở dòng điện định mức:

$$\Rightarrow K_{PHI} = U_{PHI}/I_{udm} = 5,3/53 = 0,1$$

$T = 1/mf$ : hằng số thời gian của bộ chỉnh lưu:

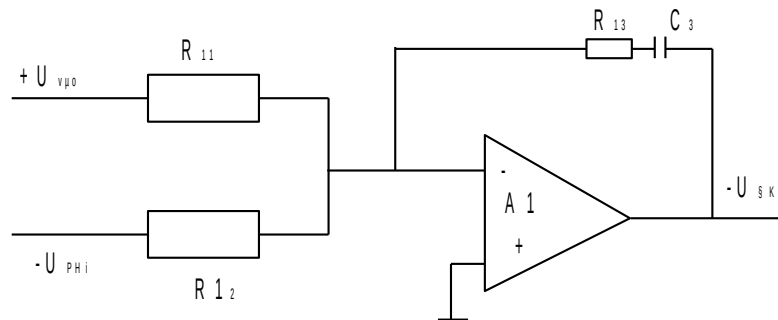
$$T = 1/3 * 50 = 0,006 \text{ (s)}$$

$K_{CL} = U_{do}/U_{dkmax}$ : hệ số của chỉnh lưu.

$$K_{Cl} = 24 \text{ (V)}$$

$$\text{Vậy } T_i = 2 * 0,0066 * 24 * 0,1 * 1/0,534 = 0,59 \text{ (S)}$$

Ta có sơ đồ khâu hiệu chỉnh dòng điện:



Sơ đồ khâu hiệu chỉnh dòng  $W_{regi}$

Ta chọn:  $R_{11} = R_{12} = R$

$$\frac{T_u}{T_i} = \frac{R_{13}}{R_{11}} = \frac{R_{13}}{R_{12}}$$

$$T_i = R_{11} * C_3 = 0,059 \text{ (s)}$$

Theo kinh nghiệm ta chọn :  $C_3 = 0,1 \text{ ( F)}$

$$\text{Vậy: } R_{11} = T_i/C_3 = 0,059/1 * 10^{-6} = 5,9 \text{ (M )}$$

$$R_{11} = R_{12} = 5,9 \text{ (M )}$$

$$\text{Ta có: } T_u = R_{13} * C_3 = 0,018;$$

## Đồ án tốt nghiệp

$$\Rightarrow R_{13} = 0,018/C_3 = 0,018/0,1 \cdot 10^{-6} = 180(\text{K} \quad )$$

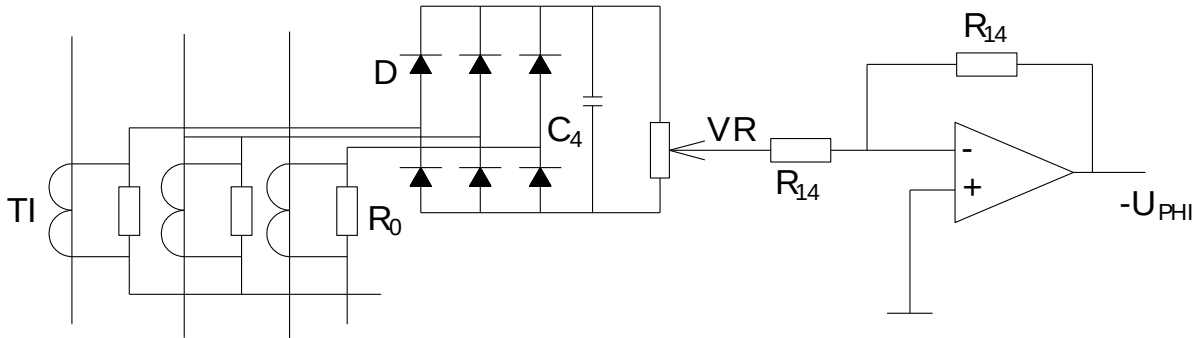
Tính toán khâu phản hồi dòng :

Ta chọn hệ số phản hồi dòng là  $K_1 = 0,1$ ;

Điện áp phản hồi ở dòng điện định mức là:

$$U_{\text{PHI}} = 0,1 \cdot 53 = 5,3(\text{V})$$

Ta sử dụng máy biến dòng để lấy tín hiệu phản hồi dòng điện :



Sơ đồ khâu lấy tín hiệu phản hồi dòng

Ta có :  $K_{\text{Phi}} = K_{\text{TI}} \cdot R_0 \cdot K_{\text{Cl}} = 0,1$ ;

Trong đó:

$K_{\text{Phi}}$  : hệ số phản hồi dòng điện.

