

# Chương 1

## MỘT SỐ NỘI DUNG VÀ KIẾN THỨC LIÊN QUAN ĐẾN TÍNH TOÁN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

### 1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lưới điện công nghiệp hiện nay đối với hầu hết các quốc gia là lưới điện xoay chiều ba pha. Do vậy với các phụ tải điện yêu cầu nguồn cung cấp là một chiều và thường là nguồn một chiều điều chỉnh được (động cơ một chiều có yêu cầu điều chỉnh tốc độ, nguồn nạp điện cho ắc quy, nguồn cấp cho các thiết bị điện phân, mạ điện, v.v...), khi đó cần phải sử dụng một thiết bị để biến đổi nguồn xoay chiều hình sin tần số công nghiệp thành điện áp hoặc dòng điện một chiều điều chỉnh được, thiết bị phổ biến và có hiệu suất cao để thực hiện chức năng này là các bộ chỉnh lưu bán dẫn. Dựa vào dụng cụ sử dụng và khả năng điều chỉnh điện áp hoặc dòng điện đầu ra, các loại bộ biến đổi này được chia ra là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Dựa vào cấu trúc sơ đồ chỉnh lưu chia ra hai nhóm: chỉnh lưu hình tia và chỉnh lưu hình cầu. Dựa vào số pha của hệ thống nguồn xoay chiều cung cấp chia ra: chỉnh lưu một pha, hai pha, ba pha, sáu pha và một số bộ biến đổi liên hợp tương đương có số pha lớn hơn sáu. Để tăng khả năng liên tục và giảm mức độ đập mạch của dòng tải một chiều khi điện cảm trong mạch tải không lớn, người ta thường mắc song song ngược với tải một chiều một diode, sơ đồ chỉnh lưu đó được gọi là sơ đồ có diode không (còn được gọi là sơ đồ có diode ngược). Các sơ đồ chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển có diode không, năng lượng chỉ được truyền từ phía lưới xoay chiều sang một chiều, nghĩa là các loại chỉnh lưu đó chỉ có thể làm việc ở chế độ chỉnh lưu. Các bộ chỉnh lưu có điều khiển, không có diode không, năng lượng có thể trao đổi theo cả hai chiều (có cả chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu khi có đủ điều kiện cần thiết).

Các thông số quan trọng của sơ đồ chỉnh lưu là: Dòng điện và điện áp chỉnh lưu tức thời và trung bình; dòng điện cuộn dây thứ cấp biến áp; dòng điện cuộn dây sơ cấp máy biến áp (dòng lưới); số lần đập mạch của điện áp chỉnh lưu; giá trị lớn nhất của điện áp trên các van chỉnh lưu theo cả hai chiều (thuận và ngược); ngoài ra cũng cần quan tâm đến tốc độ tăng dòng qua van khi mở van và tốc độ tăng của điện áp thuận trên van khi van khóa và chưa được cấp tín hiệu điều khiển để mở. Số lần đập mạch của điện áp chỉnh lưu ảnh hưởng lớn đến sự làm việc của tải và việc tính chọn điện cảm san bằng (điện cảm lọc).

Các bộ chỉnh lưu đã được nghiên cứu trong học phần Điện tử công suất 1. Trong chương này chỉ mang tính chất nhắc lại nguyên lý hoạt động cơ bản của các sơ đồ chỉnh lưu thông thường kể cả phần lọc và phần phát xung điều khiển để phục vụ cho việc lựa chọn loại sơ đồ chỉnh lưu cho từng trường hợp cụ thể để thực hiện tính chọn, kiểm tra các thiết bị, các phần tử cho sơ đồ chỉnh lưu.

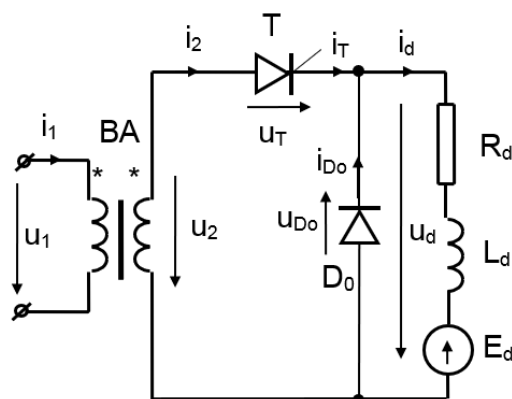
### 1.2. MẠCH LỰC BỘ CHỈNH LƯU

Mục này sẽ giới thiệu lại phần mạch lực các sơ đồ chỉnh lưu thông thường và nguyên lý cơ bản của chúng dựa vào đồ thị điện áp và dòng điện các phần tử cơ bản trên sơ đồ ứng với một góc

điều khiển  $\alpha$  bất kỳ, trường hợp chỉnh lưu không điều khiển sẽ tương ứng với góc điều khiển bằng không ( $\alpha = 0$ ) nên không đưa thành nội dung riêng.

## 1.2.1. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia một pha có diode không (có $D_0$ )

### 1.2.1.1. Sơ đồ nguyên lý



**Hình 1.1.** Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 1 pha có đi ốt không ( $D_0$ )

Sơ đồ BBD được biểu diễn trên hình 1.1, trong sơ đồ:

- BA: Máy biến áp cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu, BA có ba nhiệm vụ chính: biến đổi điện áp xoay chiều  $u_1$  của mạng điện thành điện áp xoay chiều  $u_2$  có giá trị phù hợp với yêu cầu của sơ đồ chỉnh lưu; cách ly về điện giữa mạng điện và phần mạch lực sơ đồ chỉnh lưu; điện cảm tản các cuộn dây máy biến áp có tác dụng hạn chế tốc độ tăng dòng qua van khi bắt đầu mở van, để thực hiện được chức năng này máy biến áp thường được tính chọn có điện áp ngắn mạch phần trăm lớn ( $8\% \div 10\%$ );

- T: Thyristor, dùng để biến đổi điện áp xoay chiều bên thứ cấp BA thành điện áp một chiều  $u_d$  cấp cho tải một chiều và đảm nhận chức năng điều khiển điện áp một chiều trên tải;

-  $D_0$ : Diode không (diode ngược);

-  $R_d, L_d, E_d$ : Điện trở, điện cảm và sức điện động (còn gọi là sức điện động ngược) của phụ tải một chiều;

-  $u_1, i_1$ : Điện áp và dòng điện cuộn sơ cấp của BA (điện áp và dòng điện lưới);

-  $u_2, i_2$ : Điện áp và dòng điện cuộn thứ cấp của BA;

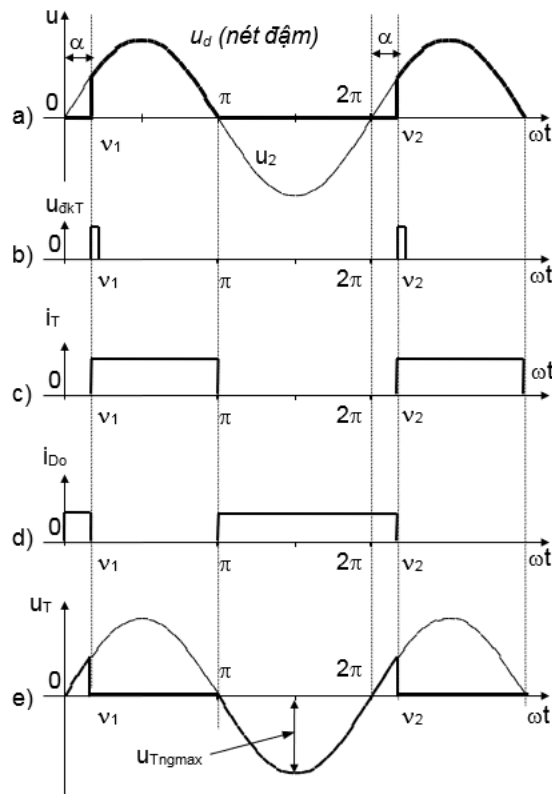
-  $u_T, i_T$ : Điện áp trên thyristor và dòng điện qua thyristor (điện áp giữa anôt và katôt và dòng điện qua mạch anôt và katôt của thyristor);

-  $u_{D_0}, i_{D_0}$ : Điện áp và dòng điện diode không;

-  $u_d, i_d$ : Điện áp và dòng điện chỉnh lưu tức thời trên tải.

### 1.2.1.2. Nguyên lý làm việc của sơ đồ

Ở đây chỉ nêu nguyên lý làm việc của sơ đồ cho một trường hợp tải có điện cảm  $L_d$  vô cùng lớn và với một góc điều khiển  $\alpha > 0$  bất kỳ, khi đó dòng tải liên tục và bằng phẳng. Nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp này được minh họa bởi các đồ thị trên hình 1.2.



**Hình 1.2.** Đồ thị dòng áp của sơ đồ chỉnh lưu hình tia một pha có  $D_0$  với giả thiết tải có  $L_d \rightarrow \infty$

### 1.2.1.3. Các biểu thức cơ bản

- Điện áp chỉnh lưu trung bình:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} u_d(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2} = U_{d0} \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad (1.1)$$

trong đó: 
$$U_{d0} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,45 U_2 \quad (1.2)$$

- Dòng trung bình qua thyristor (chọn ký hiệu là  $i_{Ttb}$ )

$$I_{Ttb} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_T(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_d d(\omega t) = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} I_d \quad (1.3a)$$

- Dòng hiệu dụng qua thyristor (chọn ký hiệu là  $i_T$ )

$$I_T = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_T^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_d^2 d(\omega t)} = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}} \quad (1.3b)$$

- Dòng trung bình qua đi ốt không (chọn ký hiệu là  $I_{D0tb}$ )

$$I_{D0tb} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{D0}(\omega t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\alpha} I_d d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} I_d d(\omega t) \right] = \frac{\pi + \alpha}{2\pi} I_d \quad (1.4a)$$

- Dòng hiệu dụng qua đi ốt không (chọn ký hiệu là  $I_{D0}$ )

$$I_{D0} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_{D0}^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\alpha} I_d^2 d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} I_d^2 d(\omega t) \right]} = I_d \sqrt{\frac{\pi + \alpha}{2\pi}} \quad (1.4b)$$

- Điện áp ngược lớn nhất trên thyristor (chọn ký hiệu là  $U_{Tngmax}$ )

$$U_{Tngmax} = \sqrt{2} U_2 \quad (1.5)$$

- Điện áp ngược thuận nhất trên thyristor (chọn ký hiệu là  $U_{Tthmax}$ )

$$U_{Tthmax} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.6)$$

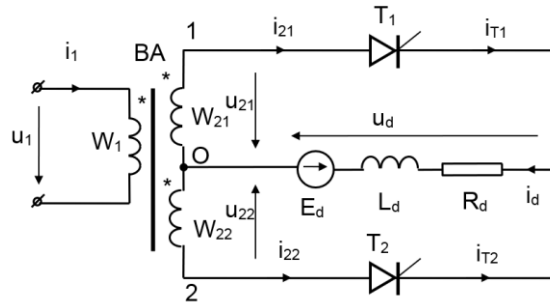
- Điện áp ngược lớn nhất trên đi ốt không (chọn ký hiệu là  $U_{Dongmax}$ )

$$U_{Dongmax} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.7)$$

## 1.2.2. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha

### 1.2.2.1. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha không có đi ốt không ( $D_0$ )

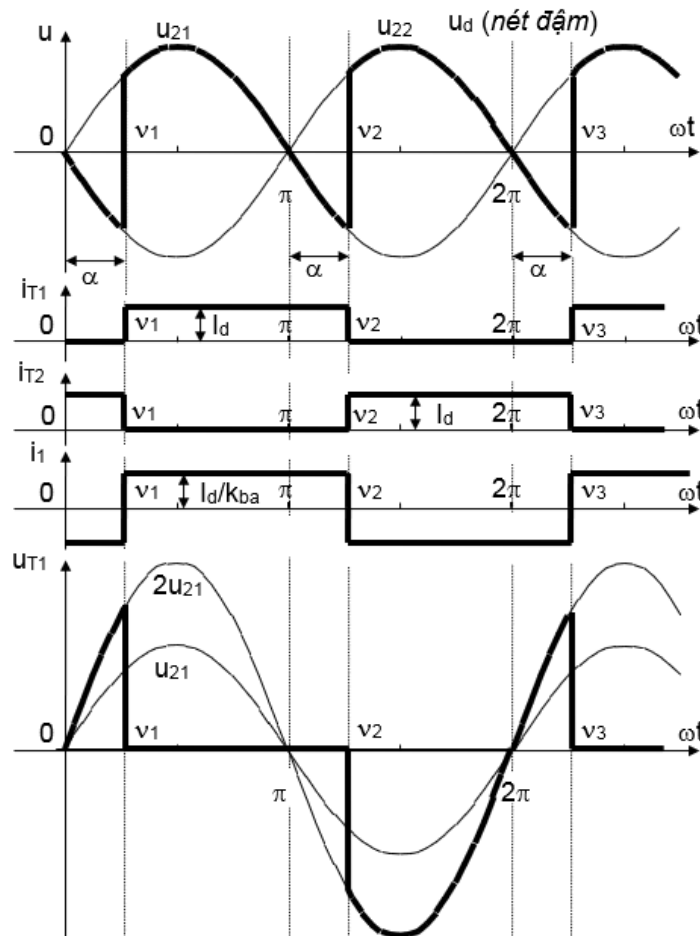
a. Sơ đồ nguyên lý



**Hình 1.3.** Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 2 pha không có diode không ( $D_0$ )

b. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết  $L_d = \infty$  được minh họa bằng hình 1.4:



**Hình 1.4.** Đồ thị áp và dòng một số phần tử của sơ đồ chỉnh lưu hình tia 2 pha khi tải có  $L_d = \infty$

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

⊕ Điện áp chỉnh lưu trung bình:

$$U_d = U_{do} \cos \alpha, \text{ với } U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.8)$$

trong đó  $U_2$  giá trị hiệu dụng của điện áp một pha bên thứ cấp BA.

⊕ Dòng trung bình qua các thyristor:

$$I_{Ttb} = \frac{I_d}{2} \quad (1.9a)$$

⊕ Dòng hiệu dụng qua các thyristor:

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{2}} \quad (1.9b)$$

⊕ Điện áp ngược lớn nhất trên thyristor:

$$U_{Tngmax} = 2\sqrt{2}U_2 \quad (1.10a)$$

⊕ Điện áp thuận lớn nhất trên thyristor:

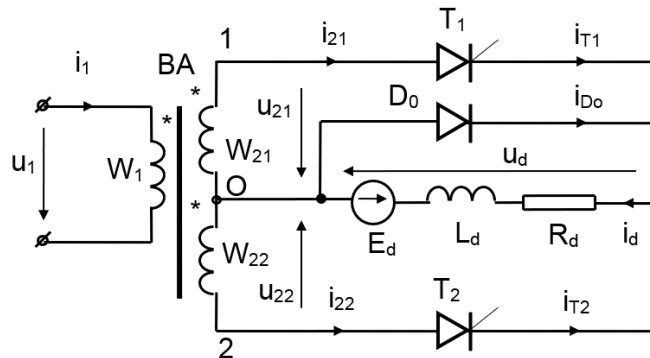
$$U_{Thmax} = 2\sqrt{2}U_2 \quad (1.10b)$$

⊕ Dòng hiệu dụng cuộn dây thứ cấp ( $I_2$ ) và cuộn dây sơ cấp ( $I_1$ ) máy biến áp:

$$I_2 = I_d; \quad I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \quad (1.11)$$

1.2.2.2. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha có diode không

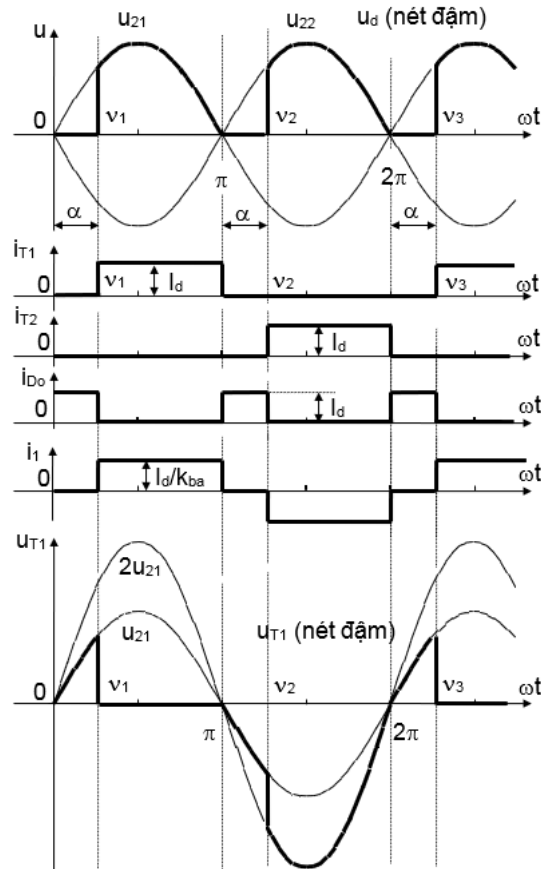
a. Sơ đồ nguyên lý



Hình 1.5. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 2 pha có diode không ( $D_0$ )

b. Nguyên lý làm việc

Ở đây cũng chỉ phân tích nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn và sơ đồ làm việc xác lập với một góc điều khiển bất kỳ lớn hơn không. Nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp này được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.6.



**Hình 1.6.** Dòng và áp một số phần tử của sơ đồ chỉnh lưu hình tia 2 pha có  $D_0$  khi tải có  $L_d = \infty$

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

⊕ Điện áp chỉnh lưu trung bình:

$$U_d = U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}, \text{ với } U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.12)$$

⊕ Dòng trung bình qua các thyristor:

$$I_{Ttb} = I_d \frac{\pi - \alpha}{2\pi} \quad (1.13a)$$

⊕ Dòng hiệu dụng qua các thyristor:

$$I_T = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}} \quad (1.13b)$$

⊕ Dòng trung bình qua đi ốt không:

$$I_{D_0, tb} = I_d \frac{\alpha}{\pi} \quad (1.13c)$$

⊕ Dòng hiệu dụng qua đi ốt không:

$$I_{D_0} = I_d \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}} \quad (1.13d)$$

⊕ Điện áp ngược lớn nhất trên thyristor:

$$U_{Tngmax} = 2\sqrt{2}U_2 \quad (1.14a)$$

⊕ Điện áp thuận lớn nhất trên thyristor:

$$U_{\text{Thmax}} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.14b)$$

⊕ Điện áp ngược lớn nhất trên đi ốt không:

$$U_{\text{D0ngmax}} = \sqrt{2}U_2 \quad (1.14c)$$

⊕ Dòng hiệu dụng cuộn dây thứ cấp ( $I_2$ ) và cuộn dây sơ cấp ( $I_1$ ) máy biến áp:

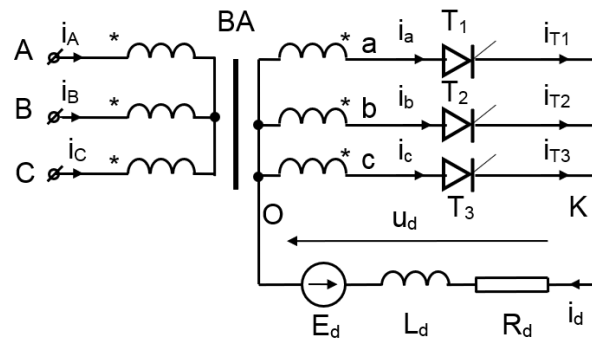
$$I_2 = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}}; \quad I_1 = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} \quad (1.15)$$

Chú ý: Trong sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha, máy biến áp cung cấp ngoài ba nhiệm vụ như đã nêu khi giới thiệu về sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha, ở đây máy biến áp còn có thêm nhiệm vụ là tạo ra hệ thống điện áp xoay chiều hai pha từ mạng điện xoay chiều một pha: BA có một cuộn sơ cấp  $W_1$  và hai cuộn thứ cấp  $W_{21}$  và  $W_{22}$ , hai cuộn thứ cấp có số vòng bằng nhau và đầu như trên hình cho ra hai điện áp bằng về biên độ và ngược pha nhau ( $u_{21} = -u_{22}$ ).

### 1.2.3. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha

#### 1.2.3.1. Sơ đồ không có đi ốt không

##### a. Sơ đồ nguyên lý

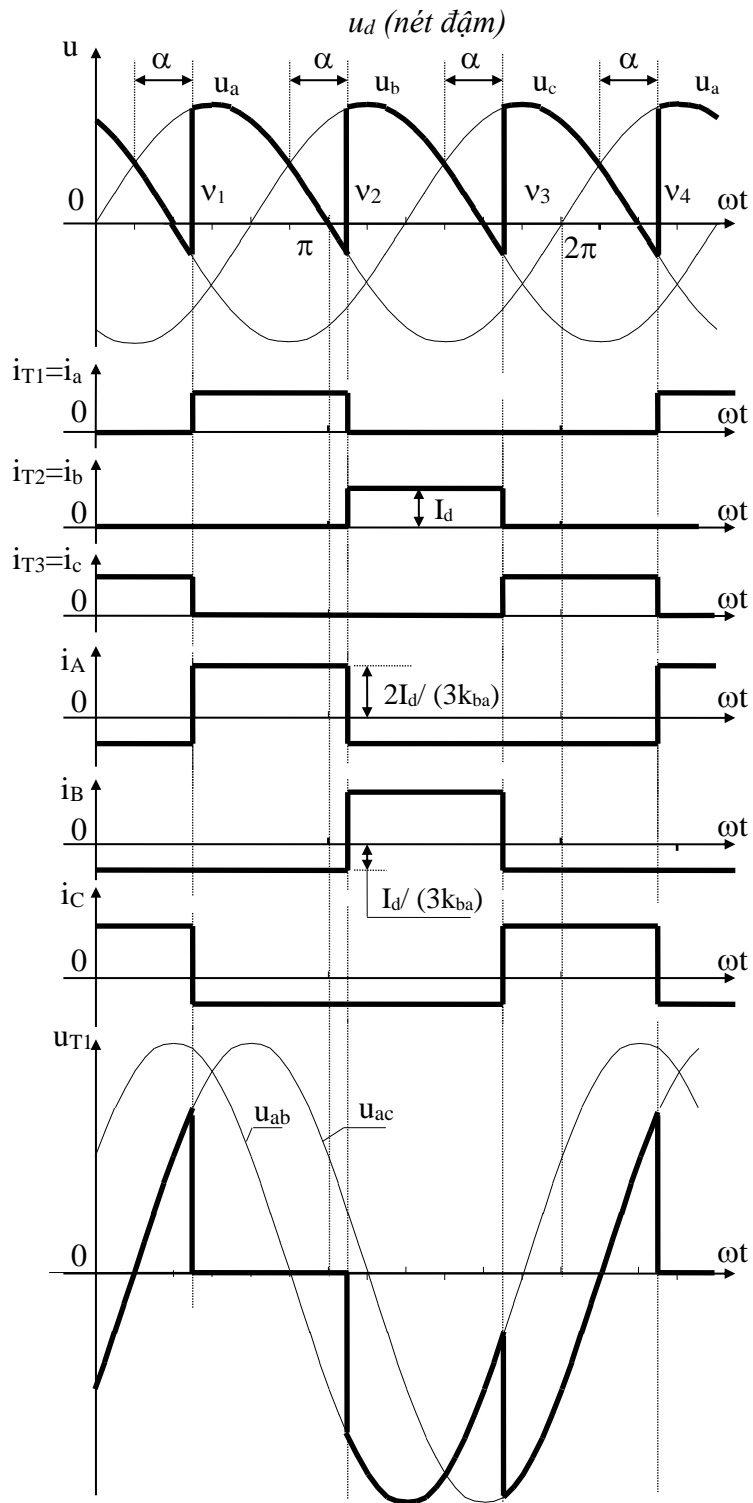


**Hình 1.7.** Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha không có  $D_0$

Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình tia ba pha không có  $D_0$  được biểu diễn trên hình 1.7. Các phần tử cơ bản trên sơ đồ và chức năng của chúng tương tự các sơ đồ trước (tuy nhiên do là bộ chỉnh lưu tia ba pha nên có ba thyristor). Máy biến áp BA có thể có tổ nối dây  $Y/Y_0$  (như trên hình) hoặc  $\Delta/Y_0$ , một số trường hợp đặc biệt có thể sử dụng tổ nối dây  $Y/Z_0$  ( $Z$  -  $Z$ ic zắc) hoặc  $\Delta/Z_0$  với mục đích để khử thành phần sức từ động một chiều trong lõi thép khi bộ chỉnh lưu làm việc để tránh hiện tượng bão hòa từ.

##### b. Nguyên lý làm việc

Trong trường hợp này cũng chỉ phân tích nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn và sơ đồ làm việc xác lập với một góc điều khiển bất kỳ lớn hơn không. Nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp này được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.8.



**Hình 1.8.** Đồ thị điện áp, dòng điện của sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha khi tải có  $L_d = \infty$

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

⊕ Điện áp chỉnh lưu trung bình:

$$U_d = U_{do} \cos \alpha, \text{ với } U_{do} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2 \approx 1,17U_2 \quad (1.16)$$

⊕ Dòng trung bình qua các thyristor:



$$I_{Ttb} = \frac{I_d}{3} \quad (1.17a)$$

⊕ Dòng hiệu dụng qua các thyristor:

$$I_T = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (1.17b)$$

⊕ Điện áp ngược lớn nhất trên thyristor:

$$U_{Tngmax} = \sqrt{6}U_2 \quad (1.18a)$$

⊕ Điện áp thuận lớn nhất trên thyristor:

$$U_{Tthmax} = \sqrt{6}U_2 \quad (1.18b)$$

⊕ Dòng hiệu dụng cuộn dây thứ cấp ( $I_2$ ) và cuộn dây sơ cấp ( $I_1$ ) máy biến áp khi tổ nối dây Y/Y<sub>0</sub>:

$$I_2 = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; \quad I_1 = \frac{\sqrt{2}.I_d}{3.k_{ba}} \quad (1.19)$$

⊕ Công suất tính toán máy biến áp khi tổ nối dây là Y/Y<sub>0</sub> và Δ/Y<sub>0</sub>:

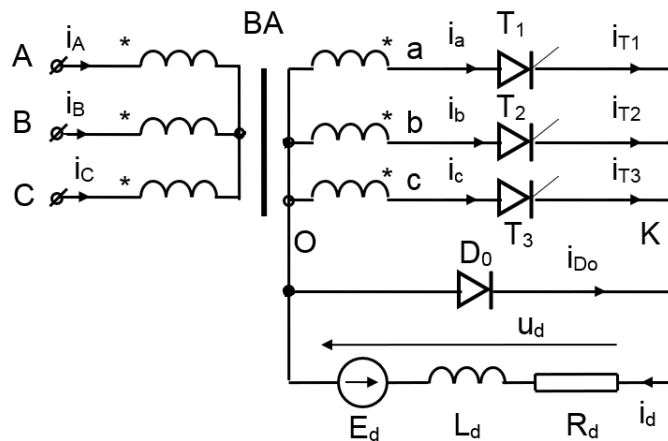
$$S_1 = 3U_1I_1 = \frac{2\pi.U_d.I_d}{3.\sqrt{3}};$$

$$S_2 = 3U_2I_2 = \frac{2.\pi.U_d.I_d}{3.\sqrt{2}}$$

$$S_{tBA} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{\pi}{3.\sqrt{6}}(\sqrt{3} + \sqrt{2}).U_d.I_d \approx 1,355.U_d.I_d \quad (1.20)$$

### 1.2.3.2. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha có diode không

a. Sơ đồ nguyên lý

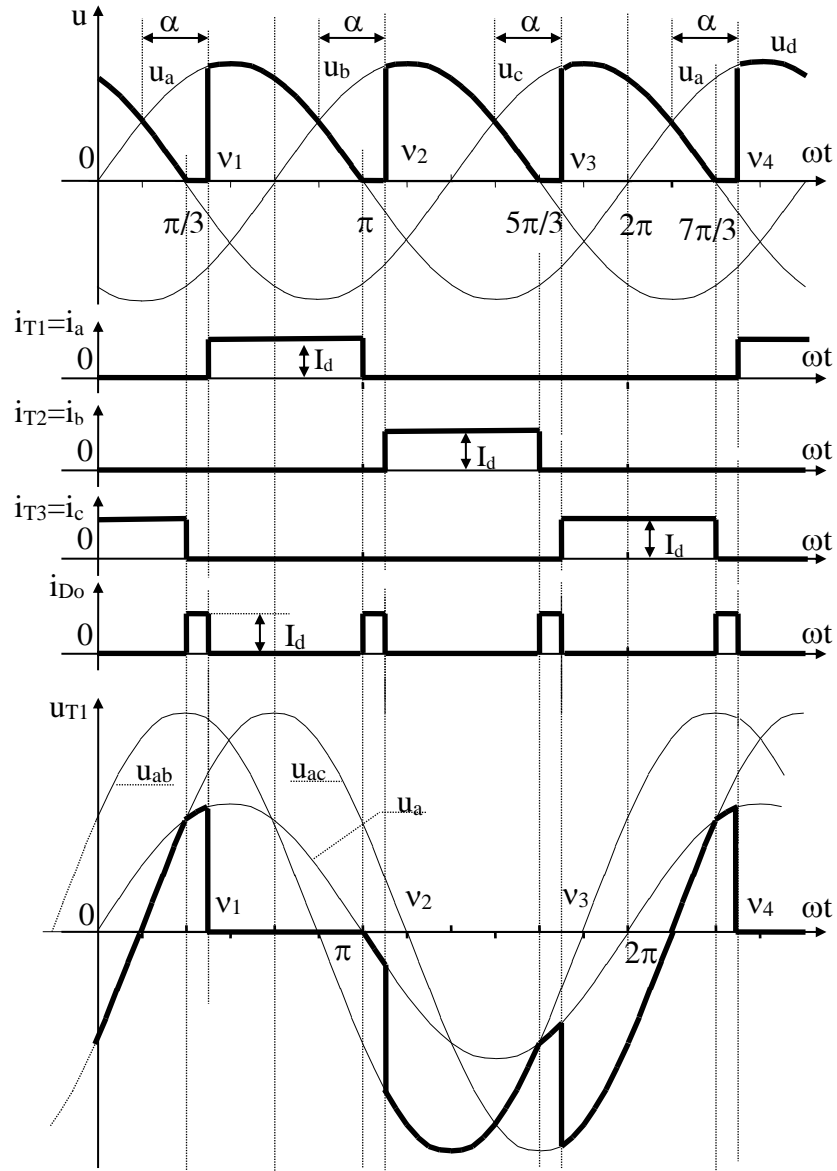


**Hình 1.9.** Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha có D<sub>0</sub>

Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình tia ba pha có diode không được biểu diễn trên hình 1.9. Sơ đồ này khác so với sơ đồ hình 1.7 là có thêm diode D<sub>0</sub>.

b. Nguyên lý làm việc

Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha có  $D_0$  có hai vùng làm việc khác nhau: Khi  $\alpha \leq 30^\circ$ ,  $D_0$  chưa làm việc, hoạt động của sơ đồ hoàn toàn giống như sơ đồ không có  $D_0$ ; khi  $30^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ ,  $D_0$  mới tham gia. Trong trường hợp này sẽ chỉ phân tích nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn và sơ đồ làm việc xác lập với một góc điều khiển nằm trong vùng có  $D_0$  làm



**Hình 1.10.** Đồ thị điện áp, dòng điện minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha có  $D_0$  khi  $\alpha > 30^\circ$

việc ( $30^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ ). Nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp này được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.10.

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

$$U_d = \frac{U_{d0}[1 + \cos(\alpha + 30^\circ)]}{\sqrt{3}} \quad (1.21)$$

$$I_{Ttb} = I_d(5\pi/6 - \alpha)/2\pi; \quad I_T = I_d\sqrt{(5\pi/6 - \alpha)/2\pi} \quad (1.22a,b)$$

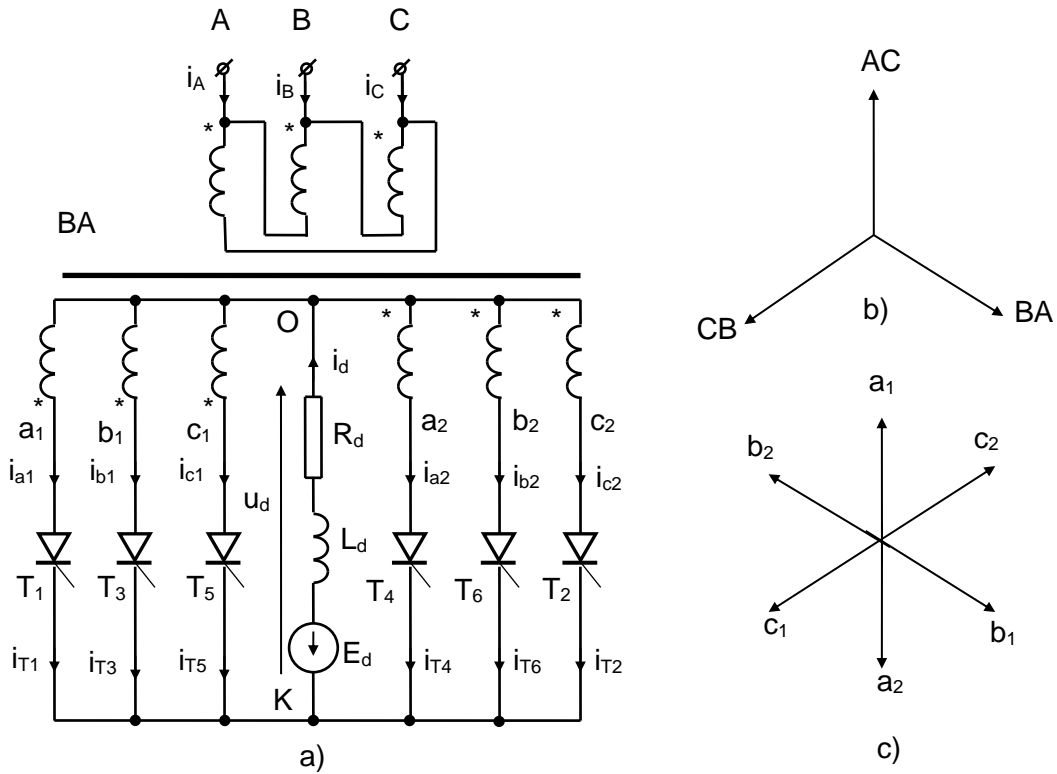
$$I_{D_{otb}} = I_d \cdot 3 \cdot (\alpha - \pi/6) / 2\pi; \quad I_{D_o} = I_d \sqrt{3 \cdot (\alpha - \pi/6) / 2\pi} \quad (1.23a,b)$$

$$U_{T_{thmax}} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.24)$$

$$U_{T_{ngmax}} = \sqrt{6} \cdot U_2; \quad (1.25)$$

## 1.2.4. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia sáu pha

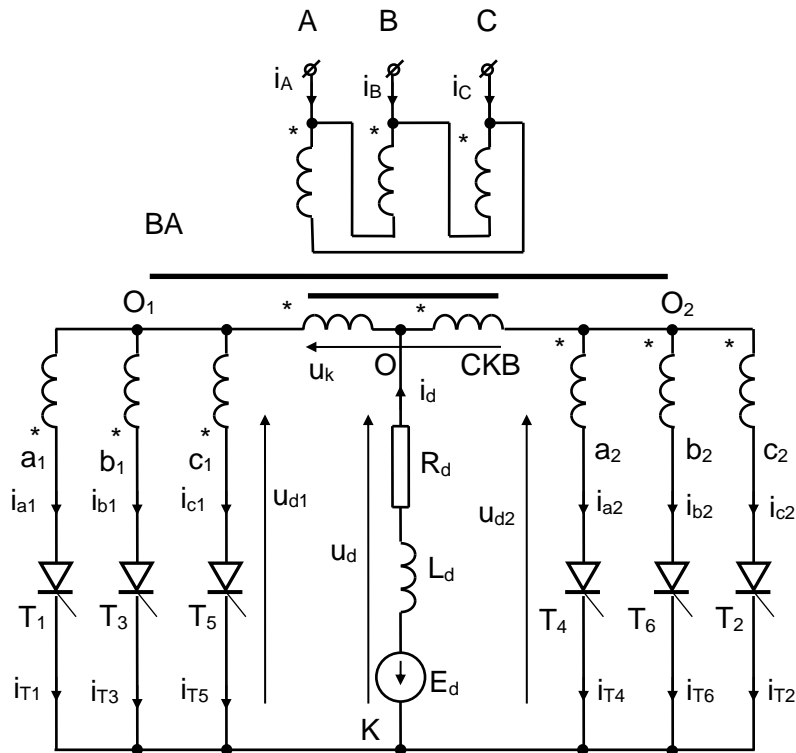
### 1.2.4.1. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 6 pha



**Hình 1.11.** Sơ đồ nguyên lý và đồ thị vector điện áp máy biến áp BA

### 1.2.4.2. Sơ đồ chỉnh lưu hình tia 6 pha có cuộn kháng cân bằng

Chú ý: Để tạo ra hệ thống điện áp 6 pha (hai pha liên tiếp lệch nhau một góc  $60^0$  điện) ta sử dụng máy biến áp ba pha, ở trụ từ mỗi pha quấn một cuộn sơ cấp và hai cuộn thứ cấp (tương tự như khi tạo ra hệ thống điện áp 2 pha từ nguồn 1 pha). Trong thực tế sơ đồ chỉnh lưu hình tia 6 pha thông thường không được sử dụng vì trong mạch từ máy biến áp cũng xuất hiện thành phần sức từ động một chiều khi sơ đồ làm việc, khắc phục nhược điểm này bằng một thay đổi khá đơn giản là tách điểm trung tính của hai bộ cuộn dây thứ cấp (mỗi bộ là một hệ thống 3 pha) và chèn thêm vào một cuộn kháng có điểm giữa được gọi là cuộn kháng cân bằng CKB (hình 1.12), nhờ đó, hai nhóm chỉnh lưu (1, 3, 5 và 2, 4, 6) làm việc như hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha độc lập chung tải một chiều. Sơ đồ chỉnh lưu có CKB trên hình 1.12 được gọi là sơ đồ chỉnh lưu hình tia 6 pha có cuộn kháng cân bằng, nó được ứng dụng trong trường hợp cần dòng điện trung bình chỉnh lưu lớn nhưng điện áp chỉnh lưu không cao (mạ điện, điện phân, v.v).



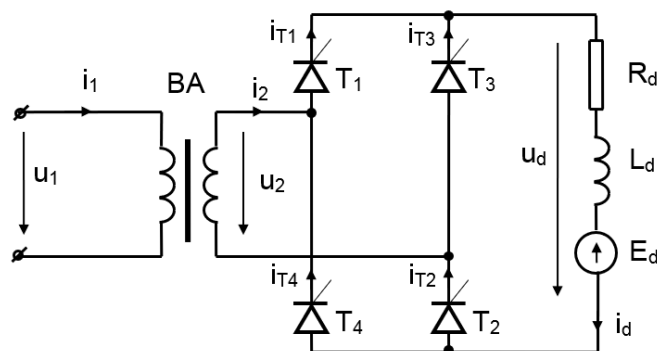
**Hình 1.12.** Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình tia 6 pha có cuộn kháng cân bằng

### 1.2.5. Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha

Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha là một loại sơ đồ chỉnh lưu được sử dụng khá nhiều ở dạng có điều khiển và không điều khiển. Chỉnh lưu hình cầu một pha có điều khiển có 5 dạng sơ đồ khác nhau đã và đang được sử dụng: Sơ đồ điều khiển hoàn toàn (dùng 4 thyristor), sơ đồ có diode không (dùng 4 thyristor và  $D_0$ ), hai sơ đồ bán điều khiển dùng 2 thyristor và 2 diode (2 diode ở 2 nhóm van khác nhau, katốt van ở nhóm anốt chung đầu với anốt van ở nhóm katốt chung và nối vào một đầu nguồn xoay chiều; 2 diode ở cùng một nhóm van) và sơ đồ dùng 4 diode kết hợp với 1 thyristor mắc trong mạch một chiều và thêm diode không (sơ đồ này hiện nay hầu như không còn được sử dụng). Theo lý thuyết, khi có hệ thống nguồn xoay chiều hai pha có thể mắc sơ đồ chỉnh lưu cầu hai pha, song do điểm trung tính nguồn không nối vào mạch nào nên hoàn toàn có thể biến đổi nguồn thành tương đương một pha, vì vậy trong thực tế không cần quan tâm đến loại sơ đồ này (vì đó cũng chính là chỉnh lưu cầu một pha).

#### 1.2.5.1. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển hoàn toàn

a. Sơ đồ nguyên lý

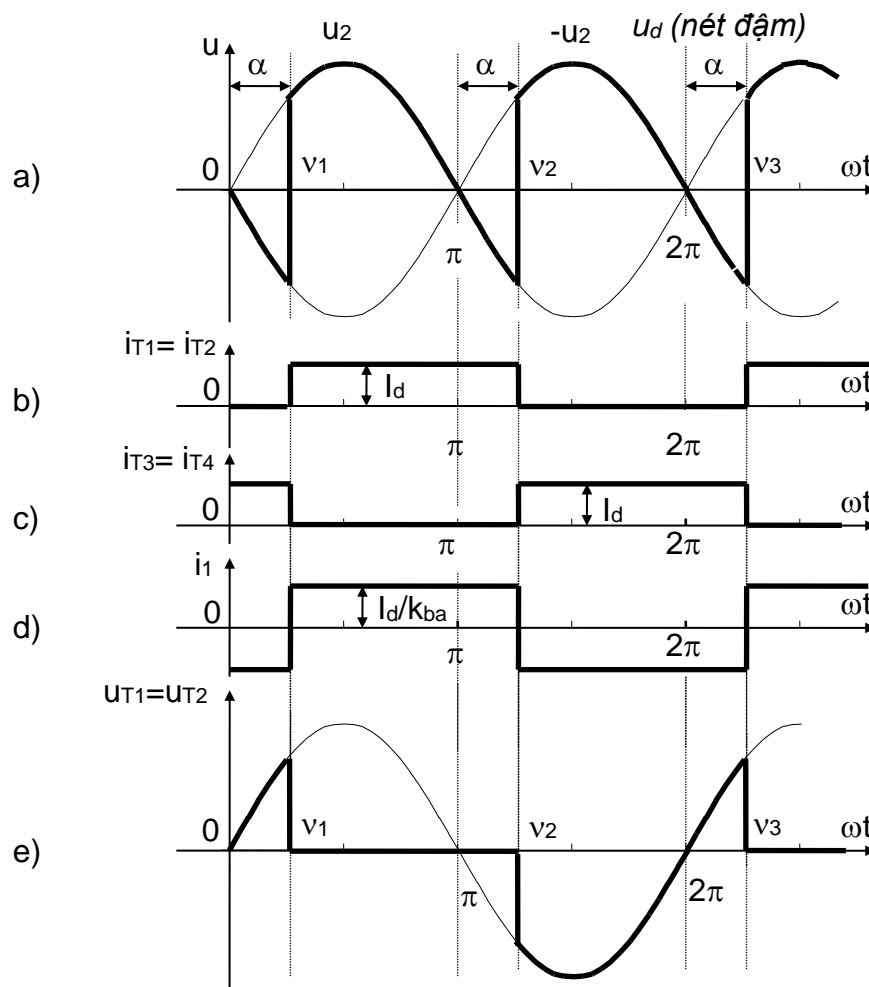


**Hình 1.13.** Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình cầu một pha điều khiển hoàn toàn

Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha điều khiển hoàn toàn được biểu diễn trên hình 1.13, trong sơ đồ có 4 thyristor chia thành 2 nhóm: katốt chung gồm  $T_1$  và  $T_3$ , anốt chung gồm  $T_2$  và  $T_4$ . Thời điểm mở của cặp van  $T_1, T_2$  là trùng nhau và là điểm đầu mỗi nửa chu kỳ dương của  $u_2$ ; thời điểm mở của cặp van  $T_3, T_4$  cũng trùng nhau và là điểm đầu mỗi nửa chu kỳ âm của  $u_2$ . Vì vậy xung điều khiển cho 2 van trong một cặp xuất hiện trung thời điểm.

*b. Nguyên lý làm việc của sơ đồ*

Ở đây cũng chỉ phân tích nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn và sơ đồ làm việc xác lập với một góc điều khiển bất kỳ lớn hơn không. Nguyên lý làm việc của sơ đồ trong trường hợp này được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.14.



**Hình 1.14.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha khi giả thiết tải có  $L_d = \infty$

*c. Các biểu thức tính toán cơ bản*

$$U_d = U_{do} \cos \alpha; \quad U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.26)$$

$$I_{Ttb} = I_d / 2; \quad I_T = I_d / \sqrt{2}; \quad (1.27)$$

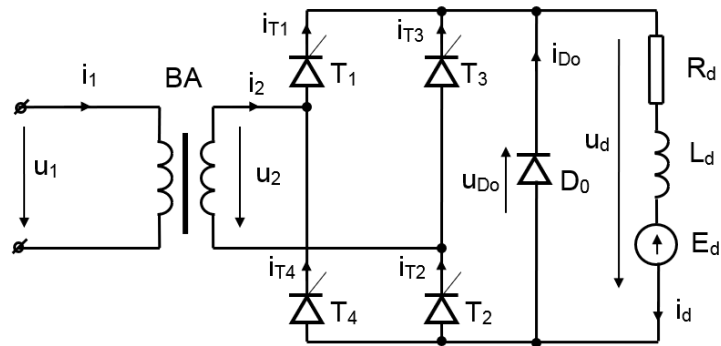
$$U_{Tthmax} = U_{Tngmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.28)$$

$$I_2 = I_d; \quad I_1 = I_d / k_{ba} \quad (1.29)$$

### 1.2.5.2. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha có diode không ( $D_0$ )

#### a. Sơ đồ nguyên lý

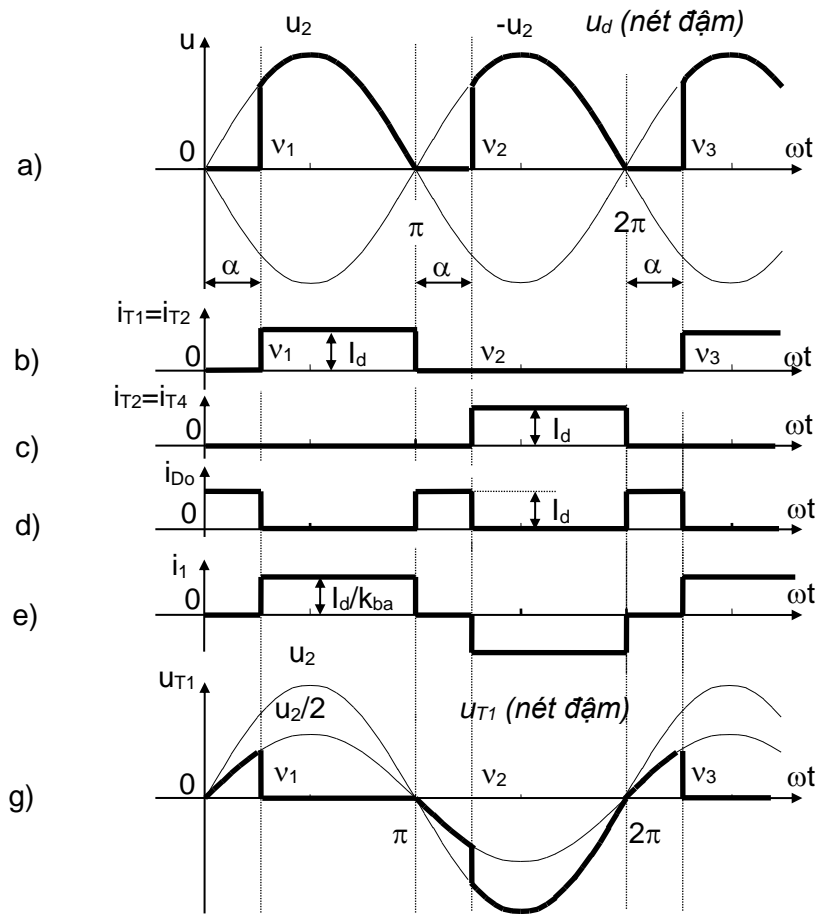
Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha có diode không được biểu diễn trên hình 1.15, trong sơ đồ ngoài 4 thyristor như sơ đồ hình 1.13 còn có thêm  $D_0$ .



**Hình 1.15.** Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình cầu một pha có  $D_0$

#### b. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của sơ đồ với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn và sơ đồ đã làm việc xác lập với một góc điều khiển bất kỳ lớn hơn không được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.16.



**Hình 1.16.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha có  $D_0$  với tải có  $L_d = \infty$

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

$$U_d = U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}; \quad U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.30)$$

$$I_{Ttb} = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} I_d; \quad I_T = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}}; \quad (1.31)$$

$$U_{Tthmax} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot U_2; \quad U_{Tngmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.32)$$

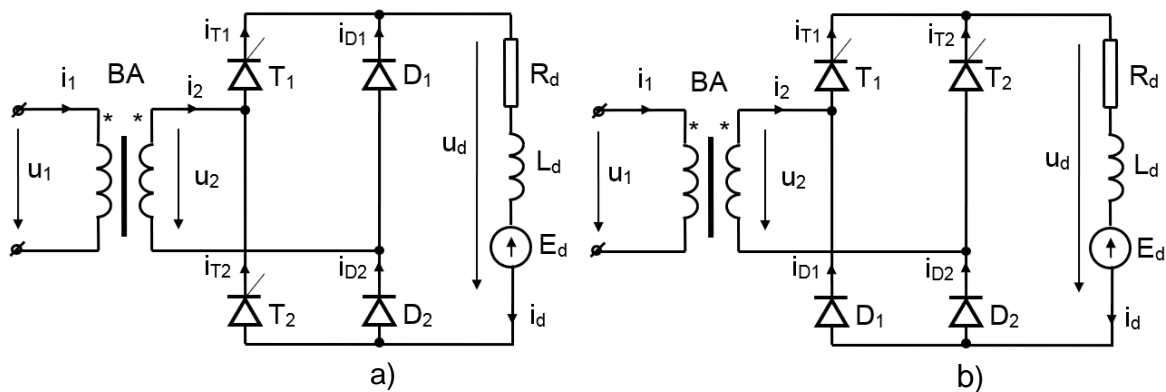
$$I_{Dotb} = \frac{\alpha}{\pi} I_d; \quad I_{D0} = I_d \sqrt{\frac{\alpha}{\pi}}; \quad U_{Dongmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.33)$$

$$I_2 = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}; \quad I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} \quad (1.34)$$

1.2.5.3. Các sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha dùng 2 điốt và 2 thyristor (sơ đồ 2D-2T)

(sơ đồ bán điều khiển)

a. Sơ đồ nguyên lý



**Hình 1.17.** Sơ đồ nguyên lý các bộ chỉnh lưu hình cầu một pha 2 thyristor và 2 diode  
a) Mỗi diode ở một nhóm van; b) Cả hai diode ở cùng một nhóm van.

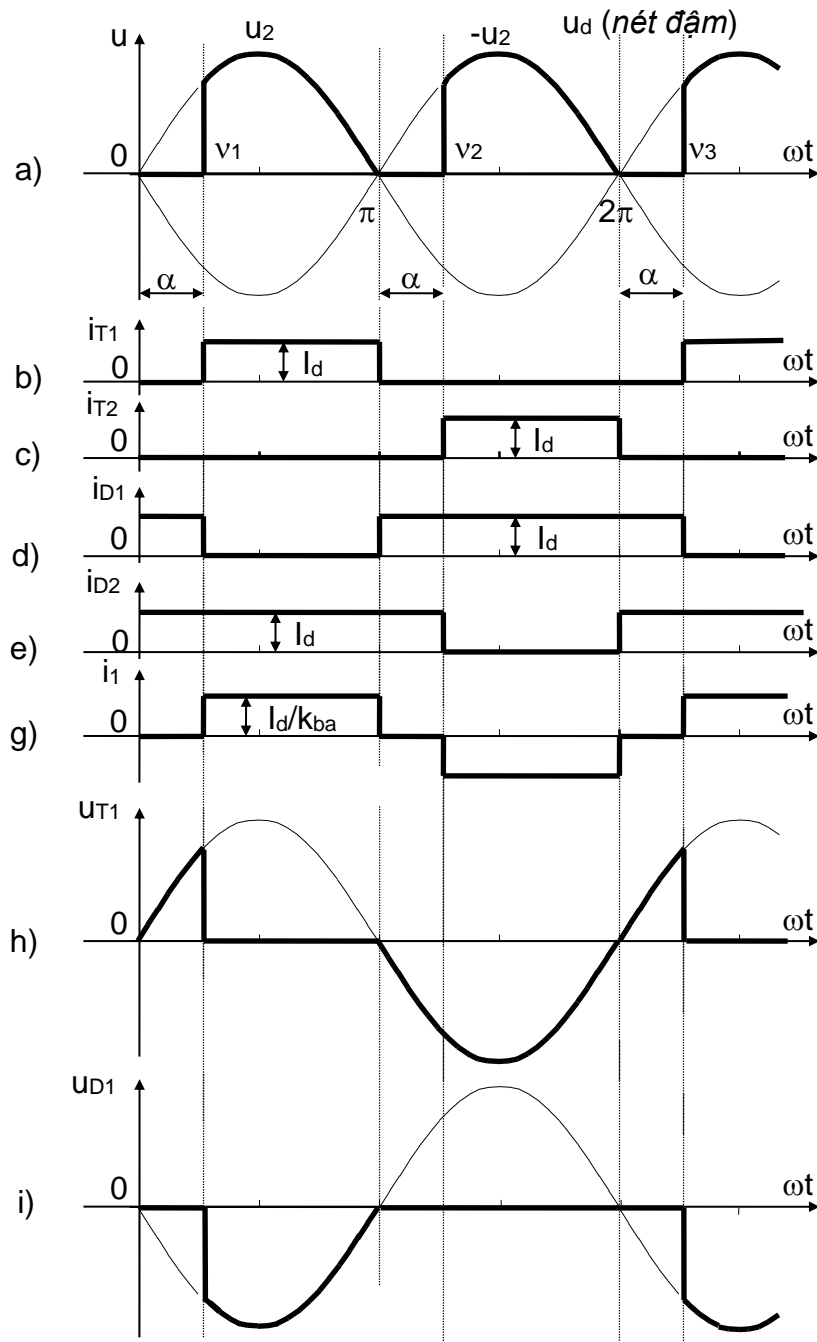
Sơ đồ nguyên lý 2 dạng khác nhau của bộ chỉnh lưu này được biểu diễn trên hình 1.17. Ở hình 1.17a là kiểu sơ đồ bố trí 2 diode ở hai nhóm van khác nhau, còn gọi là sơ đồ kiểu thứ nhất. Trên hình 1.17b là kiểu sơ đồ cả 2 diode mắc ở một nhóm van (ở đây là nhóm anôt chung), còn gọi là sơ đồ kiểu thứ hai. Khi xem các van là lý tưởng, điện áp chỉnh lưu tức thời của hai sơ đồ này hoàn toàn giống nhau và giống với sơ đồ có diode không. Sự khác nhau giữa 2 dạng sơ đồ là cách mắc van nên kéo theo dạng dòng điện và điện áp trên các van có sự thay đổi. Trong thực tế, do trên van khi mở có sụt điện áp (sẽ có tiêu hao công suất), trong đó sụt điện áp trên thyristor lớn hơn trên diode, vì vậy có thể lấy đó làm một yếu tố để lựa chọn loại sơ đồ cho phù hợp.

b. Nguyên lý làm việc

Nguyên lý làm việc của hai kiểu sơ đồ trên hình 1.17 được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.18 và hình 1.19 ứng với giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn, sơ đồ đã làm việc xác lập trước thời điểm bắt đầu xét và với một góc điều khiển khác không.