$K_{\text{TI}}$  : hệ số biến dòng

Ta chọn biến dòng loại: 100/5A;

$K_{\text{Cl}}$  : Hệ số chỉnh lưu của mạch chỉnh lưu cầu.

$$K_{\text{Cl}} = 2,34;$$

Ta sử dụng chỉnh lưu cầu do điện áp ở đầu ra khâu biến dòng TI là:

$$U_{\text{TI}} = U_{\text{PHI}} / 2,23 = 5,3 \cdot 2,34 = 2,26(\text{A})$$

Vậy dòng điện thứ cấp của DB là:

$$I_2 = K_{\text{TI}} I_{2\text{BA}} = \frac{5}{100} \cdot 37,57 = 1,878(\text{A})$$

$$\text{Vậy } R_0 = U_{\text{TI}} / I_2 = \frac{2,26}{1,878} = 1,203( \quad )$$

Ta chọn:  $R_0 = 1,2( \quad )$

Ta đưa tín hiệu  $U_{\text{phi}}$  qua khâu khuếch đại đảo để lấy  $-U_{\text{phi}}$

## Đồ án tốt nghiệp

Chọn  $R_{14}$  để hạn chế dòng điện vào khuếch đại thuật toán nhỏ hơn  $1,2\text{mA}$

$$\text{Vậy : } R_{14} = \frac{U_{\text{Phi}}}{1,2 \cdot 10^{-3}} = \frac{5,3}{1,2 \cdot 10^{-3}} = 4,416(\text{K}\Omega)$$

Vậy ta chọn :  $R_{14} = 6(\text{K})$

2. **Thông số của mạch vòng phản hồi tốc độ, ta có hàm truyền của khâu hiệu chỉnh tốc độ:**

$$W_{\text{regw(p)}} = K_{\text{rt}}$$

Trong đó:

$$K_{\text{rt}} = \frac{K_{\text{Phi}} \cdot T_c}{4T_{\mu} \cdot K_{\text{Phw}} \cdot \frac{R_u}{K\Phi}}; T_{02} = 4T_{\mu}$$

$T_c$ : Hằng số thời gian của hệ :  $T_c = \frac{J \cdot R_{\text{v}}}{(K\phi)^2}$

$J$  : Mô quán tính của hệ.

$J = J_d$  : mô men quán tính của động cơ:

Ta chọn :  $J = J_D = 1,6(\text{Kg} \cdot \text{m}^2)$

$$K = 1,638$$

$$T_c = \frac{1,6 \cdot 0,534}{(1,638)^2} = 0,318(\text{S})$$

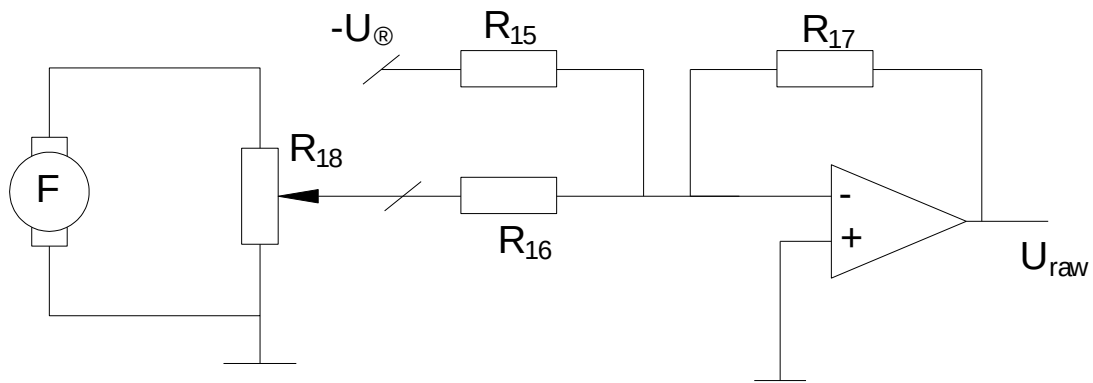
$K_{\text{Phw}}$  : hệ số phản hồi tốc độ:

Ta chọn loại máy phát tốc  $100\text{V}/4000\text{vòng/phút}$ ; ở tốc độ định mức  $n_{\text{dm}} = 950(\text{vòng/phút})$

Ta có điện áp tương ứng là:

$$\frac{100}{4000} \cdot 950 = 23,75(\text{V})$$

## Đồ án tốt nghiệp



Sơ đồ khâu hiệu chỉnh tốc độ  $W_{regw}$

Ta chọn  $R_{18}$  là biến trở có giá trị  $R_{18} = 400(\text{K})$ . Để con chạy ở vị trí sao cho điện áp phản hồi ứng với tốc độ định mức  $\omega_{dm} = 950\text{V/P}$  là 5V

Vậy phản hồi tốc độ là:

$$K_{Phw} = \frac{U_{Phw}}{W} = \frac{5}{\frac{2\pi}{60} \times 950} = 0,05$$

Vậy ta có:

$$K_{rt} = \frac{K_{ph} \times T_C}{4T_{\mu} \times K_{Phw} \times \frac{R_u}{K\phi}} = \frac{0,1 \times 0,318}{4 \times 0,0066 \times 0,05 \times \frac{0,534}{1,638}} = 45,14$$

$$T_{02} = 4 \times T = 4 \times 0,0066 = 0,0264;$$

Ta chọn :  $R_{15} = R_{16} = 3,1(\text{K})$

$$\Rightarrow \frac{R_{17}}{R_{15}} = \frac{R_{17}}{R_{16}} = 45,14$$

$$\Rightarrow R_{17} = 45,14 \times 3,1 = 263,9(\text{K})$$

### Vấn đề hạn chế dòng điện:

Trong quá trình khởi động thì có quá trình quá độ và dòng điện có thể tăng lên rất lớn.

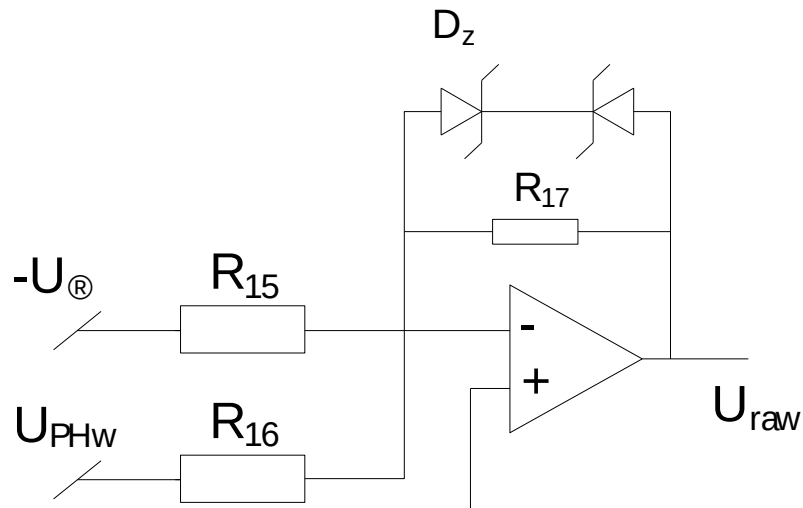
Mặt khác trong quá trình quá độ và ngay cả ở chế độ xác lập khi động cơ bị quá tải có thể dẫn tới tăng trị số dòng điện quá trị số cho phép. Điều này gây nguy hiểm cho động cơ và các thiết bị khác.