- Sơ đồ bố trí hai diode ở hai nhóm van khác nhau:

Nguyên lý làm việc của sơ đồ này được mô tả bởi các đồ thị trên hình 1.18.

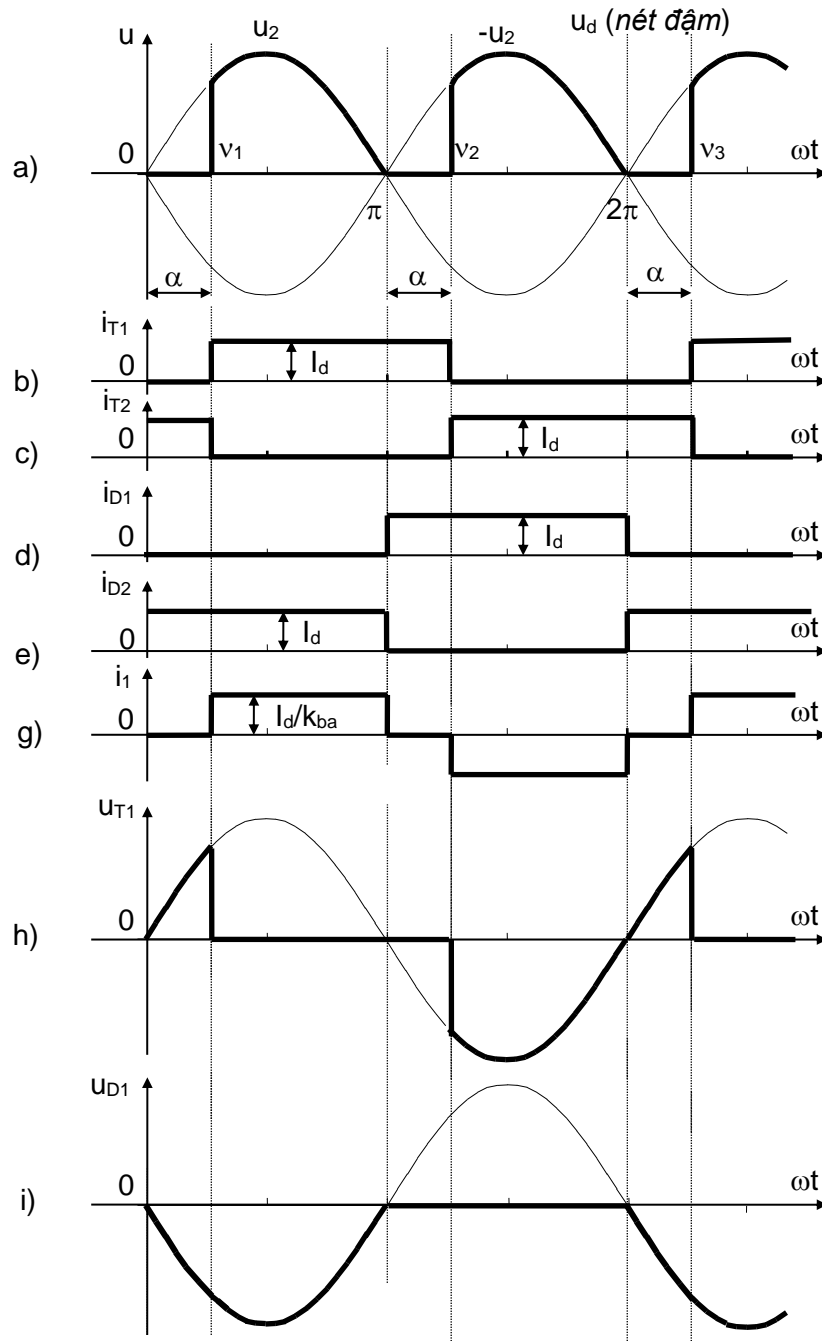


**Hình 1.18.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ hình 1.17a

- Sơ đồ bố trí hai diode ở cùng một nhóm van:

Nguyên lý làm việc của sơ đồ này được mô tả bởi các đồ thị trên hình 1.19.





**Hình 1.19.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ hình 1.17b

*c. Các biểu thức cơ bản*

- Sơ đồ bố trí hai diode ở hai nhóm van khác nhau:

$$I_{Ttb} = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} I_d; \quad I_T = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{2\pi}}; \quad (1.35)$$

$$U_{Tth\max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad U_{Tng\max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.36)$$

$$I_{Dtb} = \frac{\pi + \alpha}{2\pi} I_d; \quad I_D = I_d \sqrt{\frac{\pi + \alpha}{2\pi}}; \quad U_{Dng\max} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.37)$$

$$I_2 = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}; \quad I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} \quad (1.38)$$

- Sơ đồ bố trí hai diode ở cùng một nhóm van:

$$U_d = U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}; \quad U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.39)$$

$$I_{Ttb} = \frac{I_d}{2}; \quad I_T = \frac{I_d}{\sqrt{2}}; \quad (1.40)$$

$$U_{Tthmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad U_{Tngmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.41)$$

$$I_{Dtb} = \frac{I_d}{2}; \quad I_D = \frac{I_d}{\sqrt{2}}; \quad U_{Dngmax} = \sqrt{2} \cdot U_2; \quad (1.42)$$

$$I_2 = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}; \quad I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} \quad (1.43)$$

Biểu thức chung cho cả hai sơ đồ trên:

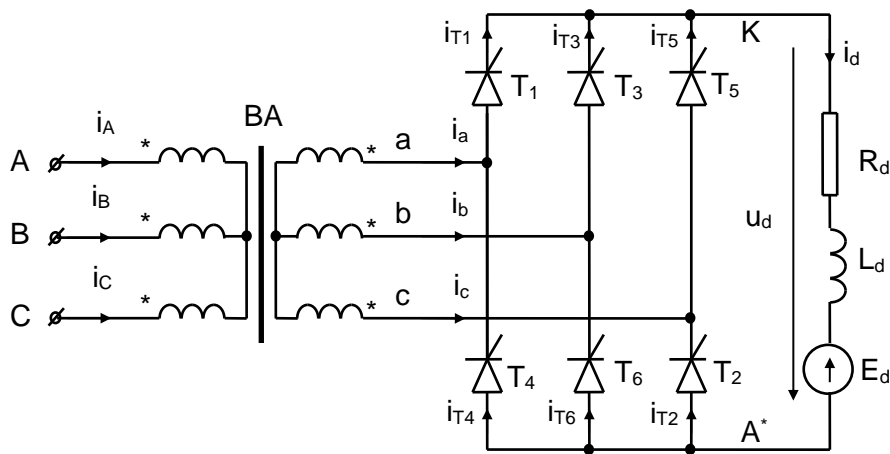
$$U_d = U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}; \quad U_{do} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2 \quad (1.44)$$

$$I_2 = I_d \sqrt{(\pi - \alpha) / \pi}; \quad I_1 = I_2 / k_{ba} \quad (1.45)$$

## 1.2.6. Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu ba pha

### 1.2.6.1. Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu ba pha điều khiển hoàn toàn

a. Sơ đồ nguyên lý

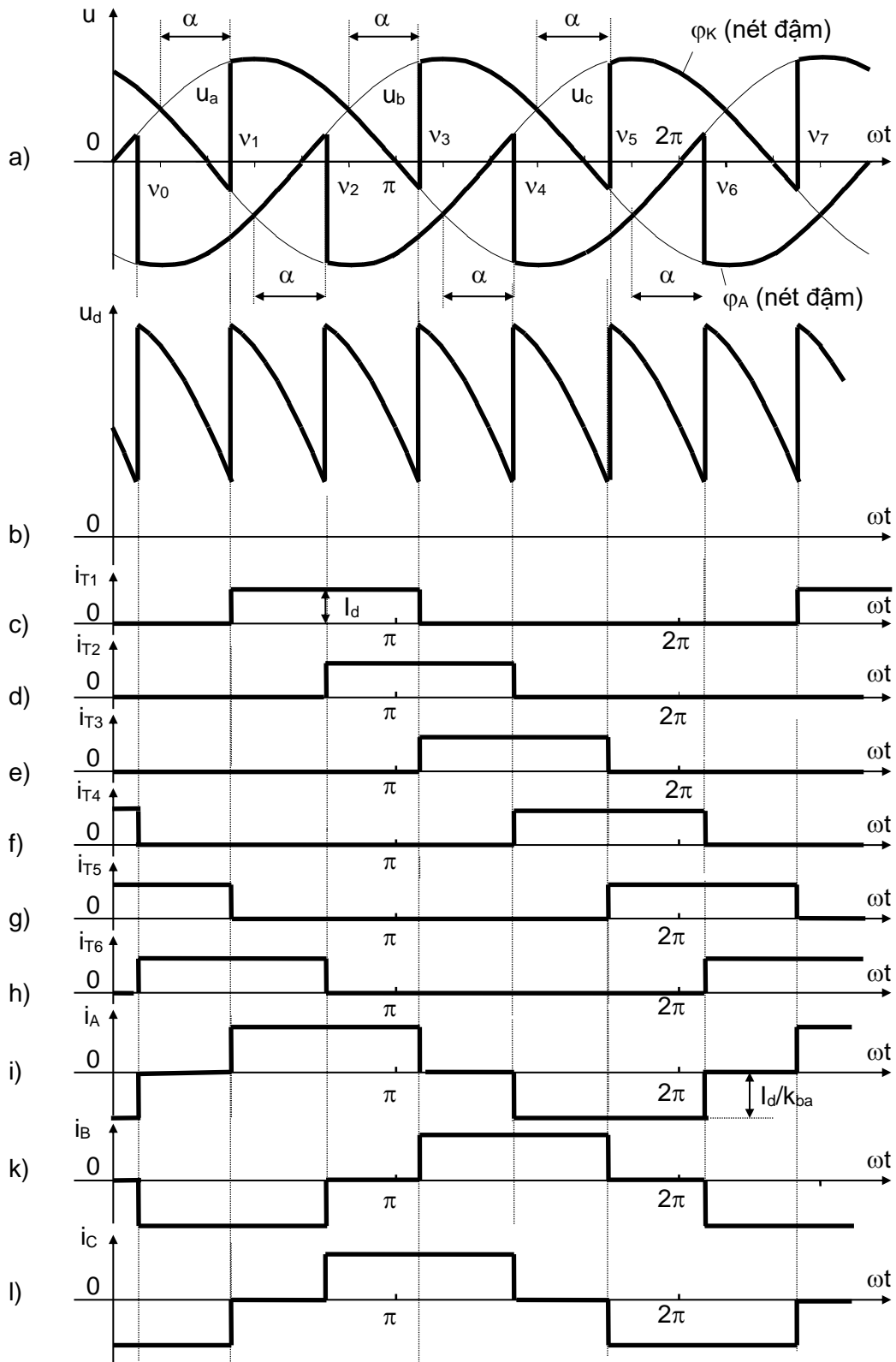


**Hình 1.20.** Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển hoàn toàn

Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình cầu ba pha (sơ đồ điều khiển hoàn toàn) được biểu diễn trên hình 1.20. Các cuộn sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu có thể đấu ở dạng hình sao hay tam giác. Chỉ số các van đánh đánh theo thứ tự làm việc của các van trong một chu kỳ nguồn bắt đầu từ van nhóm katốt chung pha A. Thời điểm mở của 2 van liên tiếp lệch nhau một phần sáu chu kỳ nguồn hay một góc  $60^0$  điện. Do đặc điểm này, xung điều khiển các van cần phải thỏa mãn một trong hai điều kiện sau:

- Xung điều khiển trên mỗi van phải có độ dài lớn hơn  $60^0$  điện ;
- Trong một chu kỳ nguồn trên van phải có hai xung điều khiển hẹp, xung thứ nhất xuất hiện tại thời điểm cần mở van theo góc điều khiển yêu cầu, xung thứ hai xuất hiện chậm sau xung thứ nhất một góc  $60^0$  điện.

b. Nguyên lý làm việc



**Hình 1.21.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha

Cũng giả thiết tải có điện cảm vô cùng lớn, sơ đồ đã làm việc xác lập trước thời điểm bắt đầu xét và với một góc điều khiển khác không, nguyên lý làm việc của sơ đồ được minh họa bằng các đồ thị trên hình 1.21.

c. Các biểu thức tính toán cơ bản

$$U_d = U_{d0} \cos\alpha; \quad U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \approx 2,34U_2 \quad (1.46)$$

$$I_{Ttb} = \frac{I_d}{3}; \quad I_T = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (1.47)$$

$$U_{Tthmax} = \sqrt{6} U_2; \quad U_{Tngmax} = \sqrt{6} U_2 \quad (1.48)$$

- Dòng hiệu dụng cuộn dây sơ và thứ cấp máy biến khi tổ nối dây Y/Y:

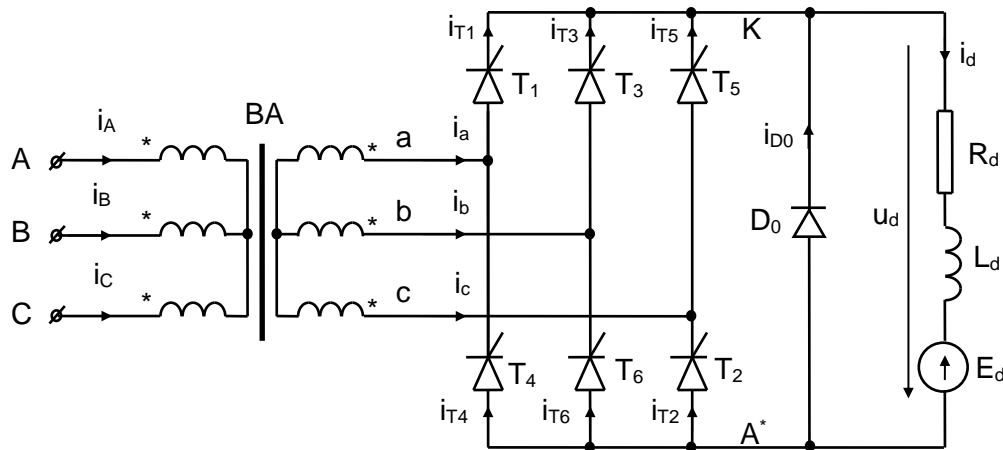
$$I_1 = \frac{I_d}{k_{ba}} \sqrt{\frac{2}{3}}; \quad I_2 = I_d \sqrt{\frac{2}{3}}; \quad (1.49)$$

- Xác định công suất tính toán máy biến áp:

$$S_{tBA} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{\pi}{3} U_d I_d = \frac{\pi}{3} P_d \approx 1,05P_d \quad (1.50)$$

1.2.6.2. Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha có điốt không

a. Sơ đồ nguyên lý

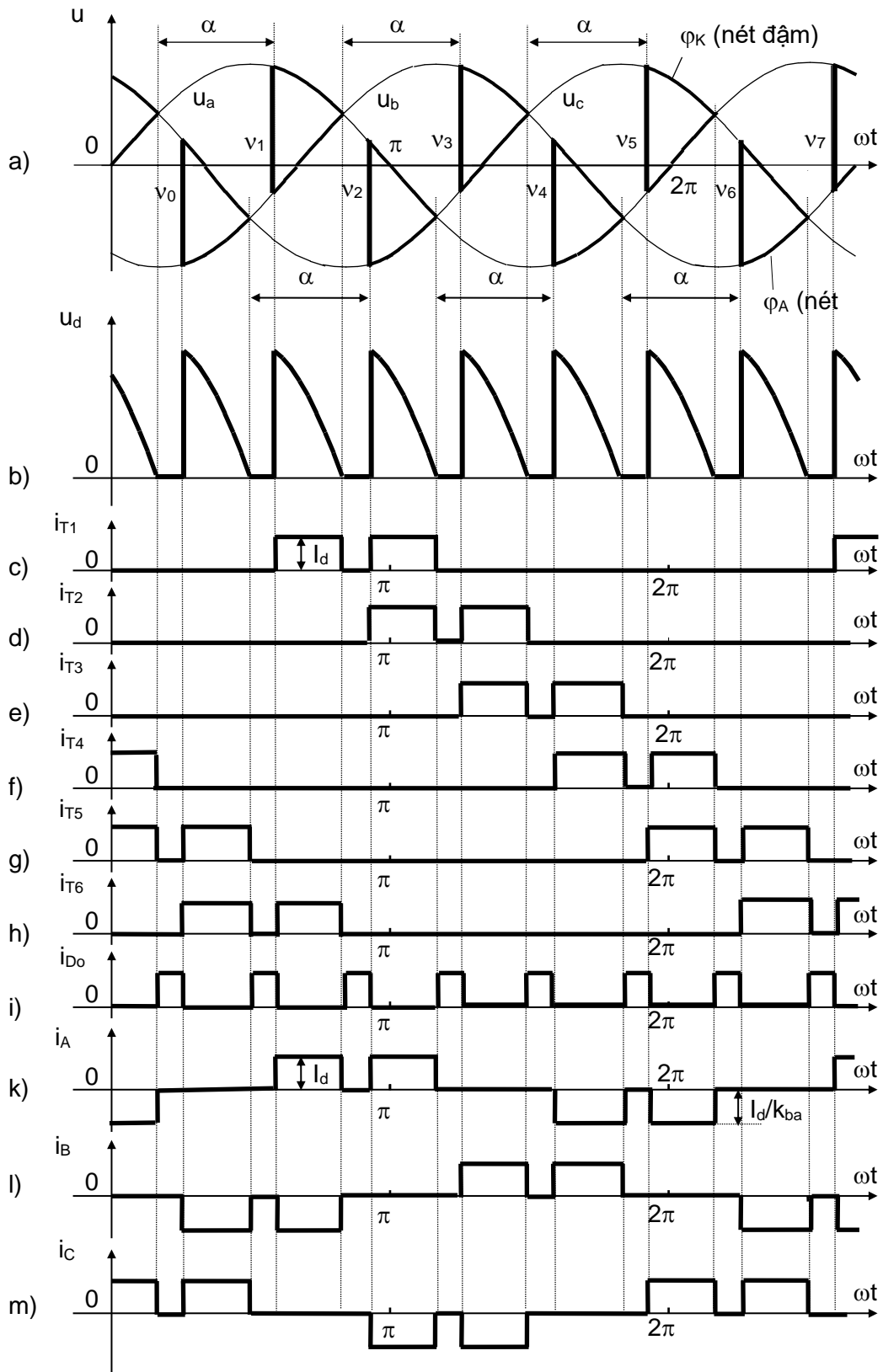


Hình 1.22. Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha có diode không

Sơ đồ nguyên lý bộ chỉnh lưu hình cầu ba pha có diode không được biểu diễn trên hình 1.22, chỉ khác sơ đồ hình 1.20 là có thêm diode  $D_0$  mắc song song ngược với tải.

b. Nguyên lý làm việc

Từ nguyên lý làm việc và đồ thị điện áp trên tải của sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha không có  $D_0$  có thể rút ra nhận xét: Khi góc điều khiển nhỏ hơn  $60^\circ$  ( $0^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ ), điện áp chỉnh lưu tức thời luôn dương,  $D_0$  luôn bị đặt điện áp ngược và không làm việc, chỉ khi góc điều khiển lớn hơn  $60^\circ$  thì  $D_0$  mới có tác dụng. Mặt khác, với sơ đồ có  $D_0$  cũng có thể nhận thấy, với góc điều khiển lớn hơn  $120^\circ$ , sơ đồ sẽ không làm việc nữa (các van không mở khi có xung điều khiển). Do vậy, với sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha có  $D_0$  có thể xét nguyên lý làm việc theo hai vùng: Vùng thứ nhất, ứng với  $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ , sơ đồ hoàn toàn giống như sơ đồ không có  $D_0$  (xem đồ thị hình 1.21); vùng thứ hai, ứng với  $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ , lúc này có sự tham gia làm việc của  $D_0$ , đồ thị điện thế các điểm K (katốt chung) và  $A^*$  (anốt chung), điện áp trên tải, dòng, áp các van cho trường hợp tải có điện cảm vô cùng lớn được biểu diễn trên hình 1.23.



**Hình 1.23.** Đồ thị dòng áp minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha có diode không khi tải có điện cảm vô cùng lớn,  $60^\circ < \alpha < 120^\circ$

c. Các biểu thức cơ bản với trường hợp  $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$

- Điện áp chỉnh lưu trung bình:

$$U_d = U_{do}[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)]; \quad U_{do} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \approx 2,34U_2 \quad (1.51)$$

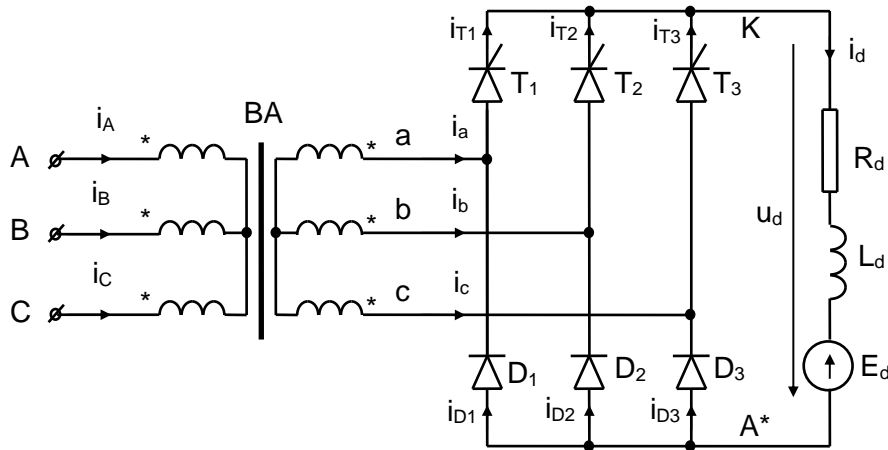
- Điện áp lớn nhất trên các thyristor:

$$U_{Tthmax} = \sqrt{6} U_2; \quad U_{Tngmax} = \sqrt{6} U_2 \quad (1.52)$$

- Điện áp lớn nhất trên  $D_0$ :

$$U_{Dongmax} = \sqrt{6} U_2 \quad (1.53)$$

### 1.2.6.3. Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha bán điều khiển (sơ đồ 3T-3D)



**Hình 1.24.** Sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha 3T-3D

Trước đây, do giá thành các thyristor cao hơn nhiều so với diode, mặt khác mong muốn mạch điều khiển bộ chỉnh lưu có điều khiển càng đơn giản càng tốt nên một số trường hợp cần công suất bộ chỉnh lưu khá lớn người ta sử dụng sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha bán điều khiển (dùng 3 thyristor và 3 diode) như trên hình 1.24. Sơ đồ hình 1.24 khác so với sơ đồ hình 1.22 đã thay 3 thyristor nhóm anôt chung bằng 3 diode nên mạch điều khiển chỉ tương đương với mạch điều khiển bộ chỉnh lưu hình tia 3 pha, vẫn điều chỉnh được điện áp ra đồng thời có thể cung cấp công suất tương đương sơ đồ hình 1.22. Tuy nhiên sơ đồ này có khá nhiều nhược điểm: không làm việc được ở chế độ nghịch lưu, chất lượng điện áp ra xấu hơn, có thể có cả sóng hài bậc chẵn trong dòng điện nguồn, vì vậy hiện nay loại sơ đồ này hầu như không còn được sử dụng.

Với sơ đồ chỉnh lưu hình 1.24, điện áp chỉnh lưu trung bình được tính theo biểu thức:

$$U_d = U_{do} \frac{1 + \cos\alpha}{2}, \quad U_{do} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \approx 2,34U_2 \quad (1.54)$$

### 1.2.7. Điện áp chỉnh lưu trung bình khi có tính điện điện trở và điện cảm nguồn

Trong các tiểu mục trước, khi xét nguyên lý làm việc các sơ đồ chỉnh lưu đều lý tưởng hóa về nguồn và các van. Do sụt áp thực tế trên các van khá nhỏ nên khi sơ đồ làm việc với điện áp ra khá lớn (từ hàng trăm vôn trở lên) thì việc bỏ qua sụt áp trên van khi tính toán là có thể chấp nhận được. Đối với tổng trở nguồn, như đã phân tích trong học phần Điện tử công suất, nó có ảnh hưởng khá lớn đến sụt áp một chiều và dạng dòng điện qua các van, vì vậy khi tính toán cần phải quan tâm đến. Nếu giả thiết điện cảm mạch tải có giá trị khá lớn, dòng tải liên tục và khá bằng phẳng

(xảy ra đối với phần lớn các trường hợp) thì gần đúng có thể đưa ra công thức tính toán điện áp chỉnh lưu trung bình như sau:

- Với sơ đồ chỉnh lưu hình tia m pha:

$$U_d = U_{d0} \cos \alpha - \frac{q}{2\pi} \omega L_s I_d - R_s I_d = U_{d0} \cos \alpha - \left( \frac{q}{2\pi} \omega L_s + R_s \right) I_d \quad (1.55)$$

- Với sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha:

$$U_d = U_{d0} \cos \alpha - \frac{2}{\pi} \omega L_s I_d - R_s I_d = U_{d0} \cos \alpha - \left( \frac{2}{\pi} \omega L_s + R_s \right) I_d \quad (1.56)$$

- Với sơ đồ chỉnh lưu hình cầu m pha:

$$U_d = U_{d0} \cos \alpha - \frac{q}{2\pi} \omega L_s I_d - 2R_s I_d \quad (1.57a)$$

- Với sơ đồ chỉnh lưu hình cầu ba pha:

$$U_d = U_{d0} \cos \alpha - \left( \frac{3}{\pi} \omega L_s + 2R_s \right) I_d \quad (1.57b)$$

Trong đó:

$q$  là số lần đập mạch điện áp chỉnh lưu,  $q = m$  với sơ đồ chỉnh lưu hình tia và sơ đồ chỉnh lưu hình cầu có  $m$  chẵn,  $q = 2m$  với sơ đồ chỉnh lưu hình cầu có  $m$  lẻ;

$R_s$  là điện trở một pha nguồn, ( $\Omega$ );

$L_s$  là điện cảm một pha nguồn, (H);

$\omega$  là tần số góc của điện áp nguồn, (1/s).

Khi bộ chỉnh lưu được cung từ máy biến áp riêng, gần đúng có thể xem điện trở, điện cảm nguồn bằng điện trở, điện cảm tản các cuộn dây máy biến áp quy đổi về phía thứ cấp (phía nối với các van chỉnh lưu).

Trong trường hợp điện áp làm việc nhỏ, khi đó sụt áp trên các van có giá trị đáng kể so với các phần khác, khi đó điện áp trên tải cần phải tính đến sụt áp trên van chỉnh lưu (một van đối với sơ đồ hình tia, hai van đối với sơ đồ hình cầu).

### 1.3. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN BỘ CHỈNH LƯU

#### 1.3.1. Khái niệm chung

Các sơ đồ chỉnh có điều khiển được xây dựng dựa trên cơ sở sử dụng các dụng cụ bán dẫn công suất có điều khiển. Việc khống chế sự làm việc của các sơ đồ chỉnh lưu để tạo ra điện áp trên tải và điều chỉnh giá trị trung bình của điện áp này thông qua việc điều khiển thời điểm mở khóa của các van (trong sơ đồ chỉnh lưu, trừ một số sơ đồ đặc biệt, phần lớn sơ đồ việc khóa các van được thực hiện bởi điện áp nguồn - chuyển mạch tự nhiên). Các dụng cụ bán dẫn công suất dùng trong các sơ đồ chỉnh lưu có thể là thyristor, triac, transistor, ..., nhưng chủ yếu nhất là thyristor. Để mở van chỉnh lưu, dù thuộc loại nào thì cần có hai điều kiện: Điện áp thuận trên các điện cực chính của van (anôt - katôt hoặc góp - phát) và điện áp hoặc dòng điện điều khiển (thường gọi là tín hiệu điều khiển) trên cực điều khiển. Điện áp trên các điện cực chính của các van trong các sơ đồ chỉnh lưu thông thường là do nguồn cung cấp xoay chiều tạo nên, còn tín hiệu điều khiển sẽ được một mạch điện khác tạo ra. Mạch điện tạo ra các tín hiệu điều khiển các van của sơ đồ chỉnh

lưu thường được gọi là mạch điều khiển hay hệ thống điều khiển bộ chỉnh lưu. Một đặc điểm làm việc của bộ chỉnh lưu là trong thời gian một chu kỳ nguồn các van chỉ dẫn dòng một khoảng thời gian nhất định (thường bằng 1/m chu kỳ nguồn), trong khoảng thời gian van không dẫn dòng thì thường yêu cầu không có điện áp hoặc dòng điện trên cực điều khiển (một số trường hợp có thể có nhưng với cực tính ngược lại). Điều đó có nghĩa là tín hiệu điều khiển các van phải có dạng là chuỗi các xung, độ dài tùy thuộc vào loại van chỉnh lưu được sử dụng, vì vậy mạch điều khiển chỉnh lưu cũng được gọi là mạch phát xung điều khiển chỉnh lưu. Như đã nêu, các van chỉnh lưu có thể có nhiều loại khác nhau, phổ biến nhất là thyristor, vì vậy trong nội dung của mục 1.3 sẽ chỉ tập trung phân tích về mạch phát xung điều khiển cho sơ đồ chỉnh lưu dùng thyristor.

Điện áp điều khiển các thyristor phải đáp ứng được các yêu cầu cần thiết về công suất, biên độ, độ dốc mặt đầu cũng như thời gian tồn tại. Các thông số cần thiết của tín hiệu điều khiển được cho sẵn trong các tài liệu tra cứu về thyristor. Do đặc điểm của thyristor là khi van đã mở thì việc còn tín hiệu điều khiển nữa hay không không ảnh hưởng đến dòng qua van, vì vậy để hạn chế công suất của mạch phát tín hiệu điều khiển và giảm tổn thất trên vùng điện cực điều khiển người thường tạo ra các tín hiệu điều khiển thyristor có dạng các xung hẹp. Các xung điều khiển được tính toán về độ dài xung sao cho đủ thời gian cần thiết (với một độ dự trữ nhất định) để mở van với mọi loại phụ tải có thể có khi sơ đồ làm việc. Thông thường độ dài xung nằm trong giới hạn từ 200  $\mu$ s đến 600  $\mu$ s ( $3,6^0 \div 10,8^0$  điện ứng với tần số nguồn xoay chiều là 50Hz).

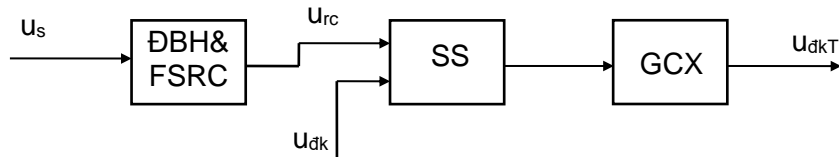
Các hệ thống phát xung điều khiển bộ chỉnh lưu bằng các phần tử bán dẫn thông thường hoặc một số vi mạch chuyên dụng hiện nay thường có ba loại: mạch phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha đứng, mạch phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha ngang và mạch phát xung điều khiển sử dụng diode hai cực gốc (transistor một tiếp - UJT). Trong thực tế, mạch phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha đứng là loại được sử dụng phổ biến nhất, các vi mạch phát xung chuyên dụng đều được thiết kế dựa trên nguyên tắc này, đồng thời nó là cơ sở để xây dựng các mạch phát xung điều khiển dùng linh kiện số và mạch phát xung điều khiển dùng hệ vi xử lý, hai loại mạch phát xung còn lại hiện rất ít được sử dụng. Vì vậy, để phục vụ cho việc thiết kế và tính chọn phần sau, trong mục này chỉ phân tích mạch phát xung theo nguyên tắc không chế pha đứng.

### **1.3.2. Mạch phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha đứng**

#### **1.3.2.1. Sơ đồ khối mạch phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha đứng**

Nghiên cứu chức năng các phần tử trong mạch phát xung điều khiển các thyristor của bộ chỉnh lưu thiết kế theo nguyên tắc không chế pha đứng cho thấy, có thể phân chia các phần mạch ra làm ba khâu cơ bản (hình 1.25): khâu đồng bộ hóa và tạo điện áp (phát sóng) răng cưa (ĐBH&FSRC), tạo ra hệ thống các điện áp dạng hình răng cưa đồng bộ với điện áp nguồn cấp cho sơ đồ chỉnh lưu; khâu so sánh (SS), tạo ra xung tại thời điểm cần thiết trên cơ sở so sánh điện áp tựa (thường có dạng hình răng cưa) và điện áp điều khiển một chiều điều khiển được; khâu gia công xung (GCX), thực hiện sửa lại dạng xung, phân chia xung (nếu cần) khuếch đại công suất xung và truyền xung đến cực điều khiển của thyristor.





**Hình 1.25.** Sơ đồ khối hệ thống điều khiển bộ chỉnh lưu theo nguyên tắc không chế pha đứng

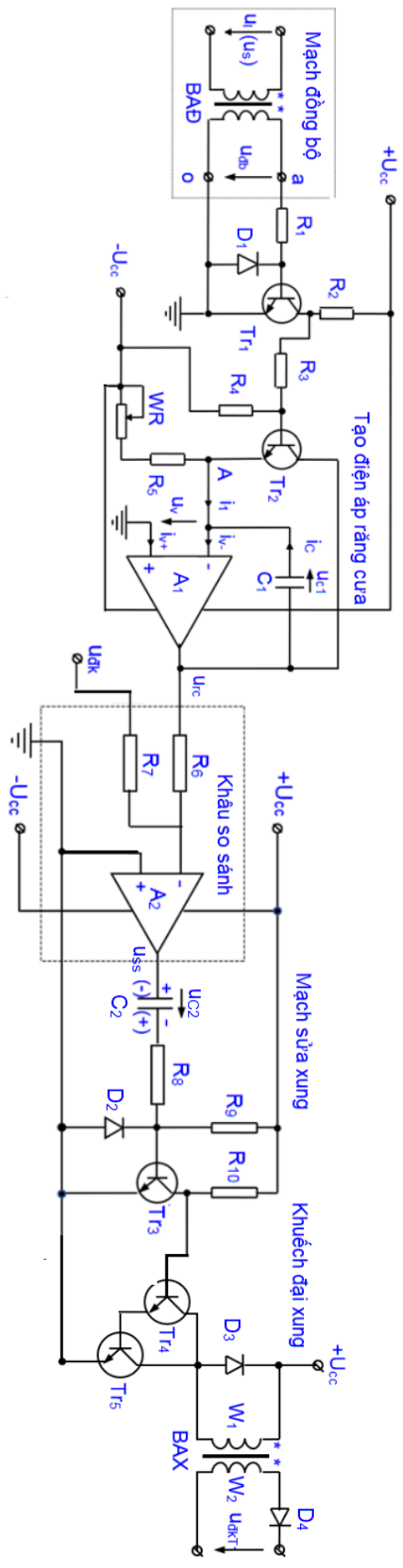
Các tín hiệu trên hình 1.25:

- $u_s$ : là điện áp nguồn (lưới, cũng ký hiệu là  $u_l$ ) xoay chiều cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu;
- $u_{rc}$ : điện áp tựa thường có dạng hình răng cưa lấy từ đầu ra khối ĐBH&FSRC;
- $u_{dk}$ : điện áp điều khiển, đây là điện áp một chiều dùng để điều khiển giá trị góc  $\alpha$ ;
- $u_{dkT}$ : điện áp điều khiển thyristor, là chuỗi các xung điều khiển lấy từ đầu ra hệ thống điều khiển (cũng là đầu ra của khối GCX) và được truyền đến điện cực điều khiển (G) và katôt (K) của các thyristor.

Trên thực tế, có thể có hai dạng mạch phát xung khác nhau: Mạch phát xung nhiều kênh, mỗi thyristor có một mạch phát xung riêng có đầy đủ các khâu như nêu trên hình 1.25, mỗi mạch phát xung cho một thyristor được gọi là một kênh phát xung và bộ chỉnh lưu có bao nhiêu thyristor thì mạch phát xung có bấy nhiêu kênh tương tự nhau, chỉ khác nhau góc pha của tín hiệu đồng bộ; mạch phát xung một kênh, chỉ sử dụng một khâu đồng hóa và tạo điện áp răng cưa, một khâu so sánh, một mạch sửa xung và một mạch phân chia xung (các phần mạch của khâu GCX) chung cho toàn mạch, chỉ có phần cuối là phần khuếch đại và truyền xung là riêng cho từng thyristor, kiểu mạch phát xung này có ưu điểm là đảm bảo góc điều khiển các van luôn bằng nhau (đối xứng) nên giảm ảnh hưởng xấu đến nguồn cung cấp, tuy nhiên độ phức tạp của mạch lớn khi số pha lớn. Để tận dụng ưu điểm, khắc phục nhược điểm của hai kiểu phát xung trên, trong nhiều trường hợp người ta sử dụng các mạch phát xung kết hợp: mạch đồng bộ hoặc mạch đồng bộ, tạo điện áp răng cưa, so sánh và mạch phân chia xung chung cho 2 thyristor mắc cùng một pha nguồn; các mạch khác riêng cho từng thyristor.

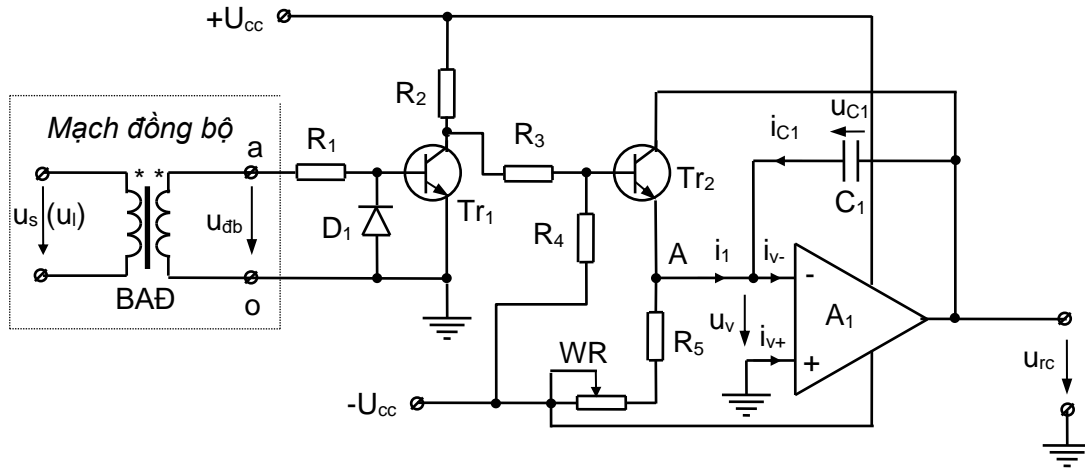
### **1.3.2.2. Một kênh phát xung điều khiển theo nguyên tắc không chế pha đứng**

Sơ đồ một kênh phát xung theo nguyên tắc không chế pha đứng để điều khiển một thyristor của sơ đồ chỉnh lưu (có thể dùng cho tất cả các sơ đồ chỉnh lưu thông thường) được biểu diễn trên hình 1.26. Trên sơ đồ đã ghi chú khá đầy đủ chức năng từng phần cơ bản. Sau đây sẽ thực hiện phân tích từng phần mạch (có thể kết hợp) của sơ đồ.

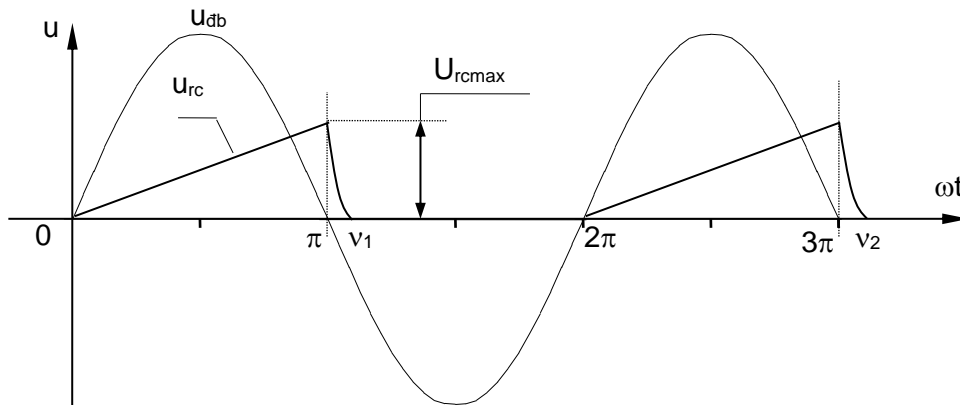


**Hình 1.26.** Sơ đồ nguyên lý một kênh phát xung theo nguyên tắc khóa chế pha đờng

a. Mạch đồng bộ hóa và tạo điện áp răng cưa



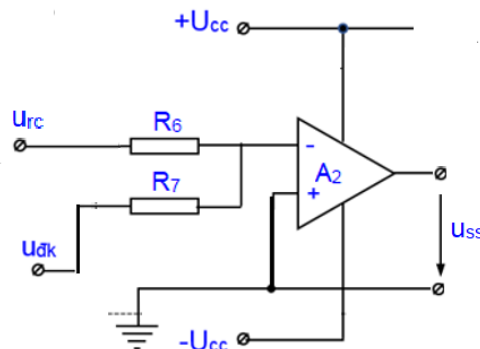
Hình 1.27. Mạch đồng bộ hóa và tạo điện áp răng cưa



Hình 1.28. Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc sơ đồ hình 1.27

Nguyên lý làm việc của sơ đồ được minh họa bằng đồ thị trên hình 1.28. Trong đó  $U_{rcmax}$  là biên độ điện áp răng cưa, thường được chọn trong khoảng từ 5 V đến  $U_{bh} \approx U_{cc} - 1,5$  V, phụ thuộc vào yêu cầu cụ thể.

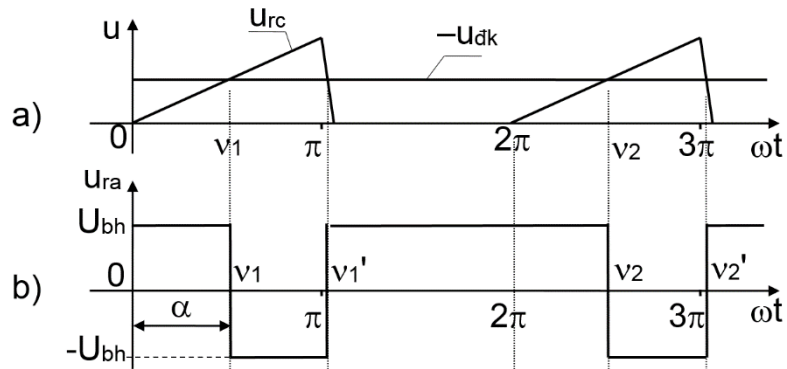
b. Mạch so sánh



Hình 1.29. Sơ đồ nguyên lý mạch so sánh

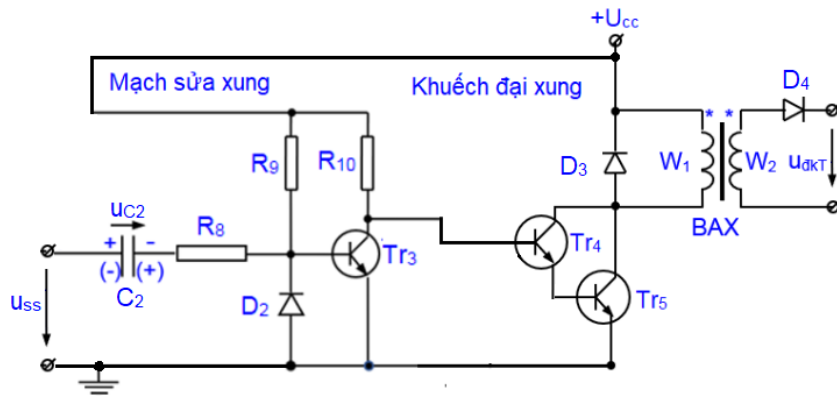
Sơ đồ nguyên lý mạch so sánh của kênh phát xung trên hình 1.26 được biểu diễn trên hình 1.29. Mạch so sánh này dùng một khuếch đại thuật toán (KĐTT)  $A_2$ , có hai tín hiệu vào:  $u_{rc}$  lấy từ đầu ra mạch tạo điện áp răng cưa và  $u_{rc} \geq 0$ ;  $u_{đk}$  là điện áp điều khiển một chiều điều chỉnh được theo yêu cầu, trong trường hợp này  $u_{đk} \leq 0$ . Nguyên lý làm việc của mạch được minh họa bởi các

đồ thị trên hình 1.30, trong hình này, để thuận tiện cho việc xác định thời điểm thay đổi trạng thái đầu ra của KĐTT (xuất hiện và mất xung) điện áp điều khiển được biểu diễn là  $-u_{đk}$ . Với mạch này, xung ra được chọn là xung âm (để phối hợp với các mạch phía sau).



**Hình 1.30.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ hình 1.29

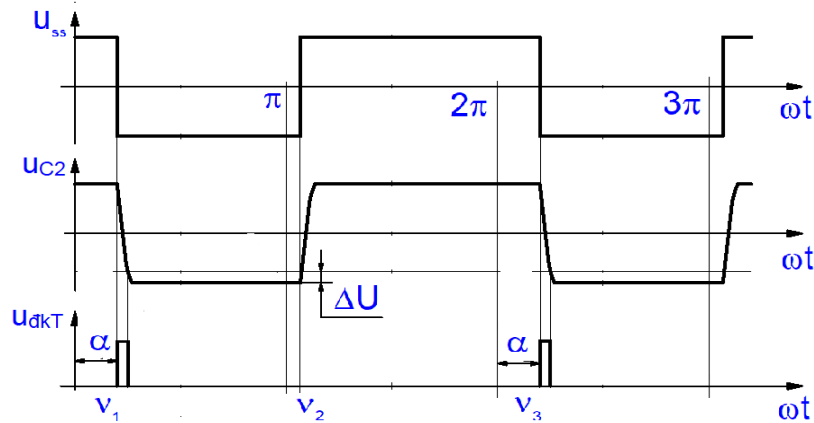
c. Mạch sửa xung, khuếch đại và truyền xung



**Hình 1.31.** Sơ đồ nguyên lý mạch sửa xung, khuếch đại và truyền xung

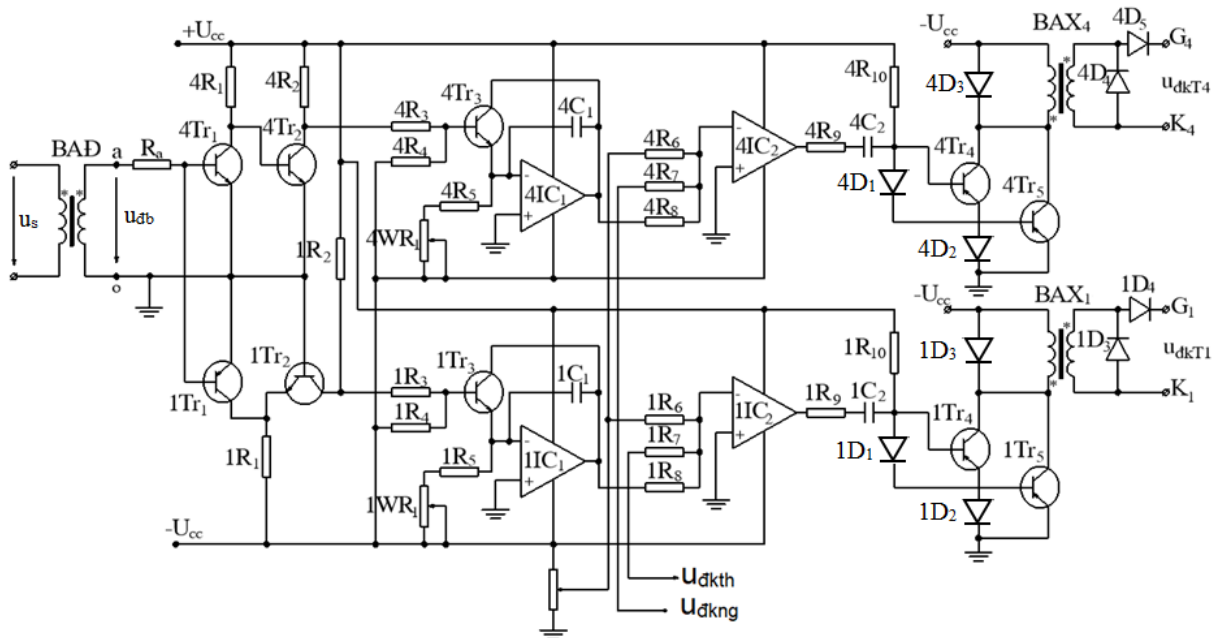
Sơ đồ nguyên lý của mạch sửa xung, khuếch đại và truyền xung được biểu diễn trên hình 1.31. Phần mạch sửa xung có transistor  $Tr_3$ , tụ điện  $C_2$ , các điện trở  $R_8, R_9, R_{10}$ , trong đó các phần tử cơ bản quyết định độ dài xung sau sửa xung (giả thiết xung ra mạch so sánh đủ dài) là tụ điện  $C_2$ , điện trở  $R_8$  và ảnh hưởng ít nhiều bởi  $R_9$ . Tín hiệu vào mạch sửa xung là tín hiệu ra của khâu so sánh  $u_{ss}$ . Nguyên lý tóm tắt của mạch: Khi  $u_{ss} = U_{bh}$ , tụ  $C_2$  được nạp đến đầy và  $u_{c2} = U_{bh}$  (cực tính ghi ngoài dấu ngoặc), còn  $Tr_3$  mở bão hòa nên  $Tr_4$  và  $Tr_5$  khóa, chưa có xung ra. Tại thời điểm  $u_{rc} = -u_{đk}$ ,  $u_{ss}$  chuyển nhanh sang bão hòa âm ( $u_{ss} = -U_{bh}$ ),  $C_2$  sẽ phóng điện, đường phóng chủ yếu là qua  $A_2$  (có điện áp  $u_{ss}$ ), qua  $D_2$  và  $R_8$ , dẫn đến  $Tr_3$  khóa lại làm cho  $Tr_4$  và  $Tr_5$  mở, xuất hiện xung dương trên các cuộn dây máy biến áp xung BAX (dương ở đầu có dấu \*), có xung điều khiển mở thyristor ( $u_{đkT}$ ). Tụ  $C_2$  phóng hết sẽ được nạp theo chiều ngược lại theo mạch vòng như lúc phóng, khi điện áp trên tụ có giá trị âm nhưng trị tuyệt đối nhỏ hơn  $U_{bh}$  một lượng bằng  $\Delta U$  (tại thời điểm đó:  $u_{c2} = -U_{bh} + \Delta U$ , với  $\Delta U = U_{cc} \cdot R_8 / R_9$ ) thì điện áp gốc - phát của  $Tr_3$  bằng không và sau đó chuyển sang dương,  $Tr_3$  chuyển sang mở làm cho  $Tr_4$  và  $Tr_5$  khóa lại, với xu hướng mất dòng qua các cuộn dây BAX nên trong các cuộn dây sẽ xuất hiện các xung âm và được làm suy giảm (gần như triệt tiêu) nhờ diode  $D_3$ . Sau khi  $Tr_3$  mở trở lại, tụ  $C_2$  tiếp tục nạp từ  $+U_{cc}$  qua  $R_9$ ,

$R_8$  và  $A_2$  cho đến đây ( $u_{C2} = -U_{bh}$ , cực tính thực tế lúc đó như ghi trong dấu ngoặc). Nguyên lý làm việc của mạch được minh họa trên hình 1.32.