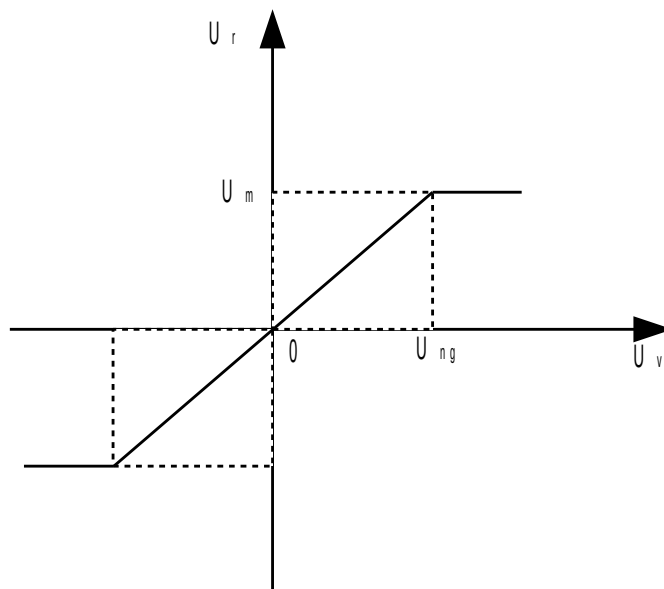
## Đồ án tốt nghiệp

Vì vậy ta cần phải tìm cách hạn chế dòng điện ở một giới hạn nhất định sao cho không gây nguy hiểm mà vẫn đảm bảo được trị số cần thiết của momen để khởi động cơ. Trị số này thường từ  $(1,5 \text{ -- } 2,5)I_{dm}$ ;

Trong các hệ dùng hiệu chỉnh nối tiếp, việc hạn chế dòng được thực hiện bằng cách hạn chế tín hiệu đầu ra của bộ hiệu chỉnh tốc độ  $W_{regw}$  như một khâu phi tuyến song song với nó. Ta có sơ đồ như sau;



Sơ đồ khâu hiệu chỉnh tốc độ có mắc mạch hạn chế dòng điện phần ứng.



Đặc tính đầu ra của khâu hạn chế

-> Ta có đặc tính đầu ra của bộ điều chỉnh tốc độ dạng như sau:

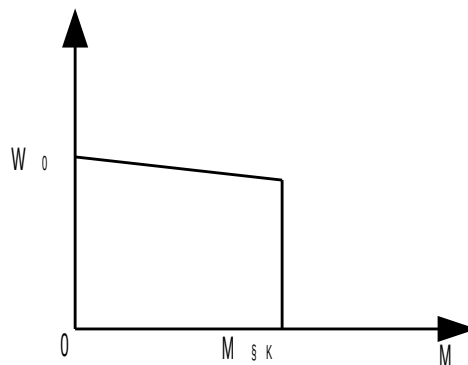
## Đồ án tốt nghiệp

Ở những tốc độ nhỏ thì  $U_{\text{vào}} = U_d - U_{\text{Phw}}$  có giá trị lớn, nên bộ điều chỉnh tốc độ có tác dụng của khâu phi tuyến bị bão hoà ở điện áp ra cực đại  $U_{\text{max}} = \text{cost}$ .

Nói cách khác khi tốc độ nhỏ thì mạch vòng phản hồi tốc độ tự động bị cắt ra khỏi hệ thống và sẽ không có điện áp phản hồi âm tốc độ.

Do đó điện áp  $U_{\text{max}}$  được đặt vào trực tiếp khâu hiệu chỉnh dòng để tạo ra điện áp cần thiết cho quá trình tăng tốc, vì  $U_{\text{vào}}$  được duy trì cực đại trong khoảng tốc độ nhỏ nên hệ thống được cưỡng bức tối đa và quá trình tăng tốc xảy ra rất nhanh.