**Hình 1.32.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của mạch điện trên hình 1.31

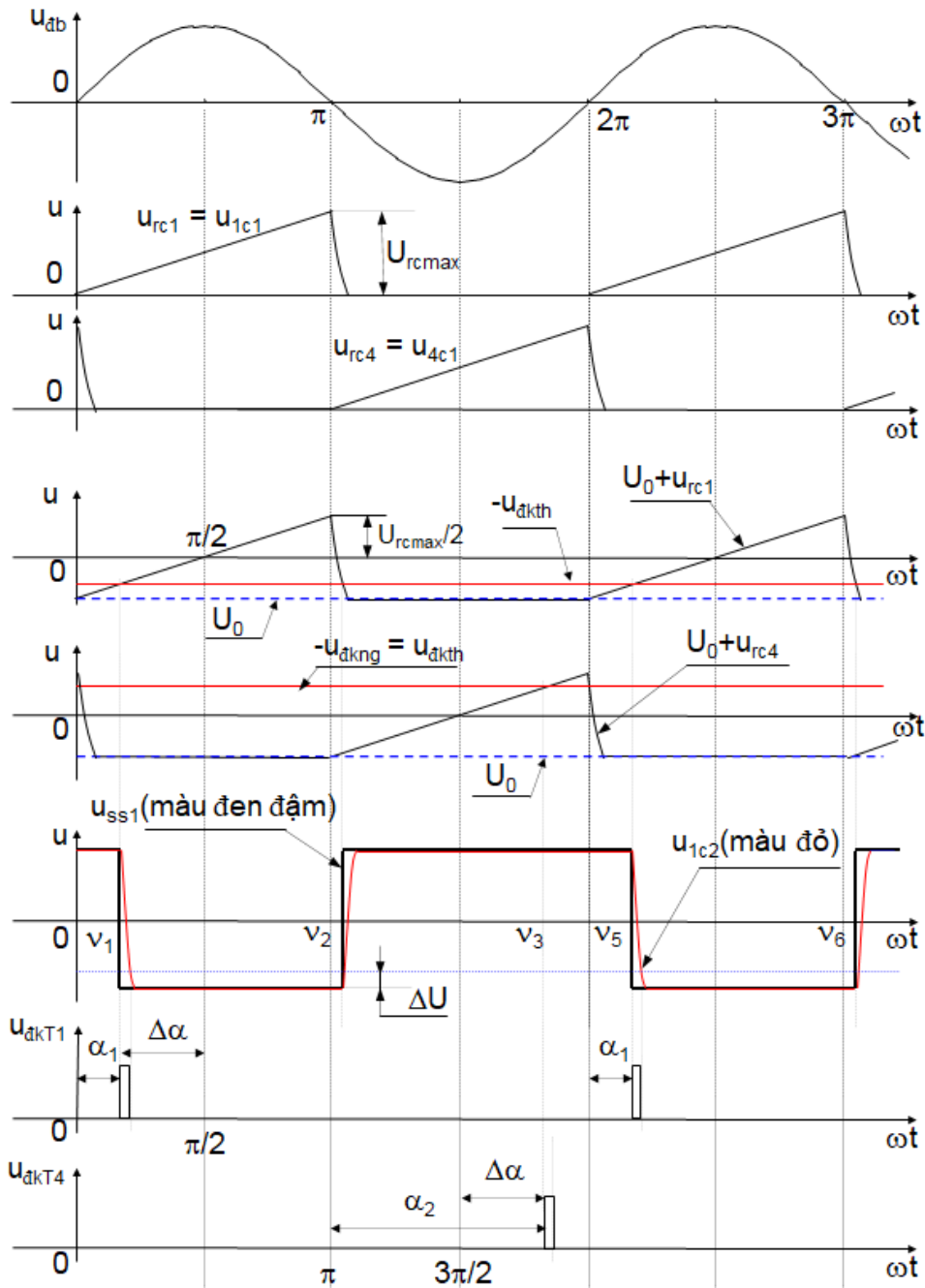
### 1.3.2.3. Mạch điều khiển BBD có đảo dòng điều khiển phối hợp



**Hình 1.33.** Sơ đồ nguyên lý 2 kênh phát xung điều khiển cho 2 van  $T_1$  và  $T_4$  (cùng ở pha A) của BBD có đảo dòng dùng 2 sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha mắc song song ngược

Đối với các BBD có đảo dòng áp dụng phương pháp điều khiển phối hợp tuyến tính, yêu cầu góc điều khiển 2 sơ đồ phải đảm bảo quy luật:  $\alpha_1 + \alpha_2 = 180^\circ$ , trong đó  $\alpha_1$  là góc điều khiển sơ đồ chỉnh thứ nhất hay còn gọi là sơ đồ thuận, còn  $\alpha_2$  là góc điều khiển sơ đồ chỉnh thứ hai hay còn gọi là sơ đồ ngược. Có một số phương thức để thực hiện, ở đây sẽ giới thiệu một phương thức thường được sử dụng: Đầu vào mạch so sánh có thêm một tín hiệu thứ ba đó là điện áp dịch  $U_0$ , điện áp này thường được tính toán bằng một nửa biên độ điện áp răng cưa và cực tính của nó được chọn sao cho ở thời điểm chậm sau thời điểm mở tự nhiên đối với van được điều khiển bởi kênh hát xung này một góc  $90^\circ$  điện thì  $u_{rc} + U_0 = 0$ , do vậy nếu điện áp điều khiển bằng không thì mạch sẽ phát ra xung điều khiển ứng với góc  $\alpha = 90^\circ$ , khi điện áp điều khiển thay đổi cực tính sẽ có góc điều khiển nhỏ hơn hoặc lớn hơn  $90^\circ$  (thường lựa chọn  $u_{đk} > 0$  thì  $\alpha < 90^\circ$ , còn  $u_{đk} < 0$  thì  $\alpha > 90^\circ$ );

thêm nữa điện áp điều khiển các kênh phát xung cho sơ đồ chỉnh lưu thuận ( $u_{đkth}$ ) bằng và ngược dấu với điện áp điều khiển các kênh phát xung cho sơ đồ chỉnh lưu ngược ( $u_{đkng}$ ), tức là  $u_{đkth} = -u_{đkng}$ . Sơ đồ mạch điện hình 1.33 là hai kênh phát xung điều khiển hai van  $T_1$  và  $T_4$  cùng mắc ở pha của hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha mắc song song ngược, trong đó  $T_1$  ở sơ đồ chỉnh lưu thuận mắc kiểu katốt chung còn  $T_4$  ở sơ đồ chỉnh lưu ngược mắc kiểu anốt chung. Ở đây điện áp nguồn  $u_s$  là điện áp chậm pha so với điện áp pha A một góc  $30^\circ$  (có thể dùng điện áp  $u_{AC}$ ), điều này đảm bảo thời điểm đầu nửa chu kỳ dương của  $u_{đb}$  là thời điểm mở tự nhiên đối với  $T_1$ .



**Hình 1.34.** Đồ thị minh họa nguyên lý làm việc của sơ đồ hình 1.33

## Chương 2

# LỰA CHỌN, KIỂM TRA CÁC PHẦN TỬ BÁN DẪN CÔNG SUẤT TRONG CÁC BỘ BIẾN ĐỔI

### 2.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các bộ biến đổi bán dẫn công suất có ưu điểm nổi trội hơn các bộ biến đổi máy điện và các bộ biến đổi dùng đèn điện tử chân không trước đây là kích thước nhỏ gọn, hiệu suất cao, tác động nhanh. Nhưng do các dụng cụ bán dẫn công suất rất nhạy với các quá điện áp, quá dòng điện kể cả về giá trị cũng như tốc độ biến thiên, ngoài ra chúng cũng rất dễ bị phá hỏng do nhiệt độ cấu trúc bán dẫn vượt quá giá trị cho phép. Chính vì những yếu tố này mà việc lựa chọn cũng như thiết kế các trang bị bảo vệ cho các dụng cụ bán dẫn cực kỳ quan trọng. Nếu lựa chọn hợp lý về tham số và thiết kế bảo vệ đúng thì bộ biến đổi sẽ có độ tin cậy rất cao, độ bền lớn; ngược lại, nếu xảy ra sai sót nhỏ trong một khâu nào đó thì các van bán dẫn rất dễ hỏng, ảnh hưởng đến độ tin cậy và tuổi thọ của cả bộ biến đổi.

### 2.2. CÁC ĐIỀU KIỆN CHỌN VÀ KIỂM TRA VAN

Do học phần chỉ giới hạn nghiên cứu, thiết kế các bộ chỉnh lưu điều khiển. Dụng cụ sử dụng chủ yếu ở đây là thyristor và diode nên mục này cũng chỉ tập trung vào việc lựa chọn và kiểm tra hai loại dụng cụ này, các dụng cụ bán dẫn công suất khác về cơ bản cũng được lựa chọn tương tự.

#### 2.2.1. Điều kiện chọn và kiểm tra thyristor

##### 2.2.1.1. Điều kiện chọn thyristor

Để các thyristor trong quá trình làm việc không tự mở do điện áp thuận trên van vượt quá giá trị điện áp chuyển trạng thái (mất điều khiển) trong mọi điều kiện, không bị đánh thủng do quá điện áp ngược và không hỏng do dòng điện qua cấu trúc của van vượt quá giá trị cho phép, việc lựa chọn van cần phải tuân thủ các điều kiện nhất định. Các điều kiện để lựa chọn thyristor bao gồm dựa điều kiện về điện áp và điều kiện về dòng điện, về điện áp có điện áp lớn nhất trên van theo chiều thuận và chiều ngược, về dòng điện có thể sử dụng dòng trung bình hoặc dòng hiệu dụng qua van. Ngoài ra, do các van rất nhạy với việc quá về giá trị các đại lượng điện áp và dòng điện, trong khi điều kiện làm việc của các bộ biến đổi thì các hiện tượng này không hiếm, vì vậy việc chọn van cũng cần quan tâm đến một hệ số dự trữ nhất định.

- Điều kiện chọn về điện áp:

$$[U_{Tthmax}] \geq K_{UT} \cdot U_{Ttmax} \quad (2.1)$$

Và:  $[U_{Tngmax}] \geq K_{UN} \cdot U_{Tngmax} \quad (2.2)$

- Điều kiện chọn về dòng điện:

$$[I_{Tb}] \geq K_{IT} \cdot I_{Tbmax} \quad (2.3a)$$

hoặc:  $[I_T] \geq K_{IT} \cdot I_{Tmax} \quad (2.3b)$

Trong đó:  $[U_{Tthmax}]$  và  $[U_{Tngmax}]$  là giá trị lớn nhất cho phép của điện áp thuận và điện áp ngược trên thyristor;  $U_{Ttmax}$  và  $U_{Tngmax}$  là giá trị lớn nhất của điện áp thuận và điện áp ngược do

sơ đồ tạo nên trên thyristor;  $[I_{Tb}]$  là giá trị cho phép của dòng trung bình qua thyristor,  $[I_T]$  là giá trị cho phép của dòng hiệu dụng qua thyristor;  $I_{Tbmax}$  là giá trị lớn nhất của dòng trung bình qua thyristor khi dòng tải bằng định mức,  $I_{Tmax}$  là giá trị lớn nhất của dòng hiệu dụng qua thyristor khi dòng tải bằng định mức;  $K_{uT}$  là hệ số dự trữ điện áp, thường chọn từ  $1,5 \div 2,5$ ;  $K_{iT}$  là hệ số dự trữ dòng điện, thường chọn từ  $1,5 \div 4$ , nhiều trường hợp có thể chọn lớn hơn.

### 2.2.1.2. Điều kiện kiểm tra thyristor

Một đặc điểm quan trọng của các thyristor là khi điện áp đặt thuận lên van nhỏ hơn nhiều so với giá trị điện áp chuyển trạng thái và không có tín hiệu điều khiển nhưng van có thể chuyển sang trạng thái mở (dẫn dòng) nếu tốc độ tăng của điện áp thuận trên van quá lớn. Điều này xảy ra là do vùng chuyển tiếp P-N trong cấu trúc khi bị phân cực ngược cũng tương tự như một tụ điện (tụ điện ký sinh), nên khi điện áp đặt lên van thay đổi nhanh thì có một dòng điện chảy qua điện dung ký sinh này và nếu đó đạt một mức nào đó trở lên sẽ làm cho van chuyển sang mở (tác dụng của dòng điện qua tụ ký sinh trong cấu trúc của van tương tự như tác dụng của dòng qua cực điều khiển). Mặt khác, khi van chuyển từ trạng thái khóa sang trạng thái mở nhờ có tín hiệu điều khiển (điện áp trên van đang thuận), thì ở giai đoạn đầu tiên, vùng dẫn dòng chỉ chiếm một phần nhỏ tiết diện cấu trúc bán dẫn của van gần cực điều khiển, sau đó mới lan dần ra toàn bộ tiết diện bán dẫn, nếu tốc độ tăng dòng của van quá lớn so với tốc độ lan truyền vùng dẫn của van sẽ dẫn đến mật độ dòng điện ở vùng dẫn dòng ban đầu quá lớn sẽ làm nóng chảy phần bán dẫn này và gây hỏng van. Vì vậy, sau khi được lựa chọn theo các điều kiện về điện áp dòng điện, các thyristor cần được kiểm tra theo điều kiện về tốc độ tăng của điện áp thuận trên van và tốc độ tăng của dòng điện qua van.

Các điều kiện kiểm tra thyristor:

$$\text{- Điều kiện tốc độ tăng của điện áp trên van: } \left[ \frac{du_T}{dt} \right] \geq \frac{du_T}{dt} \Big|_{\max} \quad (2.4)$$

$$\text{- Điều kiện tốc độ tăng của dòng điện qua van: } \left[ \frac{di_T}{dt} \right] \geq \frac{di_T}{dt} \Big|_{\max} \quad (2.5)$$

Trong đó:  $\left[ \frac{du_T}{dt} \right]$ ,  $\left[ \frac{di_T}{dt} \right]$  là các giá trị cho phép về tốc độ tăng của điện áp thuận trên van

và tốc độ tăng của dòng điện qua van và tra trong sổ tay tra cứu van;  $\frac{du_T}{dt} \Big|_{\max}$ ,  $\frac{di_T}{dt} \Big|_{\max}$  là các giá trị lớn nhất về tốc độ tăng của điện áp thuận trên van và của dòng điện thuận qua van khi sơ đồ bộ biến đổi làm việc.

## 2.2.2. Điều kiện chọn và kiểm tra diode

### 2.2.2.1. Điều kiện chọn diode

Các diode trong sơ đồ chỉnh lưu cũng được lựa chọn dựa trên điều kiện về điện áp và dòng điện, về điện áp có điện áp lớn nhất trên van theo chiều ngược, về dòng điện cũng có thể sử dụng dòng trung bình hoặc dòng hiệu dụng nhưng thường sử dụng dòng điện trung bình.

Điều kiện để chọn các diode cho sơ đồ chỉnh lưu là:



- Điều kiện về điện áp:

$$[U_{Dngmax}] \geq K_{uD} \cdot U_{Dngmax} \quad (2.6)$$

- Điều kiện về dòng điện:

$$[I_{Dtb}] \geq K_{iD} \cdot I_{Ttbmax} \quad (2.7a)$$

hoặc:

$$[I_D] \geq K_{iD} \cdot I_{Tmax} \quad (2.7b)$$

Trong đó:  $[U_{Dngmax}]$  là giá trị lớn nhất cho phép của điện áp ngược trên diode;  $U_{Dngmax}$  là giá trị lớn nhất của điện áp ngược do sơ đồ tạo nên trên diode;  $[I_{Dtb}]$  là giá trị cho phép của dòng trung bình qua diode,  $[I_D]$  là giá trị cho phép của dòng hiệu dụng qua diode;  $I_{Dtbmax}$  là giá trị lớn nhất của dòng trung bình qua diode khi dòng tải bằng định mức,  $I_{Dmax}$  là giá trị lớn nhất của dòng hiệu dụng qua diode khi dòng tải bằng định mức;  $K_{uD}$  là hệ số dự trữ điện áp, thường chọn trong khoảng  $(1,5 \div 2,5)$ ;  $K_{iT}$  là hệ số dự trữ dòng điện, thường chọn từ  $1,5 \div 2,5$ , nhiều trường hợp có thể chọn lớn hơn.

### 2.2.2.2. Điều kiện kiểm tra diode

Đối với các diode công suất nhỏ khi đã chọn đảm bảo điều kiện về điện áp và dòng điện thì diode sẽ làm việc an toàn, riêng với các diode công suất lớn (dòng điện làm việc lớn) cũng cần kiểm tra điều kiện về tốc độ tăng dòng qua van khi mở van. Điều kiện kiểm tra diode như sau:

$$\text{Điều kiện tốc độ tăng của dòng điện qua van: } \left[ \frac{di_D}{dt} \right] \geq \frac{di_D}{dt} \Big|_{\max} \quad (2.8)$$

Trong đó:  $\left[ \frac{di_D}{dt} \right]$  là giá trị cho phép về tốc độ tăng của dòng điện qua van, tra trong sổ tay tra cứu van;  $\frac{di_D}{dt} \Big|_{\max}$  là giá trị lớn nhất về tốc độ tăng của dòng điện thuận qua van khi sơ đồ bộ biến đổi làm việc.

## 2.3. BẢO VỆ VAN

### 2.3.1. Bảo vệ quá nhiệt

Tổn hao công suất trên van trong quá trình làm việc, bằng tích của dòng điện chạy qua van với điện áp rơi trên van, được chuyển hóa thành nhiệt. Nhiệt lượng tỏa ra tỷ lệ với giá trị trung bình của tổn hao công suất. Trong quá trình làm việc, nhiệt độ của bán dẫn phải luôn ở dưới một giá trị cho phép (khoảng  $120^\circ\text{C}$  đến  $150^\circ\text{C}$  theo đặc tính kỹ thuật của phần tử), vì vậy nhiệt lượng sinh ra cần phải được dẫn ra ngoài, nghĩa là đòi hỏi phải có quá trình làm mát các phần tử bán dẫn.

#### 2.3.1.1. Tính toán quá trình truyền nhiệt

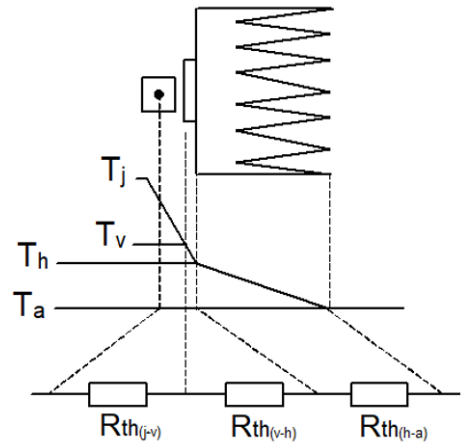
Mô hình của hệ thống truyền nhiệt của van bán dẫn có gắn cánh tản nhiệt được cho trên hình 2.1. Trong đó cũng thể hiện đường nhiệt độ giảm từ phần tử  $T_j$  tới vỏ phần tử  $T_v$ , tới cánh tản nhiệt  $T_h$  và tới môi trường  $T_a$ .

Dòng nhiệt truyền từ cấu trúc bán dẫn ra đến vỏ phân tử, từ vỏ tới cánh tản nhiệt, từ cánh tản nhiệt ra đến môi trường. Giữa các môi trường tiếp giáp nhau có các trở kháng nhiệt là:  $R_{th(j-v)}$ ,  $R_{th(v-h)}$ ,  $R_{th(h-a)}$ . Do đó trở kháng nhiệt sẽ bằng tổng trở kháng nhiệt giữa các vùng tiếp giáp nhau:

$$R_{th} = R_{th(j-v)} + R_{th(v-h)} + R_{th(h-a)}$$

Như vậy nhiệt độ giả tưởng của cấu trúc bán dẫn sẽ là:

$$T_j = T_a + P.R_{th}$$



Hình 2.1: Mô hình truyền nhiệt

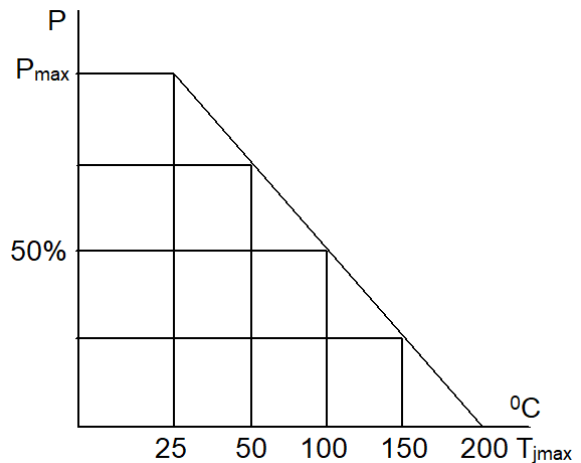
Biểu thức này thường được sử dụng để xác định  $R_{th}$  cần thiết khi biết nhiệt độ cho phép giới hạn  $T_j$  của phần tử, nhiệt độ làm việc của môi trường  $T_a$  và công suất phát nhiệt  $P$ .

Giữa công suất lớn nhất có thể được tỏa ra ngoài môi trường và nhiệt độ vỏ phần tử phụ thuộc nhau theo biểu thức:

$$P_{max} = \frac{T_{v,max} - 25}{R_{th(j-v)}} = const$$

trong đó giả thiết nhiệt độ môi trường là 25°C.

Mối quan hệ này được biểu diễn trên đồ thị ở hình 2.2, theo đó khi nhiệt độ cấu trúc bán dẫn bằng nhiệt độ cực đại cho phép  $T_{j,max}$  thì công suất tỏa ra sẽ bằng 0, đồng nghĩa với việc phần tử bị phá hủy. Các số liệu này, kể cả đồ thị ở hình 2.2, cho mỗi phần tử bán dẫn, được cho trong đặc tính kỹ thuật của nhà sản xuất. Để đảm bảo nhiệt độ môi trường ở một nhiệt độ thích hợp ta phải gắn phần tử bán dẫn lên một cánh tản nhiệt.



Hình 2.2: Đồ thị nhiệt độ và công suất tản nhiệt lớn nhất cho phép

Khi đó: 
$$P_{max} = \frac{T_{v,max} - T_a}{R_{th(j-a)}}$$

Theo mô hình truyền nhiệt trên hình 2.1, ta có:

$T_j$  là nhiệt độ của cấu trúc bán dẫn, cho bởi nhà sản xuất;

$T_v$  là nhiệt độ vỏ phần tử;

$T_h$  là nhiệt độ cánh tản nhiệt;

$T_a$  là nhiệt độ môi trường;

$P_{max}$  là tổn hao phát nhiệt cực đại trong phần tử, được tính toán bởi người sử dụng;

$R_{th(j-v)}$  là trở kháng nhiệt giữa cấu trúc bán dẫn và vỏ, cho bởi nhà sản xuất;

$R_{th(v-h)}$  là trở kháng nhiệt giữa vỏ và cánh tản nhiệt, phụ thuộc hình dạng, kích thước vỏ phần tử, cho bởi nhà sản xuất;

$R_{th(h-a)}$  là trở kháng nhiệt giữa cánh tản nhiệt và môi trường, cho bởi nhà sản xuất cánh tản nhiệt.

Với các ký hiệu trên đây, nếu đã tính toán được tổn hao phát nhiệt trên phần tử  $P_{max}$ , có thể xác định trở kháng truyền nhiệt yêu cầu của cánh tản nhiệt:

$$R_{th(h-a)} = \frac{T_{j,max} - T_a}{P_{max}} - (R_{th(j-v)} + R_{th(v-h)})$$

Từ giá trị  $R_{th(h-a)}$  cho phép chọn được loại tản nhiệt theo yêu cầu dựa vào đặc tính của một số loại tản nhiệt do các nhà sản xuất cung cấp.

Ví dụ: Thyristor BTW 67-1200, vỏ loại CB-332.

Trở kháng nhiệt từ cấu trúc bán dẫn ra vỏ  $R_{th(j-v)} = 0.93^{\circ}\text{C/W}$ ,

Trở kháng nhiệt từ vỏ ra tản nhiệt  $T_{th(v-h)} = 0.1^{\circ}\text{C/W}$ .

$$T_{j,max} = 110^{\circ}\text{C}.$$

$$I_v = 25 \text{ A. } U_{ng,max} = 1200 \text{ V}.$$

Giả sử tổn hao công suất trong quá trình làm việc đã tính toán được là 50W, nhiệt độ môi trường là  $40^{\circ}\text{C}$ . Trở kháng nhiệt của tản nhiệt yêu cầu là:

$$R_{th(h-a)} = \frac{T_{j,max} - T_a}{P_{th,max}} - (R_{th(j-v)} + R_{th(v-h)}) = 0,37^{\circ}\text{C}$$

Từ giá trị này có thể chọn được loại tản nhiệt theo yêu cầu.

### **2.3.1.2. Các loại bảo vệ quá nhiệt cho các van**

Trong thực tế có ba kiểu bố trí thiết bị bảo vệ quá nhiệt cho các dụng cụ bán dẫn của bộ biến đổi điện tử công suất:

- Dùng cánh tản nhiệt bằng nhôm hoặc bằng đồng (khi công suất nhỏ);
- Dùng cánh tản nhiệt bằng nhôm hoặc bằng đồng kết hợp quạt gió (khi công suất trung bình);
- Dùng cánh tản nhiệt bằng nhôm hoặc bằng đồng kết hợp bơm chất lỏng qua cánh tản nhiệt (khi công suất trung bình lớn và lớn).

### **2.3.2. Bảo vệ quá dòng cho bộ biến đổi và các van**

Bộ biến đổi bán dẫn công suất nói chung, bộ chỉnh lưu thyristor nói riêng, đều là các thiết bị điện nên khi làm việc cũng có thể xảy ra quá dòng do quá tải hoặc ngắn mạch nên cần phải bố trí các thiết bị bảo vệ quá dòng. Ngoài ra, các van bán dẫn cũng dễ bị phá hỏng nếu tốc độ tăng dòng qua van khi mở vượt quá giá trị cho phép nên cần bố trí thêm bảo vệ quá tốc độ tăng dòng qua van.

#### **2.3.2.1. Bảo vệ quá tải**

Trang bị bảo vệ quá tải cho bộ chỉnh lưu cũng tương tự như các thiết bị điện khác: sử dụng rơ le nhiệt hoặc áp tô mát có cơ cấu cắt theo nhiệt. Trong một số sơ đồ có thể bố trí các thiết bị quá tải hoạt động theo nguyên tắc: Khi phát hiện quá tải đến mức quá cho phép, thiết bị bảo vệ sẽ phát lệnh cắt xung điều khiển các van chỉnh lưu.

### **2.3.2.2. Bảo vệ ngắn mạch**

Với các van bán dẫn công suất dùng trong bộ chỉnh lưu, khả năng chịu quá dòng kém hơn các thiết bị điện tử, vì vậy, để bảo vệ ngắn mạch cho bộ chỉnh lưu cần phải sử dụng các thiết bị bảo vệ có độ nhạy và độ tác động nhanh cao: cầu chì tác động nhanh (cắt nhanh) hoặc áp tô mát cắt nhanh (có cơ cấu điện tử độ nhạy cao).

### **2.3.2.3. Bảo vệ quá tốc độ tăng của dòng qua van khi mở van**

Với các van chỉnh lưu, đặc biệt các thyristor, tốc độ tăng của dòng điện ( $di/dt$ ) qua van cần phải giới hạn ở một mức nhất định, đảm bảo phù hợp với tốc độ lan truyền vùng dẫn của cấu trúc bán dẫn trong van. Nếu xảy ra quá tốc độ tăng dòng qua van sẽ gây hỏng van do phát sinh nhiệt cục bộ quá mức cho phép ở một vị trí nào đó trong cấu trúc van và cần phải trang bị các thiết bị để hạn chế. Thông thường, để thực hiện bảo vệ này chỉ cần mắc nối tiếp với mỗi van một điện cảm nhỏ hoặc mắc các điện cảm nối tiếp với các pha nguồn xoay chiều cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu. Nếu sơ đồ chỉnh lưu có sử dụng biến áp cung cấp thì chỉ cần chọn máy biến áp có điện áp ngắn mạch phần trăm lớn (từ 7% đến 10%), khi đó điện cảm tản các cuộn dây máy biến áp đủ khả năng hạn chế tốc độ tăng dòng qua van dưới giá trị cho phép.

## **2.3.3. Bảo vệ quá điện áp**

### **2.3.3.1. Các nguyên nhân gây nên quá áp cho các van**

#### **a. Các quá điện áp phát sinh từ bên ngoài bộ biến đổi**

Đây là các quá điện áp phát sinh do tác động của các thiết bị đóng cắt và bảo vệ lưới điện, các hiện tượng môi trường (sét). Các nghiên cứu đã cho thấy rằng trong các lưới điện 220-380V có thể phát sinh quá áp đến 4÷5 lần điện áp lưới, còn ở các lưới điện có điện áp cao hơn có thể xuất hiện quá áp đến 3 lần điện áp lưới.

#### **b. Các quá điện áp bên trong có đặc trưng không lặp lại**

Đây là các quá điện áp xuất hiện liên quan đến sự làm việc của bộ biến đổi nhưng không lặp đi lặp lại. Các quá điện áp này thường do một số nguyên nhân sau:

- Do đóng máy biến áp cung cấp cho bộ biến đổi vào lưới điện xoay chiều trong trường hợp điện áp định mức bên sơ cấp lớn hơn nhiều so với bên thứ cấp.

- Khi đóng nguồn xoay chiều vào bộ biến đổi (do tốc độ tăng của điện áp và các dao động ký sinh gây nên).

- Cắt máy biến áp cung cấp cho bộ biến đổi ở chế độ không tải hoặc tải nhỏ (do sự biến đổi nhanh của từ trường khi mất dòng từ hóa đột ngột).

- Tác động của các thiết bị bảo vệ dòng khi quá tải hoặc ngắn mạch.

#### **c. Các quá điện áp bên trong có đặc trưng lặp lại**

Đây cũng là các quá điện áp xuất hiện liên quan đến sự làm việc của bộ biến đổi nhưng lặp đi lặp lại mang tính chu kỳ, nó thường do:

- Quá áp do cộng hưởng: Khi trong sơ đồ bộ biến đổi có một mạch vòng nào đó có tần số cộng hưởng riêng trùng với tần số một sóng hài nào đó của dòng tải hoặc nguồn sẽ xuất hiện hiện tượng cộng hưởng và gây quá áp cho các van.

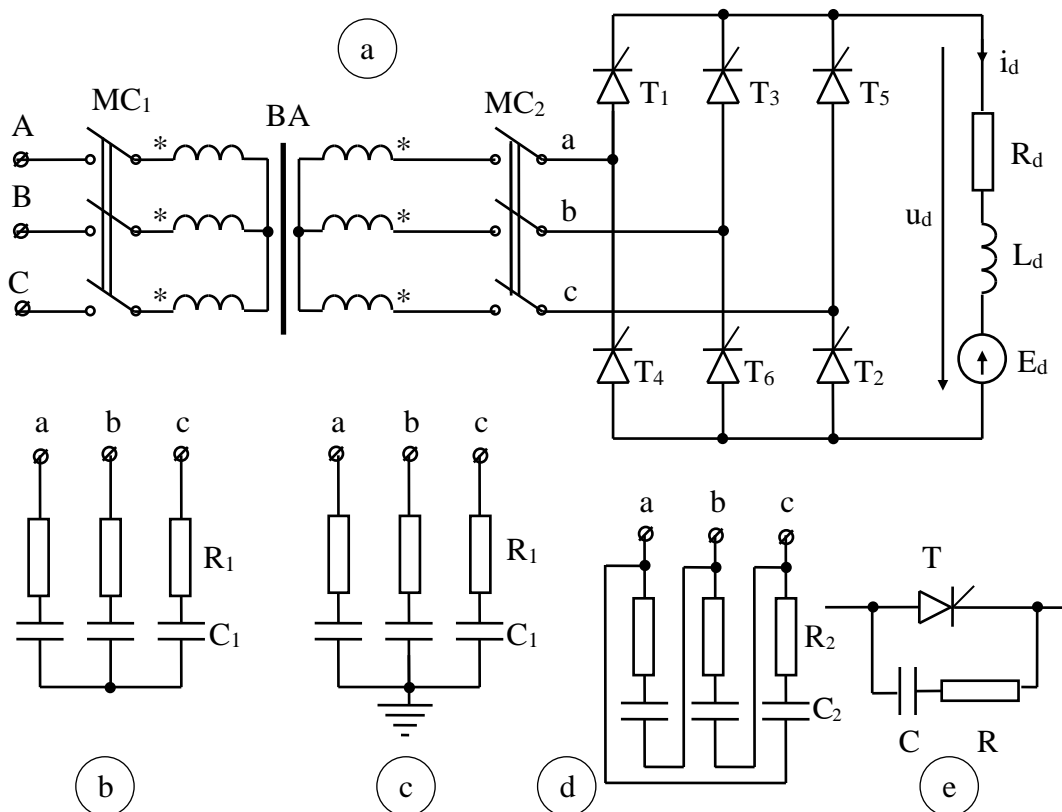
- Quá áp do quá trình chuyển mạch dòng điện các van: Quá điện áp dạng này có thể xuất hiện cả khi mở và khóa van và mang tính chu kỳ. Đây là dạng quá áp phát sinh trong tất cả mọi sơ đồ và mọi chế độ làm việc, chúng có thể gây quá áp cả về giá trị cũng như tốc độ thay đổi ( $du/dt$ ).

### 2.3.3.2. Tác động của quá điện áp đối với các van chỉnh lưu

Đối với các van bán dẫn, đặc biệt là các van có điều khiển (thyristor) thì sự vượt quá giá trị cho phép cả về trị số và tốc độ thay đổi của điện áp trên van đều có thể gây nên hỏng van, ngay cả khi thời gian quá áp là rất ngắn (cỡ  $\mu s$ ). Do vậy trong sơ đồ bộ biến đổi buộc phải trang bị các thiết bị bảo vệ quá áp để đảm bảo sự làm việc bình thường của các van.

### 2.3.3.3. Các phương pháp mắc thiết bị bảo vệ quá áp và tính toán

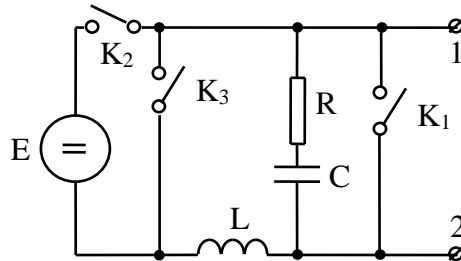
Để làm cơ sở tính toán, bố trí thiết bị bảo vệ quá áp ta giả thiết bộ biến đổi là sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha có máy biến áp cung cấp như trên hình 2.3.



Hình 2.3: Sơ đồ bố trí các phần tử bảo vệ quá điện áp cho các van của bộ chỉnh lưu

Trên hình 2.3 biểu diễn mạch lực của một sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha và các phương pháp nối thiết bị bảo vệ quá áp. Để bảo vệ quá điện áp cho các van trong sơ đồ chỉnh lưu người ta sử dụng các mạch R-C mắc theo một số sơ đồ khác nhau. Để tính toán giá trị của R và C người sử dụng sơ đồ thay thế hình 2.4. Trong sơ đồ thay thế hình 2.4 thì E là nguồn s.đ.đ sử dụng để tính toán và trong một số trường hợp thì E là quá áp phát sinh bên ngoài truyền vào BBD; L là tổng

điện cảm trong mạch vòng gây nên quá áp, L thay đổi tùy từng trường hợp quá áp; các công tắc  $K_1, K_2, K_3$  là các khóa để đóng hoặc cắt phục vụ cho tính toán trong từng trường hợp cụ thể, ví dụ để tính toán với trường hợp quá áp do thiết bị bảo vệ ngắt mạch tác động thì ta thực hiện cho  $K_2$  kín,  $K_3$  hở, đóng  $K_1$  để dòng trong mạch (qua  $K_1$ ) tăng lên, khi dòng đạt giá trị tác động của thiết bị bảo vệ dòng ngắt mạch thì đồng thời cắt  $K_1, K_2$  và đóng  $K_3$  và bắt đầu tính toán với mốc thời gian  $t = 0$  từ thời điểm này. Điện áp giữa hai điểm 1 và 2 là điện áp đặt lên van.



Hình 2.4: Sơ đồ thay thế để tính toán thiết bị bảo vệ quá điện áp cho các van chỉnh lưu

Các giá trị R và C tính được từ sơ đồ thay thế hình 2.4 tương ứng với trường hợp mạch bảo vệ R-C mắc theo sơ đồ hình 2.3e (mắc song song với mỗi van).

Khi sử dụng sơ đồ mắc các mạch R-C kiểu khác hình 2.3e, giá trị các phần tử được tính toán lại theo các công thức sau:

$$\text{Hình 2.3b, c: } R_1 = \frac{R}{2}; \quad C_1 = 2C. \quad \text{Hình 2.3d: } R_2 = \frac{3R}{2}; \quad C_2 = \frac{2C}{3}.$$

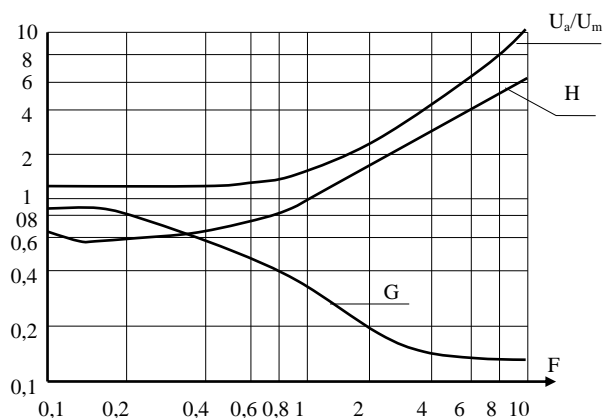
Các giá trị R và C có thể tìm trong các tài liệu tham khảo khác nhau. Trong một số trường hợp người ta có thể áp dụng các công thức kinh nghiệm, tuy kết quả không chính xác lắm nhưng cũng có thể chấp nhận được mà quá trình tính toán lại đơn giản.

**Chú ý:**

- Trừ hai trường hợp quá áp do nối BĐ với lưới dòng xoay chiều và do quá trình chuyển mạch thì tất cả các quá điện áp do các nguyên nhân khác có thể sử dụng một trong 3 sơ đồ mắc mạch bảo vệ là hình 2.3b, d hoặc e. Quá áp do nối bộ chỉnh lưu với lưới điện xoay chiều thì phải sử dụng các mạch R-C mắc theo sơ đồ hình 2.3c (mắc hình sao có trung tính nối đất).

- Quá áp do quá trình chuyển mạch thì phải sử dụng các mạch R-C mắc song song với mỗi van (hình 2.3e). Các thông số R và C với trường hợp này đã được tối ưu hóa, bằng máy tính điện tử người ta đã lập ra một số quan hệ cho phép xác định giá trị tối ưu của R và C (hình 2.5).

Đồ thị biểu diễn các quan hệ:  $U_a/U_m, G = b/\omega_0, H = \omega_0 U_k$  phụ thuộc vào F, được biểu diễn bởi các đường cong hình 2.85. Trong



Hình 2.5: Đồ thị dùng để tính thông số R và C của mạch bảo vệ quá áp

đó: với  $F = \frac{I\sqrt{L/C}}{U_k}$ ,  $b = \frac{R}{2L}$ ,  $U_k$  là trị số điện áp chuyển mạch tại thời điểm bắt đầu diễn ra chuyển mạch và  $U_k \leq U_m$ , còn  $I$  là giá trị dòng qua tải tại thời điểm diễn ra chuyển mạch,  $U_a$  biên độ quá áp,  $U_m$  biên độ điện áp nguồn.

Từ giá trị quá áp cho phép lặp lại  $U_{\pi}$ , thực hiện chọn  $U_a/U_m$ , theo hình 2.5 ta tìm được  $F$  và từ giá trị của  $F$  tìm được  $G, H$ .

Cuối cùng xác định được:  $C = L (I/U_m F)^2$ ;  $R = 2G\sqrt{\frac{L}{C}}$ ;  $\omega_0 \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ;  $\frac{du_T}{dt} = HU_m \omega_0$ .

### Chương 3

## TÍNH TOÁN THIẾT KẾ BỘ CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN

### 3.1. THIẾT KẾ MẠCH LỰC BỘ CHỈNH LƯU

#### 3.1.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Để thiết kế sơ đồ nguyên lý và tính chọn được các phần tử cho một sơ đồ chỉnh lưu cần phải thực hiện một số bước cơ bản sau: Dựa vào yêu cầu của phụ tải một chiều và đặc điểm cơ bản của từng sơ đồ chỉnh lưu để lựa chọn loại sơ đồ chỉnh lưu phù hợp, từ đó sẽ đưa ra được sơ đồ nguyên lý mạch lực. Dựa vào sơ đồ nguyên lý mạch lực đã thiết kế được, lựa chọn phương pháp phát xung và thiết kế được sơ đồ mạch phát xung điều khiển. Từ thông số phụ tải thực hiện tính chọn các phần tử của mạch lực. Dựa vào tham số của thyristor thực hiện tính chọn các phần tử mạch phát xung điều khiển. Trong nội dung mục này sẽ giới thiệu việc lựa chọn loại sơ đồ chỉnh lưu và để phục vụ cho việc tính chọn các phần tử trong sơ đồ mạch lực cũng như làm tiền đề cho việc thiết kế mạch điều khiển, để minh họa sẽ lấy ví dụ phụ tải là một động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

#### 3.1.2. THIẾT KẾ SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ

##### 3.1.2.1. Lựa chọn loại sơ đồ chỉnh lưu

###### *a. Thu thập dữ liệu về phụ tải*

Để lựa chọn được loại sơ đồ chỉnh lưu phù hợp, đáp ứng được các yêu cầu của phụ tải, đồng thời đạt được hiệu quả kinh tế cao cần phải nắm được số liệu, yêu cầu của tải một chiều một cách đầy đủ nhất. Một số trường hợp các số liệu và yêu cầu của phụ tải một chiều được cho ngay một cách đầy đủ, nhưng nhiều trường hợp chỉ cho những tham số liên quan, để có được tham số và yêu cầu đầy đủ về phụ tải cần phải dựa vào các số liệu công nghệ và yêu cầu cụ thể để xác định được các tham số cơ bản của phụ tải. Tuy nhiên nội dung xác định tham số phụ tải không phải là nội dung chính của học phần, cho nên ở đây xem như số liệu và yêu cầu chi tiết của phụ tải đã cho. Để phục vụ cho việc triển khai trong các nội dung tiếp theo ta giả thiết phụ tải bộ chỉnh lưu là một động cơ điện một chiều kích từ độc lập cần điều chỉnh tốc độ với các số liệu và yêu cầu như ví dụ sau:

###### *Ví dụ 3.1.1.*

*Bảng 3.1: Số liệu động cơ*

Mã hiệu	$P_{dm}$ [KW]	$U_{dm}$ [V]	$I_{dm}$ [A]	$n_{dm}$ [vg/p]	$R_{\Sigma}$ [ $\Omega$ ]	$L_{\Sigma}$ [H]	$GD^2$ [kg.m <sup>2</sup> ]
II-32	2,2	220	12,0	1500	1,205	0,0696	0,105

- Các yêu cầu: Điều chỉnh tron tốc độ trong phạm vi  $D = 50:1$ .

###### *b. Chọn loại sơ đồ chỉnh lưu*

Để lựa chọn được loại sơ đồ chỉnh lưu phù hợp, cần tiến hành phân tích, so sánh các sơ đồ chỉnh lưu đáp ứng được về mặt kỹ thuật. Với số liệu phụ tải như trên, lý thuyết và thực tế cho thấy có thể sử dụng các sơ đồ chỉnh lưu thông dụng như chỉnh lưu hình tia hai pha, chỉnh lưu



hình tia ba pha, chỉnh lưu hình cầu một pha và chỉnh lưu hình cầu ba pha đều đáp ứng được về mặt kỹ thuật. Vấn đề là lựa chọn sơ đồ nào trong các sơ đồ trên. Để tiến hành lựa chọn trước tiên sẽ tiến hành giới thiệu các đặc trưng cơ bản của các sơ đồ này. Cụ thể:

- Về chất lượng điện áp đầu ra: Hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha và chỉnh lưu hình cầu một pha có chất lượng điện áp ra tương đương nhau và kém nhất trong các sơ đồ nêu trên, sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha có chất lượng điện áp ra tốt hơn hai sơ đồ vừa nêu nhưng sơ đồ chỉnh lưu hình cầu ba pha có chất lượng điện áp ra tốt nhất (có thể xem là gấp đôi sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha).

- Về số van chỉnh lưu và độ phức tạp của mạch lực và mạch điều khiển: Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha có số van ít nhất (hai van), tiếp theo là sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha (ba van), rồi đến chỉnh lưu hình cầu một pha (bốn van), sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha có số van nhiều nhất (sáu van) và sơ đồ mạch lực cũng như mạch điều khiển phức tạp nhất so với các sơ đồ còn lại.

- Điện áp lớn nhất trên các van theo chiều thuận và ngược:

Theo nội dung phân tích trong chương 1, điện áp lớn nhất trên van của từng sơ đồ được tính theo các biểu thức sau:

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha: } U_{Tngmax} = U_{Tthmax} = \pi U_{do} \approx 3,14U_{do};$$

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha: } U_{Tngmax} = U_{Tthmax} = \frac{2\pi}{3} U_{do} \approx 2,1U_{do};$$

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu một pha: } U_{Tngmax} = U_{Tthmax} = \frac{\pi}{2} U_{do} \approx 1,57U_{do};$$

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình cầu ba pha: } U_{Tngmax} = U_{Tthmax} = \frac{\pi}{3} U_{do} \approx 1,05U_{do}.$$

- Dòng Trung bình qua van:

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha và hình cầu một pha: } I_{Ttb} = \frac{I_d}{2};$$

$$+ \text{Sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha và hình cầu ba pha: } I_{Ttb} = \frac{I_d}{3}.$$

- Các đặc điểm và chỉ tiêu khác: Sơ đồ chỉnh lưu hình tia bắt buộc phải có máy biến áp cung cấp, các sơ đồ khác về lý thuyết có thể không cần máy biến áp cung cấp khi điện áp nguồn điện có giá trị phù hợp yêu cầu đối với sơ đồ chỉnh lưu.

Từ các đặc điểm và chỉ tiêu cơ bản đối với các sơ đồ chỉnh lưu thông dụng nêu trên, khi không có thêm yêu cầu đặc biệt khác thì không nên lựa chọn sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha vì về mặt kỹ thuật, các sơ đồ chỉnh lưu khác tuy chất lượng điện áp ra không bằng nhưng vẫn đáp ứng được, trong khi đó sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha tuy có điện áp trên van là nhỏ nhất khi cùng yêu cầu điện áp ra như nhau nhưng phức tạp hơn rất nhiều so với sơ đồ khác cả về sơ đồ mạch lực và điều khiển. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha thường sử dụng trong trường hợp tải có công suất lớn, hoặc yêu cầu điện áp ra cao hoặc phạm vi điều chỉnh rộng (cỡ trên hàng trăm lần). Với ba sơ đồ còn lại, sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai pha có số van ít nhất, còn về mức độ phức tạp của mạch điều khiển thì cả ba sơ đồ không chênh nhau nhiều, nhưng sơ đồ hình tia ba pha chất lượng điện áp ra tốt hơn. Như đã biết, sơ đồ chỉnh lưu hình tia hai và chỉnh lưu hình cầu một pha và có thể sử

dùng được khi chỉ có mạng điện một pha nhưng sơ đồ hình tia hai pha bắt buộc phải có máy biến áp để tạo ra hệ thống điện áp hai pha từ nguồn một pha. Căn cứ vào những chỉ tiêu và phân tích nêu trên để lựa chọn sơ đồ chính lưu cho hợp lý.

### ***Ví dụ 3.1.2.***

Với trường hợp phụ tải đã cho, giả thiết hệ thống này được bố trí trong xí nghiệp có sẵn nguồn điện xoay chiều ba pha, hợp lý nhất là chọn sơ đồ chính lưu hình tia ba pha vì có số lượng van ít, mạch điều khiển không phức tạp mà chất lượng điện áp khá tốt, đáp ứng tốt yêu cầu kỹ thuật của tải. Vậy, sơ đồ được lựa chọn cho ví dụ phụ tải đã cho trong Ví dụ 3.1.1 là sơ đồ chính lưu hình tia ba pha.

### **3.1.2.2. Lựa chọn thiết bị bảo vệ**

#### ***a. Bảo vệ quá tải và ngắn mạch***

Để bảo vệ quá tải có thể dùng rơ le nhiệt kết hợp với công tắc tơ hoặc dùng aptomat có cơ cấu bảo vệ quá tải. Để bảo vệ ngắn mạch cho sơ đồ BBD có thể dùng cầu chì hoặc aptomat có cơ cấu cắt nhanh. Trong trường hợp này, để đơn giản và cũng rất sát với thực tế ta chọn aptomat có hai chức năng bảo vệ để thực hiện bảo vệ quá tải và ngắn mạch, aptomat cũng đảm nhận luôn vai trò đóng cắt nguồn cung cấp cho BBD.

#### ***b. Bảo vệ quá tốc độ tăng dòng qua van ( $di_T/dt$ ) khi mở van***

Theo giáo trình Điện tử công suất, để hạn chế tốc độ tăng dòng qua van khi mở van, đảm bảo không quá trị số cho phép, có thể thực hiện một trong hai phương pháp: Nối tiếp với mỗi van hoặc với mỗi pha nguồn một điện cảm nhỏ (khi không dùng biến áp cung cấp riêng cho sơ đồ chính lưu); tính chọn máy biến áp có điện cảm tản cuộn dây lớn, ứng với máy biến áp có điện áp ngắn mạch phần trăm lớn ( $u_N\% = 7 \div 10\%$ , khi có máy biến áp cung cấp cho sơ đồ chính lưu). Với bộ chính lưu hình tia ba pha, kể cả khi điện áp nguồn có giá trị phù hợp, nhưng để giảm bớt ảnh hưởng của bộ chính lưu đến lưới điện vẫn sử dụng máy biến áp riêng cho sơ đồ chính lưu. Vì vậy trong trường hợp này, chức năng bảo vệ quá  $di_T/dt$  sẽ được thực hiện bởi điện cảm tản máy biến áp.

#### ***c. Bảo vệ quá điện áp***

Để bảo vệ quá áp cho các van chính lưu cả về trị số cũng như tốc độ tăng ( $du_T/dt$ ), với sơ đồ này có thể chỉ cần các mạch R-C mắc song song với mỗi van, ngoài ra có thể tăng cường bằng việc sử dụng ba mạch R-C đấu sao mắc song song với các cuộn thứ cấp máy biến áp (nếu cần thiết).

### **3.1.2.3. Lựa chọn phần tử lọc**

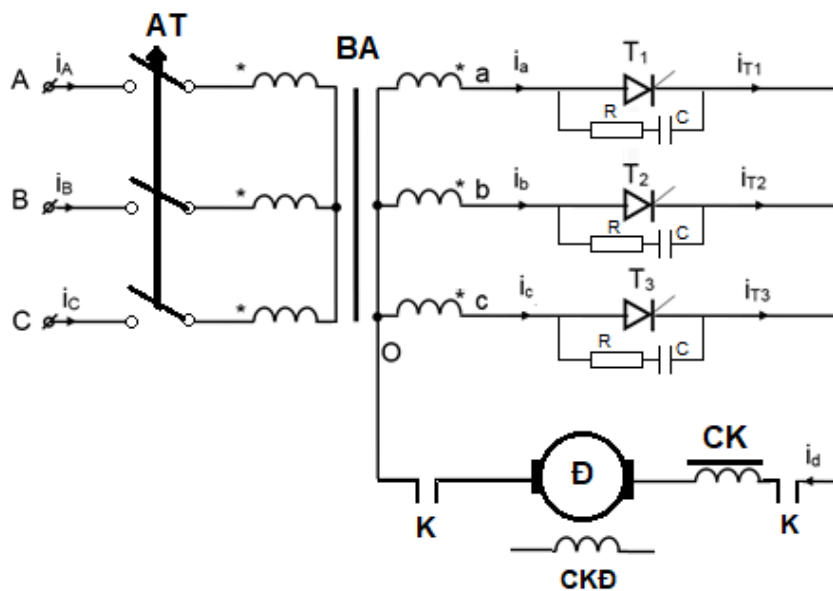
Để giảm ảnh hưởng sự đập mạch của điện áp và dòng điện chính lưu đến chất lượng làm việc của tải một chiều, thường đầu ra của sơ đồ chính lưu được bố trí thêm phần tử lọc. Các phần tử lọc có thể là tụ điện như với một số tải dạng mạ điện, điện phân công suất nhỏ; thiết bị lọc là điện cảm với phần lớn các phụ tải, đặc biệt là khi dòng tải lớn. Với trường hợp tải là động cơ một chiều kích từ độc lập như Ví dụ 3.1.1 đã nêu thì phần tử lọc được chọn là điện cảm. Như vậy,

trong trường hợp này chọn phần tử lọc là điện cảm (cuộn kháng có lõi thép CK, còn được gọi là cuộn kháng san bằng).