Thực tế dòng điện trong khoảng này gần như không đổi, khi tốc độ tăng lên thì  $U_{\text{Phw}}$  tăng lên, đến một giá trị nào đó thì  $U_{\text{vào}} = U_d - U_{\text{Phw}}$  đủ nhỏ thì bộ  $W_{\text{regw}}$  làm việc ở chế độ không bão hoà với giá trị điện áp ra của nó phụ thuộc vào mạch vòng phản hồi âm tốc độ. Nhờ vậy đặc tính cơ của hệ tăng lên rất lớn, ta có được tính cơ của hệ như hình vẽ.



Đặc tính cơ của hệ điều khiển tối ưu modul

### Tính toán các thông số của mạch hạn chế dòng

Ta có :  $U_{vi} = K_K \Phi_i * I_r$

$I_r$  nằm trong khoảng ( 1,5 2,5)  $I_{rđm}$ ; Ta chọn:  $I_{r\text{max}} = 2I_{rđm}$

$I_{r\text{max}} = 2 * 53 = 106 = 10,6(\text{V})$

Vậy ta hạn chế  $U_{vi\text{max}} = 10(\text{V})$

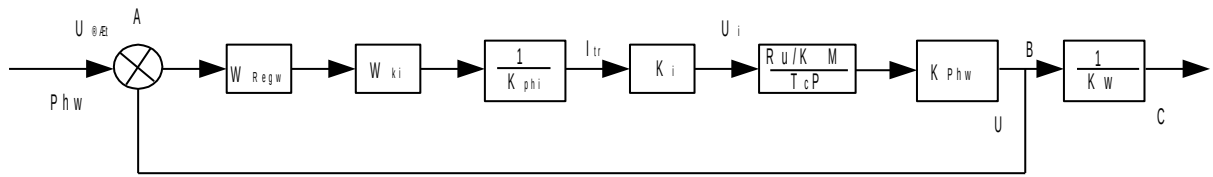
Thực tế dòng điện được hạn chế ở mức

$$I_r = 10/0,1 = 100(\text{A})$$

## Đồ án tốt nghiệp

Ta chọn  $D_0$  là Diot Zene có điện áp :  $U_{ng} = U_{vimax} = 10(A)$

Ta xét hàm truyền của hệ:



Ta có : Hàm truyền của hệ kín

$$W_{kw} = \frac{W_{h2}}{1 + W_{h2}} = \frac{1}{T_{02}P(T_{\mu 2}P + 1)} \times \frac{1}{1 + \frac{1}{T_{02}P(T_{\mu 2}P + 1) + 1}} = \frac{1}{T_{02} \times T_{\mu 2}P^2 + T_{02}P + 1}$$

$$T = 0,0066;$$

$$T_{02}4*T = 4*0,0066 = 0,026$$

$$\text{Vậy } W_{kw} = \frac{1}{0,026 \times 0,0066P^2 + 0,026P + 1}$$

Hệ số khuếch đại từ A đến B là  $K_{AB} = 1$

Hệ số khuếch đại của toàn mạch từ A đến C là:

$$K_{AC} = K_{AB} * 1/K_{Phw} = 1/K_{Phw}$$

$$\text{Ta có : } U_{đặt} = w/K_{AC} = w * K_{Ph.}$$

$$\text{Khi } w = w_{đm} = 115,18$$

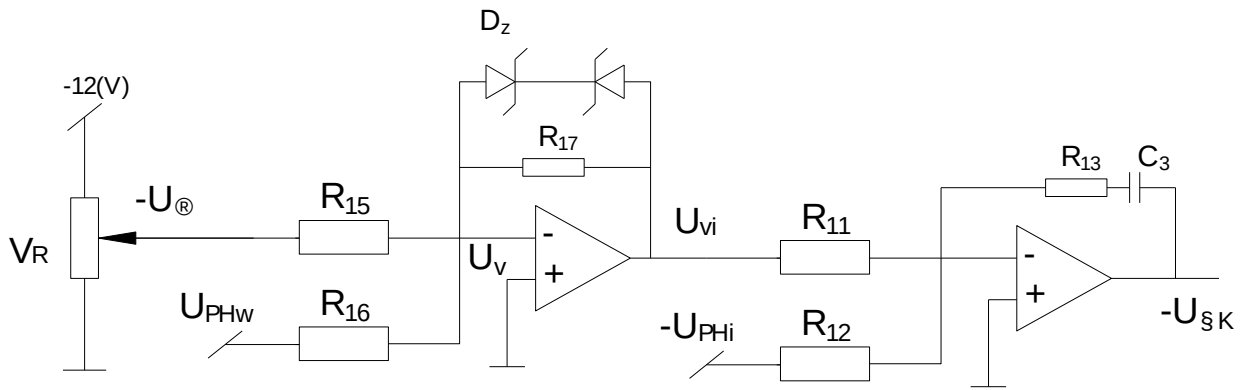
$$U_{đặt} = 115,18 * 0,0434 = 5(V)$$

Vậy điện áp đặt khi tốc độ định mức:  $U_d = +5(V)$

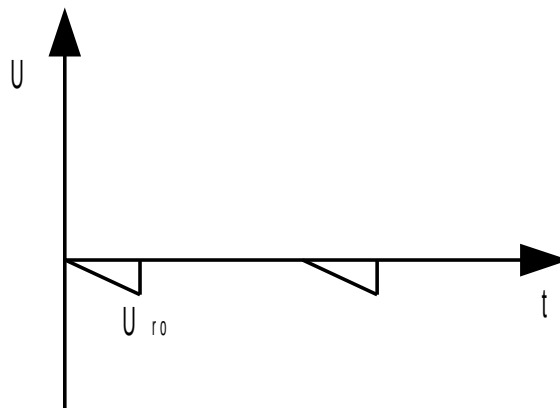
Ta lấy điện áp 12(V) từ nguồn nuôi để làm điện áp đặt . Chọn biến trở:

$V_R = 10(K)$  để điều khiển điện áp đặt:

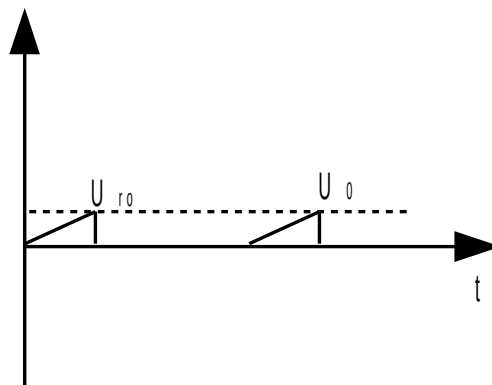
Vậy ta có sơ đồ hoàn chỉnh của các khâu hiệu chỉnh:



+ Theo thiết kế mạch điều khiển ở chương 5 ta có điện áp tựa  $U_{rc}$  có dạng sau:



Do yêu cầu hệ điều khiển tối ưu modul thì điện áp tựa có dạng răng cưa lùi.

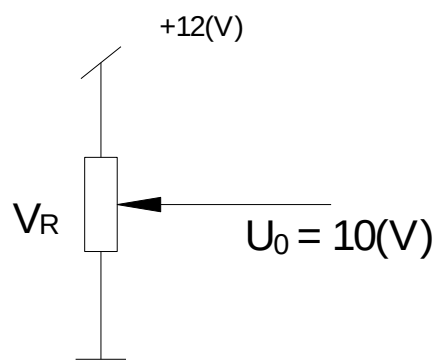


Để đơn giản ta cộng thêm điện áp không đổi  $U_0$ :

$U_0 = U_{rmax}$  vào điện áp răng cưa ta sẽ được dạng điện áp tựa muốn.

Ta lấy điện áp nguồn nuôi.  $V_{CC} = +12(V)$  để tạo điện áp  $U_0 = 11,5(V)$

Chọn  $V_R$  là biến trở có giá trị  $1,2(K \Omega)$



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Thịnh, Tính toán thiết kế thiết bị điện tử công suất, NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2004
2. Phan Tử Thụ, Thiết kế máy biến áp điện lực, NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2002
3. Bùi Quốc Khánh – Nguyễn Văn Liễn – Nguyễn Thị Hiền, Truyền động điện, NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2004
4. Nguyễn Bình, Điện tử công suất, NXB khoa học, Hà Nội 1996