### 3.1.2.4. Sơ đồ nguyên lý mạch lực của bộ chỉnh lưu

Sơ đồ nguyên lý mạch lực sẽ gồm máy biến áp chỉnh lưu, thiết bị đóng cắt và bảo vệ quá dòng, sơ đồ mắc các van chỉnh lưu, mạch bảo vệ quá áp cho các van, phụ tải một chiều nối tiếp với cuộn kháng san bằng. Trong trường hợp nếu lựa chọn bộ biến đổi có đảo dòng áp dụng phương pháp điều khiển phối hợp, trong sơ đồ nguyên lý mạch lực cần có thêm các cuộn kháng cân bằng để hạn chế dòng cân bằng.

*Ví dụ 3.1.3.* Lấy ví dụ phụ tải là động cơ điện một chiều kích từ độc lập, không cần đảo chiều dòng và sơ đồ chỉnh lưu là sơ đồ hình tia ba pha không có diode không, sơ đồ nguyên lý mạch lực trường hợp này được biểu diễn trên hình 3.1.



*Hình 3.1. Sơ đồ nguyên lý mạch lực bộ chỉnh lưu hình tia ba với tải là động cơ một chiều kích từ độc lập*

Trên sơ đồ có: BA là máy biến áp cung cấp cho sơ đồ chỉnh lưu, máy biến áp có thể có các tổ nối dây khác nhau nhưng phía thứ cấp bắt buộc phải có trung tính (ở đây là Y/Y<sub>0</sub>); T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> là các thyristor làm nhiệm vụ chỉnh lưu và điều khiển thành phần một chiều điện áp chỉnh lưu đầu ra; Đ là động cơ một chiều kích từ độc lập có cuộn dây kích từ là CKĐ, đây là phần tử cơ bản của mạch tải một chiều; CK là cuộn kháng san bằng (lọc), cũng là một phần tử trong mạch tải của bộ chỉnh lưu; các mạch R-C song song với từng thyristor là mạch bảo vệ quá áp cho các thyristor; AT là aptomat cấp nguồn và bảo vệ ngắn mạch, quá tải cho cả hệ thống; K là công tắc tơ dùng để đóng cắt mạch phần ứng động cơ Đ với bộ chỉnh lưu. Nguyên lý hoạt động của sơ đồ chỉnh lưu đã được phân tích ở chương 1.

### 3.1.3. TÍNH CHỌN THIẾT BỊ MẠCH LỰC

Để tính chọn thiết bị phần mạch lực của BBD cần dựa vào các thông số cơ bản của phụ tải, như đã nêu từ đầu mục 2.2, trong mục này sẽ đưa ra biểu thức các biểu thức cơ bản phục vụ việc

tính chọn thiết bị phần mạch lực. Ở cuối mục có ví dụ áp dụng số liệu phụ tải đã cho ở Ví dụ 3.1.1 để thực hiện tính chọn các phần tử cụ thể để minh họa.

### 3.1.3.1. Tính chọn máy biến áp cung cấp cho BBD

#### a. Tính chọn điện áp thứ cấp máy biến áp

Biểu thức để tính chọn điện áp thứ cấp máy biến áp là:

$$U_{2dm} \geq K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{dm} \quad (3.1)$$

Trong đó:

- $U_{2dm}$  là giá trị hiệu dụng điện áp định mức một pha phía thứ cấp máy biến áp chỉnh lưu;
- $K_1$  là hệ số sơ đồ chỉnh lưu;
- $K_2$  là hệ số kể đến sự dao động trong phạm vi cho phép của điện áp lưới điện;
- $K_3$  là hệ số kể đến sụt điện áp trên điện trở cuộn dây máy biến áp và sụt áp trên điện cảm cuộn dây máy biến áp do chuyển mạch;
- $K_4$  là hệ số kể đến trường hợp góc điều khiển cực tiểu lớn hơn không ( $\alpha_{min} > 0$ );
- $U_{dm}$  là điện áp định mức của tải một chiều.

Với biểu thức tính toán (3.1) đã tính đến khả năng xấu nhất là nguồn cung cấp bị giảm đến mức lớn nhất cho phép vẫn đảm bảo phụ tải vẫn có thể được cung cấp với điện áp đủ định mức khi dòng tải là định mức.

#### b. Chọn điện áp định mức cuộn dây sơ cấp và tổ nối dây máy biến áp

Với máy biến áp ba pha hoặc nhiều pha, cần chọn tổ nối dây máy biến áp. Thông thường với sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha, tổ nối dây máy biến áp có thể là  $Y/Y_0$  hoặc  $\Delta/Y_0$ , trong một số trường hợp có thể chọn tổ nối dây  $Y/Z_0$  hoặc  $\Delta/Z_0$  ( $Z$  là ký hiệu của sơ đồ đấu zích zắc cuộn dây máy biến áp ba pha) để loại bỏ thành phần sức từ động một chiều trong mạch từ máy biến áp khi bộ chỉnh lưu làm việc. Tiếp theo là chọn điện áp định mức cho cuộn dây sơ cấp  $U_{1dm}$ , với máy biến áp ba pha thì điện áp định mức mỗi cuộn dây phụ thuộc vào tổ nối dây và điện áp mạng điện, với máy biến áp cho sơ đồ một pha và hai pha thì có hai mức điện áp cho cuộn dây sơ cấp là điện áp pha và điện áp dây (khi có mạng điện ba pha). Tỉ số máy biến áp được xác định theo biểu thức:  $k_{ba} = U_{1dm} / U_{2dm}$ .

#### c. Tính toán dòng điện

Dòng định mức phía thứ cấp máy biến áp  $I_{2dm}$  được tính toán theo sơ đồ chỉnh lưu và dòng tải định mức  $I_{dm}$ . Dòng định mức phía sơ cấp  $I_{1dm}$  cũng được tính dựa loại vào sơ đồ chỉnh lưu, dòng định mức phụ tải và thêm tỉ số máy biến áp  $k_{ba}$ .

#### d. Xác định công suất tính toán của máy biến áp

Công suất tính toán của máy biến áp là trung bình cộng giữa công suất tính toán phía sơ cấp và phía thứ cấp máy biến áp. Trong thực tế, điện áp cuộn dây thứ cấp máy biến áp thường tính toán đủ để đủ bù được sụt áp trên điện trở, điện cảm nguồn, điện trở cuộn kháng san bằng và tính đến khả năng góc điều khiển nhỏ nhất lớn hơn không (như đã nêu ở ý a của 3.1.3.1). Do đó công suất tính toán máy biến áp thường lớn hơn so với cho trong tài liệu điện tử công suất (khi đó đang lý tưởng hóa nguồn và cuộn kháng). Mặt khác chỉ một vài trường hợp công suất tính

toán phía sơ cấp và thứ cấp không giống nhau, còn phần lớn các sơ đồ chỉnh lưu đều có công suất tính toán máy biến áp phía sơ cấp và thứ cấp như nhau. Do vậy, có thể sử dụng công suất tính toán phía thứ cấp để làm công suất tính toán máy biến áp, như vậy:

$$S_{ttBA} = S_{2dm} = m \cdot U_{2dm} \cdot I_{2dm} = S \quad (3.2)$$

### e. Tính chọn các phần cơ bản của máy biến áp

Trong trường hợp có máy biến áp với các thông số dòng áp và số pha phù hợp thì lựa chọn máy biến áp để giảm bớt chi phí (vì sản xuất máy biến áp đơn chiếc giá thành sẽ cao hơn). Nếu không chọn được máy biến áp gần sát với yêu cầu ta phải tiến hành tính toán và chế tạo máy biến áp. Để tính toán các thông số cơ bản các bộ phận máy biến áp ta áp dụng một số công thức tính như sau:

- Diện tích lõi thép:

$$+ \text{ Máy biến áp một pha: } Q = k \sqrt{\frac{S}{f}}; \quad (3.3a)$$

$$+ \text{ Máy biến áp ba pha ba trụ pha: } Q = k \sqrt{\frac{S}{3f}}; \quad (3.3b)$$

Trong đó:  $k = 4 \div 5$ , nếu máy ngâm trong dầu,  $k = 5 \div 6$ , nếu là máy biến áp khô;  $S$  là công suất tính toán máy biến áp;  $f$  là tần số nguồn xoay chiều.

- Số vòng dây quấn một pha cuộn sơ cấp:

$$n_1 = \frac{U_{1dm} 10^4 \sqrt{3}}{4,44fQB}$$

Trong đó:  $B$  là từ cảm tính toán của mạch từ, thường chọn  $B = 1,4 \text{ T}$ . (3.4)

- Số vòng dây quấn một pha cuộn thứ cấp:  $n_2 = n_1 / k_{ba}$ .

- Tiết diện dây quấn mỗi phía của máy biến áp được lựa chọn dựa vào dòng định mức từng phía và mật độ dòng điện cho phép của loại dây quấn được sử dụng.

### 3.1.3.2. Tính chọn các van

#### a. Tính chọn thyristor

Trong mục 2 đã chỉ rõ, các thyristor được lựa chọn dựa trên điện áp và dòng điện, về điện áp có điện áp lớn nhất trên van theo chiều thuận và chiều ngược, về dòng điện thường sử dụng dòng điện trung bình. Để tiện cho việc trích dẫn các công thức phục vụ tính chọn ta viết lại các biểu thức tính chọn.

Điều kiện để chọn các thyristor:

- Điều kiện về điện áp:

$$[U_{Tthmax}] \geq K_{uT} \cdot U_{Tttmax} \text{ và } [U_{Tngmax}] \geq K_{uT} \cdot U_{Tngmax}; \quad (3.5)$$

- Điều kiện về dòng điện:

$$[I_{Ttb}] \geq K_{iT} \cdot I_{Ttbmax}; \quad (3.6)$$

### **b. Tính chọn diode**

Trong mục 2 cũng đã chỉ rõ, các diode trong sơ đồ chỉnh lưu cũng được lựa chọn dựa trên điện áp và dòng điện, về điện áp có điện áp lớn nhất trên van theo chiều ngược, về dòng điện thường sử dụng dòng điện trung bình. Ta viết lại các biểu thức tính chọn đối với diode.

Điều kiện để chọn các diode:

- Điều kiện về điện áp:

$$[U_{Dngmax}] \geq K_{uD}.U_{Dngmax}; \quad (3.7)$$

- Điều kiện về dòng điện:

$$[I_{Dtb}] \geq K_{iD}.I_{Ttbmax}; \quad (3.8)$$

### **3.1.3.3. Tính chọn điện cảm san bằng**

Để đảm bảo chất lượng dòng tải (hạn chế thành phần xoay chiều), phần lớn các sơ đồ chỉnh lưu thường có bố trí một cuộn kháng nối tiếp với phụ tải. Giá trị điện cảm của cuộn kháng phụ thuộc vào loại sơ đồ chỉnh lưu và điện cảm sẵn có của tải một chiều. Giá trị điện cảm tổng tối thiểu cần có trong mạch tải được xác định theo các hiệu thức sau:

- Đối với sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển hoàn toàn:

$$L_{dmin} = 2,87 \frac{U_{2dm}}{I_{dmin}} \quad (3.9)$$

- Đối với sơ đồ chỉnh lưu hình tia 3 pha:

$$L_{dmin} = 1,46 \frac{U_{2dm}}{I_{dmin}} \quad (3.10)$$

- Đối với sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha:

$$L_{dmin} = 0,693 \frac{U_{2dm}}{I_{dmin}} \quad (3.11)$$

Trong đó:  $U_{2dm}$  là giá trị hiệu dụng điện pha định mức thứ cấp máy biến áp, [V];  $I_{dmin}$  là giá trị trung bình tối thiểu của dòng tải và thường chọn bằng 5% ÷ 10% giá trị dòng tải định mức ( $I_{dmin} = (5\% \div 10\%)I_{dm}$ ), [A];  $L_{dmin}$  là giá trị điện cảm tổng nhỏ nhất cần có trong mạch tải, [mH].

Chọn  $L_d \geq L_{dmin}$ ; giá trị điện cảm của cuộn kháng san bằng sẽ được tính theo biểu thức:

$$L_{ck} = L_d - L_L \quad (3.12)$$

Trong đó:  $L_L$  là điện cảm của bản thân phụ tải. Nếu  $L_L \geq L_{dmin}$  thì không cần bố trí thêm cuộn kháng san bằng trong mạch tải.

### **3.1.3.4. Tính chọn điện cảm cân bằng**

Đối với trường hợp BBD có đảo dòng dùng hai sơ đồ chỉnh lưu có điều khiển cùng loại đấu song ngược hoặc đấu chéo áp dụng phương pháp điều khiển phối hợp BBD sẽ xuất hiện dòng điện cân bằng (còn gọi là dòng tuần hoàn). Để hạn chế độ lớn của dòng cân bằng, tránh gây hỏng van và làm cho thiết bị bảo vệ tác động cần bố trí một số cuộn kháng thường được gọi là cuộn kháng cân bằng. Giá trị điện cảm của cuộn kháng cân bằng  $L_{CB}$  phải được chọn để giá trị trung bình lớn nhất của dòng cân bằng không vượt quá 10% giá trị định mức của dòng tải. Giá trị trung bình của dòng cân bằng phụ thuộc vào loại sơ đồ chỉnh lưu và góc điều khiển, trường hợp

BBD gồm hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha hoặc hình cầu ba pha thì giá trị trung bình lớn nhất của dòng cân bằng sẽ xuất hiện ứng với góc điều khiển  $\alpha = \pi/3$  ( $60^\circ$ ) và bằng:

$$I_{CBm} = \frac{\sqrt{6} U_2}{2\omega L_{CB}} \quad (3.13)$$

Trong đó:  $I_{CBm}$  là giá trị trung bình lớn nhất của dòng cân bằng, [A];  $U_2$  là giá trị hiệu dụng điện áp thứ cấp máy biến áp chỉnh lưu, [V];  $\omega$  là tần số góc của nguồn xoay chiều, [rad/s];  $L_{CB}$  là giá trị điện cảm của một cuộn kháng cân bằng (với BBD gồm hai sơ đồ chỉnh lưu hình tia có hai cuộn kháng cân bằng, còn với BBD gồm hai sơ đồ chỉnh lưu hình cầu cần bốn cuộn kháng cân bằng), [H].

Điều kiện để chọn  $L_{CB}$  là đảm bảo  $I_{CBm} \leq 0,1I_{dm}$ .

Cuộn kháng san bằng, cuộn kháng cân bằng được tính toán tương tự nhau, phương pháp và các công thức tính toán cụ thể sẽ được minh họa trong Ví dụ 3.1.4.

### 3.1.3.5. Tính chọn mạch bảo vệ quá áp cho các van

Với các bộ biến đổi công suất trung bình và nhỏ, khi điện áp sơ cấp máy biến áp có giá trị nhỏ thường sử dụng một mạch bảo vệ quá áp là các mạch R-C mắc song song với từng van, một số trường hợp có thể thêm các mạch R-C song song với nguồn xoay chiều (phía thứ cấp máy biến áp). Việc tính chọn điện dung C và điện trở R có thể dựa vào hướng dẫn tại tiểu mục 2.12.3.3 của [1], tuy nhiên nhiều trường hợp có thể lựa chọn theo kinh nghiệm hoặc tham khảo các mạch điện có sẵn.

#### *Ví dụ 3.1.4.*

Tính toán mạch lực của bộ chỉnh lưu với các thông số và số liệu lấy từ các Ví dụ 3.1.1 – 3.1.3.

#### *1. Tính chọn máy biến áp chỉnh lưu*

- *Tính toán điện áp định mức cuộn dây thứ cấp máy biến áp:*

Sử dụng công thức (3.1):  $U_{2dm} \geq K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot U_{dm}$

- Với sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha,  $K_1 = \frac{2\pi}{3\sqrt{6}} \approx 0,85$ ;

- Mạng điện hiện nay cho phép điện áp dao động trong giới hạn  $\pm 5\%$ , vì vậy  $K_2 \approx 1,05$ ;

- Sụt điện áp trên điện trở máy biến áp, điện trở cuộn kháng và sụt áp trên điện cảm máy biến áp do chuyển mạch thường nằm trong khoảng (10 ÷ 20)%, chọn  $K_3 \approx 1,12$ ;

- Với trường hợp này, bộ chỉnh lưu hình tia ba pha bình thường không bị hạn chế về góc điều khiển cực tiểu, hoàn toàn có thể cho làm việc với  $\alpha_{min} = 0$  nên chọn  $K_4 = 1$ ;

- Điện áp định mức của tải là  $U_{dm} = 220$  V.

Vậy:  $U_{2dm} \geq 0,85 \times 1,05 \times 1,12 \times 1 \times 220 = 219,9$  V;

Chọn:  $U_{2dm} = 220$  V.

- *Chọn điện áp sơ cấp và tính tỉ số máy biến áp:*

Với sơ đồ đầu dây máy biến áp là Y/Y<sub>0</sub>, điện áp một pha cuộn sơ cấp là điện áp pha của mạng. Khi chọn mạng điện là mạng hạ áp 3 pha 4 dây có điện áp hiệu dụng một pha là 220V, vậy:  $U_{1dm} = 220 \text{ V}$ ; tỉ số máy biến áp:  $k_{ba} = U_{1dm} / U_{2dm} = 1$ .

- *Tính dòng định mức các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp máy biến áp (theo [1]):*

$$I_{1dm} = \frac{\sqrt{2} \times I_{dm}}{3 \times k_{ba}} = \frac{\sqrt{2} \times 12}{3 \times 1} \approx 5,65 \text{ A};$$

$$I_{2dm} = \frac{I_{dm}}{\sqrt{3}} = \frac{12}{\sqrt{3}} \approx 6,93 \text{ A}.$$

- *Tính công suất tính toán máy biến áp:*

Với sơ đồ chỉnh lưu hình tia ba pha, công suất tính toán phía sơ cấp và thứ cấp khác nhau, công suất phía thứ cấp lớn hơn. Mặt khác, khi sơ đồ này làm việc thì trong mạch từ máy biến áp xuất hiện sức từ động một chiều dễ làm máy biến áp bị bão hòa từ nên thường phải tăng tiết diện mạch từ lên một chút, vậy nên ta sẽ chọn công suất tính toán máy biến áp bằng công suất phía thứ cấp:

$$S = S_2 = 3 \times U_{2dm} \times I_{2dm} = 3 \times 220 \times 6,93 = 4574 \text{ (VA)} = 4,574 \text{ KVA}$$

- *Tính toán tiết diện mạch từ:*

Chọn máy biến áp 3 pha 3 trụ và chọn  $k = 6$  (máy biến áp khô), tần số nguồn  $f = 50 \text{ Hz}$ . Vậy, tiết diện mạch từ mỗi trụ là:

$$Q = k \sqrt{\frac{S}{3f}} = 6 \times \sqrt{\frac{4574}{3 \times 50}} = 33,13 \text{ cm}^2.$$

- *Tính chọn số vòng dây sơ cấp và thứ cấp:*

$$n_1 = \frac{U_{1dm} 10^4 \sqrt{3}}{4,44fQB} = \frac{220 \times 10^4 \times \sqrt{3}}{4,44 \times 50 \times 33,13 \times 1,4} \approx 370 \text{ (vòng)};$$

$$n_2 = n_1 / k_{ba} = 370 / 1 = 370 \text{ (vòng)}.$$

**Lưu ý:** Hiện nay các thyristor mới có giá trị tốc độ tăng dòng qua van cho phép rất lớn, nên không cần quan tâm nhiều đến giá trị điện cảm tản của máy biến áp, vì vậy thường không cần thiết kế đặc biệt. Thông thường sau khi tính toán được các giá trị về công suất  $S$ , điện áp thứ cấp  $U_{2dm}$ , dòng điện định mức phía sơ và thứ cấp thì tiến hành lựa chọn một máy biến áp có công suất, điện áp và dòng điện tương ứng (có thể lớn hơn khoảng 5% đến 20%). Trường hợp không thể chọn được máy biến áp phù hợp thì thực hiện tính toán máy biến áp theo các tài liệu hướng dẫn thiết kế máy biến áp.

## 2. Tính chọn van chỉnh lưu

- Điện áp lớn nhất trên thyristor:

$$U_{Th \max} = U_{Tng \max} = \sqrt{6} \times U_{2dm} = \sqrt{6} \times 220 = 539 \text{ V}.$$

- Dòng trung bình lớn nhất qua thyristor:

$$I_{Ttb \max} = \frac{I_{dm}}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ A}.$$



Từ các số liệu điện áp và dòng điện trên có thể chọn loại thyristor phù hợp, có thể có nhiều loại thyristor khác nhau đáp ứng được yêu cầu, tùy theo mức độ quan trọng, khả năng tài chính để lựa chọn. Ví dụ, có thể chọn loại thyristor VS-2N5206 có các tham số cơ bản sau:

$[I_{Tb}] = 22 \text{ A}$ ;  $[I_T] = 35 \text{ A}$ ;  $[U_{Tthmax}] = [U_{Tngmax}] = 1000 \text{ V}$ ;  $I_{gt} = 40 \text{ mA}$  (dòng điều khiển);  $V_{gt} = 2 \text{ V}$  (điện áp điều khiển).

### 3. Tính chọn cuộn kháng san bằng

- Tính chọn giá trị điện cảm của cuộn kháng:

Áp dụng công thức (3.10):

$$L_{dmin} = 1,46 \frac{U_{2dm}}{I_{dmin}} = 1,46 \frac{220}{1,2} = 267,66 \text{ (mH)}$$

Chọn  $L_d = 268 \text{ mH} = 0,268 \text{ H}$ .

Bỏ qua  $L_{ba}$  (điện cảm tản máy biến áp quy đổi về thứ cấp, có thể xem như là một lượng dự phòng), vậy điện cảm cuộn kháng san bằng cần có là:

$$L_{ck} \approx L_d - L_L = 0,268 - 0,0696 = 0,1984 \text{ H};$$

Chọn  $L_{ck} = 0,2 \text{ H}$ .

- Thiết kế cuộn kháng:

Từ giá trị điện cảm cuộn kháng đã chọn, có thể thiết kế cuộn kháng như sau:

Việc tính chọn điện cảm san bằng theo các công thức đã cho đảm bảo biên độ lớn nhất của sóng hài bậc nhất của thành phần xoay chiều dòng chỉnh lưu bằng khoảng 10% giá trị dòng tải định mức. Do điện kháng của cuộn kháng đối với thành phần xoay chiều lớn gấp nhiều lần điện trở của nó, thêm nữa giá trị hiệu dụng thành phần dòng xoay chiều qua tải bộ chỉnh lưu và cuộn kháng chủ yếu do sóng hài bậc nhất của nó quyết định nên gần đúng có thể xem điện áp trên cuộn kháng là điện áp gây ra bởi sóng hài bậc nhất của thành phần xoay chiều dòng tải. Vậy:

+ Tổng trở cuộn kháng:

$$Z_{ck} = 2.\pi.q.f.L_{ck}$$

+ Sụt áp xoay chiều trên cuộn kháng:

$$\Delta U_{ck} = Z_{ck} \frac{I_{1m}}{\sqrt{2}} = Z_{ck} \frac{0,1.I_{dm}}{\sqrt{2}} = 2.\pi.q.f.L_{ck} \frac{0,1.I_{dm}}{\sqrt{2}}$$

+ Công suất tính toán của cuộn kháng:

$$S_{ck} = \Delta U_{ck} \frac{I_{1m}}{\sqrt{2}} = \Delta U_{ck} \frac{0,1.I_{dm}}{\sqrt{2}} = 2.\pi.q.f.L_{ck} \frac{0,1.I_{dm}}{\sqrt{2}} = 0,01.\pi.q.f.L_{ck}.I_{dm}^2$$

+ Tiết diện cực từ chính (trụ giữa, hình 3.2) của mạch từ cuộn kháng:

$$Q_{ck} = k_Q \sqrt{\frac{S_{ck}}{q.f}} \text{ (cm}^2\text{)}$$

Trong các biểu thức trên:  $f$  là tần số nguồn xoay chiều cấp cho bộ chỉnh lưu, với lưới điện Việt Nam  $f = 50 \text{ Hz}$ ;  $I_{1m}$  biên độ cực đại sóng hài bậc nhất của thành phần xoay chiều dòng chỉnh lưu lấy bằng 10% giá trị định mức dòng tải ( $I_{1m} = 0,1I_{dm}$ );  $q$  là số lần đập mạch của điện áp chỉnh lưu;  $k_Q$  là hệ số phụ thuộc điều kiện làm mát, với điều kiện làm mát tự nhiên lấy  $k_Q = 6$ . Thay số cho trường hợp ví dụ này nhận được:

$$Z_{ck} = 188,5 \Omega; \Delta U_{ck} = 160,4 \text{ V}; S_{ck} = 135,5 \text{ VA}; Q_{ck} = 5,7 \text{ cm}^2.$$

Chọn mạch từ cuộn kháng là thép kỹ thuật điện Э330 dày 0,2 mm kiểu E, l ghép lại như trên hình 3.2. Trong đó: a là chiều rộng trụ giữa của lõi thép, [cm]; b là chiều dày lõi thép, [cm]; c là chiều rộng cửa sổ lõi thép, [cm]; h là chiều cao cửa sổ lõi thép, [cm].

Giá trị các tham số mạch từ có thể chọn theo bảng II.2, tài liệu Điện tử Công suất (Nguyễn Bình, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1993), cụ thể: Chọn mạch từ tiêu chuẩn có  $Q_{ck} = 6,8 \text{ cm}^2$  với các kích thước:

$$a = 32 \text{ cm}; h = 8 \text{ cm}; c = 3,26 \text{ cm}; b = 2 \text{ cm};$$

$$H = 11,2 \text{ cm}; C = 12,8 \text{ cm}.$$

Để tính toán số vòng cuộn kháng, chọn mật độ từ cảm  $B = 0,8 \text{ T}$  (làm việc trên một phần đặc tính từ hóa). Khi có dòng xoay chiều chạy qua cuộn kháng thì trong cuộn kháng xuất hiện một sức điện động  $E_{ck}$ ,

$$E_{ck} = 4,44 \cdot W \cdot q \cdot f \cdot B \cdot Q_{ck}$$

Gần đúng lấy  $E_{ck} = \Delta U_{ck}$ , vậy:

$$W = \frac{\Delta U_{ck}}{4,44 \cdot q \cdot f \cdot B \cdot Q_{ck}} = \frac{160,4}{4,44 \times 3 \times 50 \times 0,8 \times 6,8 \times 10^{-4}} = 442,7 \text{ (vòng)}.$$

Chọn  $W = 443$  vòng.

Chọn dây dẫn cuộn kháng:

Dòng hiệu dụng qua cuộn kháng, gần đúng có xem có gồm hai thành phần chính là dòng tải trung bình và sóng hài bậc nhất thành phần xoay chiều:

$$I_{ck} = \sqrt{I_{dm}^2 + \frac{I_{1m}^2}{2}} = \sqrt{12^2 + \frac{1,2^2}{2}} = 12,03 \text{ A}$$

Đường kính dây dẫn cuộn kháng (dây đồng):

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{I_{dm}}{J}} = 1,13 \sqrt{\frac{I_{dm}}{J}} = 1,13 \sqrt{\frac{12,03}{2,75}} = 2,36 \text{ (mm)};$$

Ở đây:  $J$  là mật độ dòng điện, chọn  $J = 2,75 \text{ A/mm}^2$ ;

Chọn dây tiêu chuẩn  $d = 2,44 \text{ mm}$ , đường kính kê cả cách điện  $d_{cd} = 2,54 \text{ mm}$ .

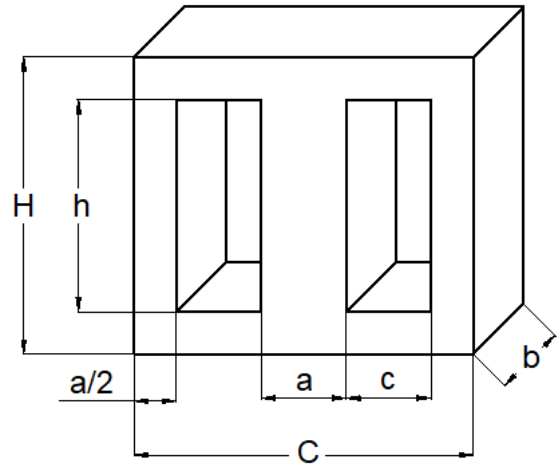
Kiểm tra hệ số lấp đầy:

$$K_{ld} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{W \cdot d^2}{c \cdot h} < 3,5;$$

$$K_{ld} = 8 \cdot 10^{-3} \frac{443 \times 2,54^2}{3,2 \times 8} = 0,893 < 3,5 \text{ (thỏa mãn yêu cầu)}.$$

Điện trở cuộn kháng:

$$R_{ck} = \frac{2,2 \cdot W}{d^2 \cdot 10^4} [2(a+b) + \pi \cdot c] = \frac{2,2 \cdot 443}{2,44^2 \cdot 10^4} [2(3,2 + 2,5) + \pi \cdot 3,2] = 0,35 \text{ (}\Omega\text{)}.$$



**Hình 3.2.** Biểu diễn các kích thước của mạch từ cuộn kháng

Ghi chú: Dây quấn được chọn là dây đồng có điện trở suất là  $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ .

#### 4. Chọn mạch R-C bảo vệ quá áp cho các thyristor

Với trường hợp này chỉ chọn mạch R-C mắc song song với từng van. Dựa theo kinh nghiệm, với điện áp cho phép của van và điện áp lớn nhất trên van do sơ đồ gây nên, chọn thông số của tụ điện và điện trở như sau:

- Tụ có điện dung:  $C = 0,22 \mu F$ ,  $U \geq 750 V$ ;
- Điện trở có giá trị:  $R = (33 \div 47) \Omega$ , công suất  $0,25 W$ .

### 3.2. THIẾT KẾ MẠCH PHÁT XUNG ĐIỀU KHIỂN BỘ CHỈNH LƯU

#### 3.2.1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các sơ đồ chỉnh có điều khiển được xây dựng dựa trên cơ sở sử dụng các dụng cụ bán dẫn công suất (thường gọi chung là van) có điều khiển. Việc khống chế sự làm việc của các sơ đồ chỉnh lưu để tạo ra điện áp trên tải và điều chỉnh giá trị trung bình của điện áp này thông qua việc điều khiển thời điểm mở khóa của các van (trong sơ đồ chỉnh lưu, trừ một số sơ đồ đặc biệt, phần lớn sơ đồ việc khóa các van được thực hiện bởi điện áp nguồn - chuyển mạch tự nhiên). Các dụng cụ bán dẫn công suất dùng trong các sơ đồ chỉnh lưu có thể là thyristor, triac, transistor, ..., nhưng chủ yếu nhất là thyristor. Để mở van chỉnh lưu, dù thuộc loại nào thì cần có hai điều kiện: Điện áp thuận trên các điện cực chính của van (anôt - katôt hoặc góp - phát) và điện áp hoặc dòng điện điều khiển (thường gọi là tín hiệu điều khiển) trên cực điều khiển. Điện áp trên các điện cực chính của các van trong các sơ đồ chỉnh lưu thông thường là do nguồn cung cấp xoay chiều tạo nên, còn tín hiệu điều khiển sẽ được một mạch điện khác tạo ra. Mạch điện tạo ra các tín hiệu điều khiển các van của sơ đồ chỉnh lưu thường được gọi là mạch điều khiển hay hệ thống điều khiển bộ chỉnh lưu. Một đặc điểm làm việc của bộ chỉnh lưu là trong thời gian một chu kỳ nguồn các van chỉ dẫn dòng một khoảng thời gian nhất định (thường bằng  $1/m$  chu kỳ nguồn), trong khoảng thời gian van không dẫn dòng thì thường yêu cầu không có điện áp và dòng điện trên cực điều khiển (một số trường hợp có thể có nhưng với cực tính ngược lại). Điều đó có nghĩa là tín hiệu điều khiển các van phải có dạng là chuỗi các xung, độ dài tùy thuộc vào loại van chỉnh lưu được sử dụng, vì vậy mạch điều khiển chỉnh lưu cũng được gọi là mạch phát xung điều khiển chỉnh lưu. Như đã nêu, các van chỉnh lưu có thể có nhiều loại khác nhau, phổ biến nhất là thyristor, vì vậy trong nội dung của học phần này sẽ chỉ tập trung nghiên cứu về mạch phát xung điều khiển cho sơ đồ chỉnh lưu dùng thyristor.

Điện áp điều khiển các thyristor phải đáp ứng được các yêu cầu cần thiết về công suất, biên độ, độ dốc mặt đầu cũng như thời gian tồn tại. Các thông số cần thiết của tín hiệu điều khiển được cho sẵn trong các tài liệu tra cứu về thyristor. Do đặc điểm của thyristor là khi van đã mở thì việc còn tín hiệu điều khiển nữa hay không không ảnh hưởng đến dòng qua van, vì vậy để hạn chế công suất của mạch phát tín hiệu điều khiển và giảm tổn thất trên vùng điện cực điều khiển người thường tạo ra các tín hiệu điều khiển thyristor có dạng các xung hẹp. Các xung điều khiển được tính toán về độ dài xung sao cho đủ thời gian cần thiết (với một độ dự trữ nhất định)

để mở van với mọi loại phụ tải có thể có khi sơ đồ làm việc. Thông thường độ dài xung nằm trong giới hạn từ 200  $\mu$ s đến 600  $\mu$ s ( $3,6^0 \div 10,8^0$  điện với tần số nguồn xoay chiều là 50Hz).

Có một số nguyên tắc khác nhau để xây dựng sơ đồ mạch phát xung điều khiển bộ chỉnh lưu thyristor. Các mạch phát xung có thể xây dựng bằng việc sử dụng các dụng cụ bán dẫn rời rạc và các bộ khuếch đại thuật toán dựa trên các nguyên tắc phát xung khác nhau. Hiện nay, người ta đã sản xuất một số vi mạch tổ hợp để phát xung điều khiển các bộ chỉnh lưu và đa số các bộ chỉnh lưu hiện đại đã sử dụng mạch phát xung bằng kỹ thuật số với việc ứng dụng các hệ vi xử lý. Tuy nhiên, xung phát ra của IC tổ hợp hoặc vi xử lý thường phải có thêm khâu khuếch đại và truyền xung. Trong nội dung chương này chỉ nghiên cứu thiết kế sơ đồ mạch phát xung điều khiển bộ chỉnh lưu dùng các phần tử bán dẫn cơ bản và khuếch đại thuật toán.

### 3.2.2. THIẾT KẾ SƠ ĐỒ NGUYÊN LÝ MẠCH ĐIỀU KHIỂN BỘ CHỈNH LƯU

#### 3.2.2.1. Lựa chọn phương pháp phát xung điều khiển

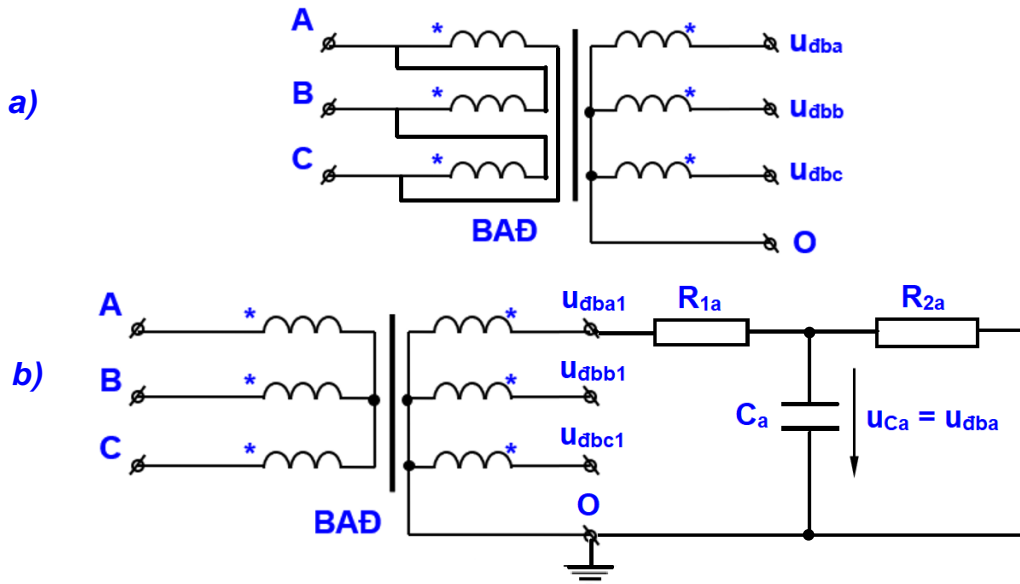
Các mạch phát xung điều khiển các van chỉnh lưu được xây dựng dựa trên một số nguyên tắc khác nhau và được triển khai bởi nhiều loại linh kiện khác nhau. Mục đích của học phần là giúp người học nắm sâu sắc về mạch phát xung điều khiển các thyristor trong sơ đồ chỉnh lưu và thiết kế được mạch phát xung phù hợp nhất vừa đảm bảo tính phổ biến đồng thời đảm bảo tính hiện đại nên phần này sẽ lựa chọn mạch phát xung dùng các phần tử bán dẫn rời rạc và khuếch đại thuật toán. Trong ba nguyên tắc cơ bản để thiết kế mạch phát xung điều khiển các thyristor trong sơ đồ chỉnh lưu đã được giới thiệu đầy đủ trong học phần Điện tử công suất thì nguyên tắc phát xung theo pha đứng được sử dụng rộng rãi nhất và nó là cơ sở để thiết kế các mạch phát xung bằng vi mạch tổ hợp, bằng linh kiện số hoặc bằng hệ vi xử lý; một số mạch cơ bản dùng trong loại mạch phát xung này như mạch sửa xung, mạch khuếch đại và truyền xung cũng có thể sử dụng cho mạch phát xung bằng các nguyên tắc khác. Vì vậy, chúng ta sẽ lựa chọn mạch phát xung theo nguyên tắc không chế pha đứng để thiết kế mạch phát xung điều khiển các thyristor trong bộ chỉnh lưu.

#### 3.2.2.2. Thiết kế các khâu của mạch phát xung

Như đã biết, một kênh phát xung theo nguyên tắc không chế pha đứng đầy đủ thường có các phần mạch cơ bản: Đồng bộ hóa, tạo điện áp răng cưa, so sánh, sửa xung, phân chia xung (nếu cần), khuếch đại và truyền xung. Để thiết kế trọn vẹn một kênh phát xung điều khiển một van (hệ thống nhiều kênh), hai hoặc nhiều van (hệ thống một kênh hoặc hệ thống ghép) ta sẽ tiến hành thiết kế từng phần mạch. Tạm thời sẽ chỉ thiết kế mạch phát xung cho hệ thống điều khiển nhiều kênh, các trường hợp khác người học tự tìm hiểu thêm.

##### *a. Mạch đồng bộ hóa*

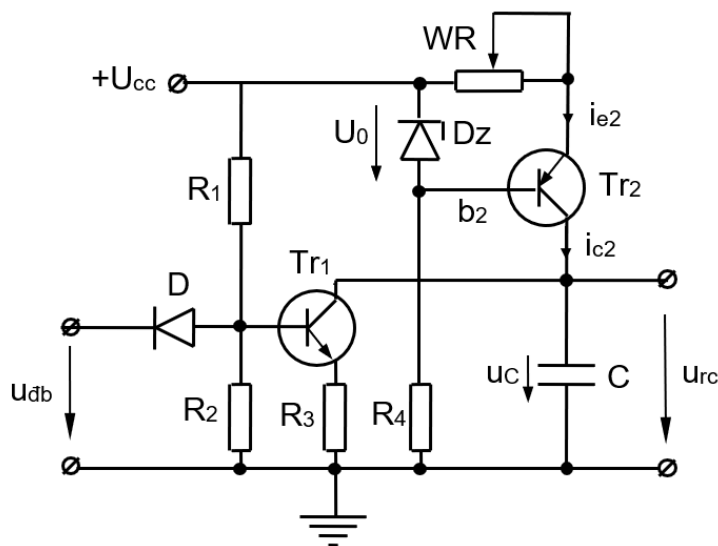
Mạch đồng bộ hóa có thể sử dụng mạch phân áp hoặc máy biến áp, phổ biến nhất là máy biến áp. Trong một số trường hợp điện áp đồng bộ cần lệch pha so với điện áp cấp cho mạch anôt - katôt các thyristor một góc pha nào đó ( $30^0$  đối với chỉnh lưu hình tia và hình cầu ba pha), để thực hiện có thể sử dụng tổ nối dây máy biến áp cho phù hợp (hình 3.3a) hoặc sử dụng mạch dịch pha bằng các phần tử thụ động như mạch dùng điện trở và tụ điện (hình 3.3b).



**Hình 3.3.** Mạch đồng bộ hóa ba pha và các hình thức dịch pha tín hiệu đồng bộ

**b. Mạch tạo điện áp răng cưa**

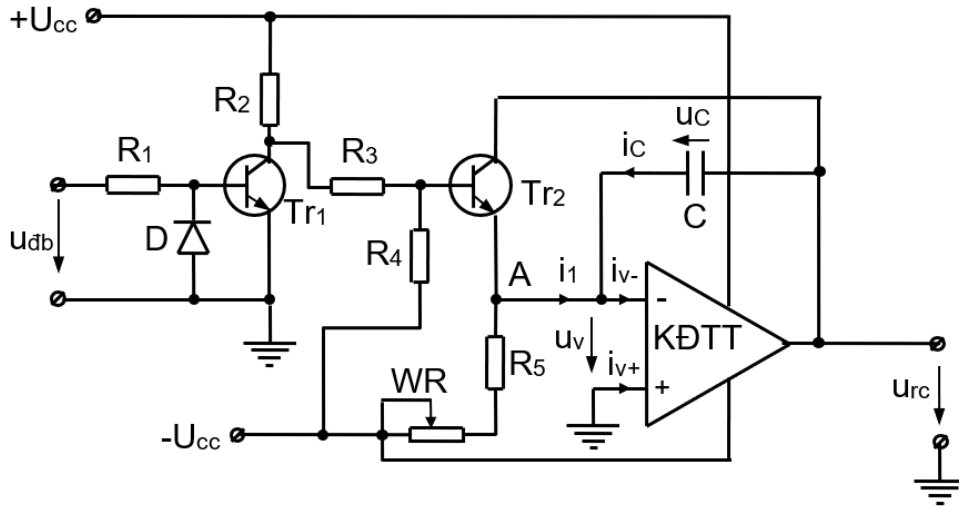
Có rất nhiều dạng mạch tạo điện áp răng cưa khác nhau đã và đang được sử dụng. Nguyên lý chung là dựa vào quá trình phóng và nạp của tụ điện để có điện áp dạng hình răng cưa, sườn xung điện áp răng cưa được sử dụng để định ra thời điểm xuất hiện xung điều khiển cần có độ tuyến tính cao và thường là giai đoạn nạp điện của tụ với việc điều khiển dòng nạp không đổi. Có hai dạng sơ đồ mạch tạo điện áp răng cưa phổ biến là sơ đồ sử dụng các transistor (hình 3.4) và sơ đồ sử dụng kết hợp cả transistor và khuếch đại thuật toán (hình 3.5).



**Hình 3.4.** Mạch tạo điện áp răng cưa ổn định dòng nạp tụ nhờ transistor

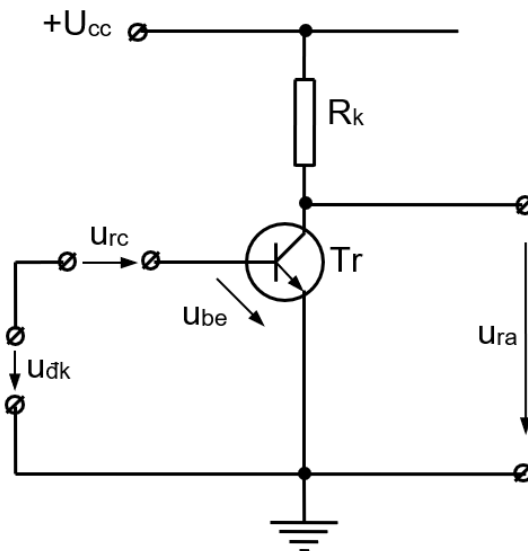
Trong sơ đồ hình 3.4, tụ C bắt đầu quá trình nạp điện ở thời điểm đầu nửa chu kỳ âm của  $u_{db}$ , bắt đầu phóng qua  $Tr_1$  tại thời điểm đầu nửa chu kỳ dương của  $u_{db}$ . Còn đối với sơ đồ hình 3.5, tụ bắt đầu nạp điện ở thời điểm đầu nửa chu kỳ dương của  $u_{db}$ , bắt đầu phóng qua  $Tr_2$  tại thời điểm đầu nửa chu kỳ âm của  $u_{db}$ . Do điện áp răng cưa đầu ra sơ đồ hình 3.4 lấy trực tiếp trên tụ nên dòng đầu ra (dòng vào mạch so sánh) ảnh hưởng nhiều đến quá trình nạp tụ nên dung lượng tụ thường chọn khá lớn (thường trên  $10\mu F$ ) để đảm bảo dòng nạp tụ lớn hơn 10 lần dòng đầu ra

của sơ đồ. Với sơ đồ hình 3.5, điện áp rỗng của là điện áp ra của KĐT, về lý thuyết gần như dòng đầu ra không ảnh hưởng đến quá trình nạp của tụ (lý tưởng thì KĐT có tổng trở ra bằng không) nên tụ thường chọn có dung lượng nhỏ (thường cỡ 220nF) nên thường dùng tụ xoay chiều có độ ổn định giá trị cao. Do sự phát triển rất nhanh của công nghệ chế tạo mạch vi điện tử nên giá thành các KĐT hiện nay rất thấp nên xu hướng là chọn mạch tạo điện áp rỗng của sử dụng KĐT để ổn định dòng nạp tụ sẽ cho chất lượng điện áp rỗng của cao hơn, độ ổn định làm việc tốt hơn.



**Hình 3.5.** Mạch tạo điện áp rỗng của ổn định dòng nạp tụ bằng KĐT

**c. Mạch so sánh**

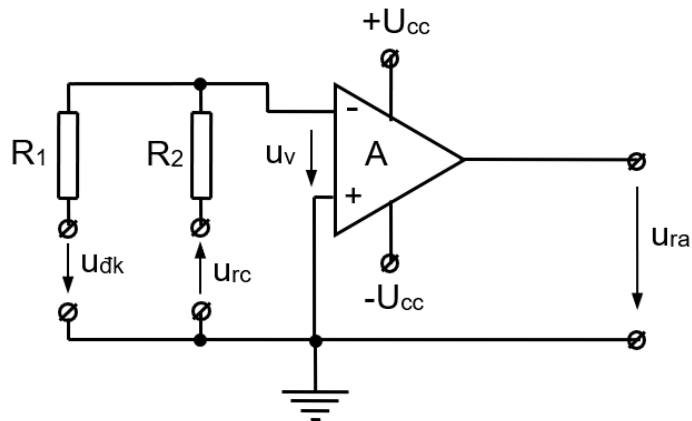


**Hình 3.6.** Mạch so sánh dùng transistor tổng hợp tín hiệu nối tiếp

Các mạch so sánh dùng linh kiện rời rạc thường hay sử dụng hai loại linh kiện đó là transistor và KĐT. Các tín hiệu vào của mạch có thể mắc nối tiếp (tổng hợp nối tiếp) hoặc mắc song song qua các điện trở (tổng hợp song song). Khi phân tử dùng làm khâu so sánh có hệ số khuếch đại nhỏ thì nên tổng hợp nối tiếp vì có độ chính xác thời điểm xuất hiện xung so với lý thuyết cao hơn; còn khi phân tử dùng làm khâu so sánh có hệ số khuếch đại lớn hoặc cực lớn (ví dụ là KĐT) thì nên tổng hợp song song vì có độ chống nhiễu cao hơn, đồng thời có thể đưa

thêm một số tín hiệu khác (khi cần) một cách dễ dàng. Trên hình 3.6 là mạch so sánh dùng transistor tổng hợp tín hiệu nối tiếp, còn hình 3.7 là mạch so sánh dùng KĐT tổng hợp tín hiệu song song.

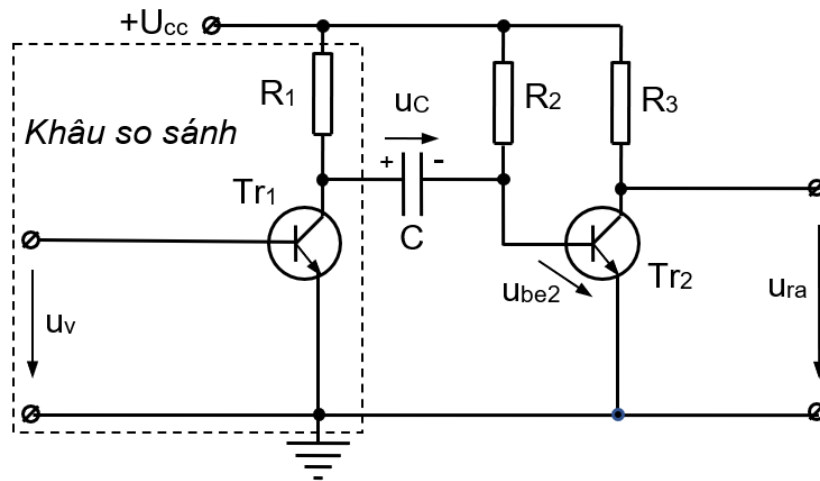
Trên cả hai sơ đồ mạch so sánh, mũi tên biểu diễn chiều các tín hiệu  $u_{đk}$  và  $u_{rc}$  được chọn trùng với chiều thực của các tín hiệu và cả hai đều không âm. Như vậy điện áp trên đầu vào của sơ đồ hình 3.6 là  $u_{be} = u_{đk} - u_{rc}$ , còn với hình 3.7 là  $u_v = u_{đk} - u_{rc}$ . Cả hai mạch so sánh này đều cho xung điện áp đầu ra dương (thời điểm xuất hiện xung là thời điểm điện áp ra bắt đầu chuyển lên dương (với sơ đồ hình 3.6), hoặc chuyển từ âm sang dương (với sơ đồ hình 3.7)). Trong thực tế, có nhiều trường hợp cần xung ra mạch so sánh là xung âm, khi đó cần thay đổi loại transistor của mạch so sánh và thay đổi cực tính của các tín hiệu vào (lưu ý: cũng có trường hợp chọn thời điểm xuất hiện xung ra là thời điểm điện áp đầu ra chuyển từ dương hoặc âm về bằng không để phối hợp với mạch phía sau mạch so sánh). Mặt khác, với trường hợp tổng hợp song song, các tín hiệu được quy ước là điện áp giữa đầu không nối mát so với điểm mát chung nên khi đó giá trị của tín hiệu có thể âm và cũng có thể dương (thường hai điện áp  $u_{đk}$  và  $u_{rc}$  ngược dấu nhau).



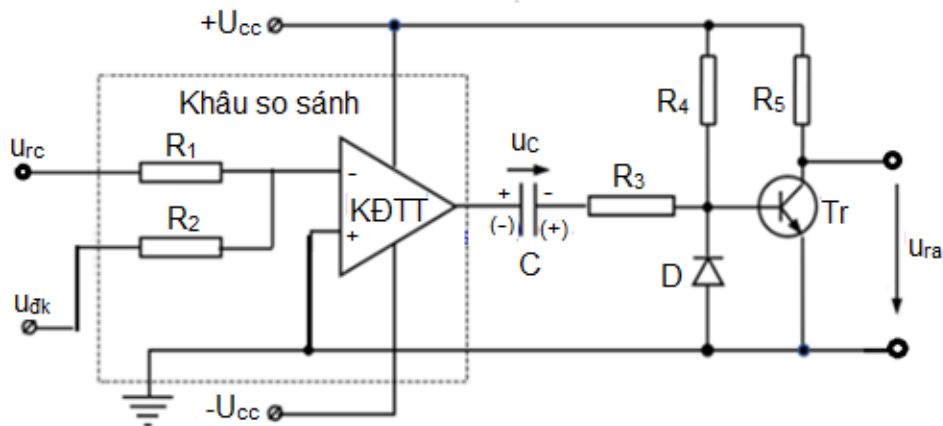
Hình 3.7. Mạch so sánh dùng KĐT tổng hợp tín hiệu song song

#### d. Mạch sửa xung

Để độ dài xung vào mạch khuếch đại xung phù hợp với khả năng của máy biến áp xung, giảm nhẹ điều kiện làm việc cho các transistor của mạch khuếch đại xung và giảm tổn hao công suất trong mạch điều khiển, đồng thời đảm bảo độ dài xung cần thiết theo yêu cầu về mở tin cậy van chỉnh lưu, giữa mạch so sánh và mạch khuếch đại xung thường bố trí một mạch thay đổi lại độ dài của xung đầu ra mạch so sánh và thường gọi là mạch sửa xung. Mạch sửa xung có nhiệm vụ đảm bảo thời điểm xuất hiện xung đầu ra của nó trùng với thời điểm xuất hiện xung ra của mạch so sánh và độ dài xung ra cố định theo giá trị tính trước không phụ thuộc độ dài xung ra mạch so sánh. Như vậy nếu xung ra mạch so sánh dài hơn yêu cầu thì cần rút ngắn lại, còn ngược lại thì phải tăng độ dài lên. Trong thực tế, với các sơ đồ tạo điện áp răng cưa, so sánh như đã nêu thì độ dài xung ra mạch sửa xung thường lớn hơn độ dài xung yêu cầu (khoảng 3,6 đến 10,8 độ điện khi tần số nguồn là 50 Hz) nên các mạch sửa xung thường chỉ thực hiện là rút ngắn độ dài của xung. Có một số sơ đồ mạch sửa xung khác nhau thường được sử dụng trong mạch phát xung điều khiển bộ chỉnh lưu, ở đây đưa ra hai sơ đồ đặc trưng ứng với hai trường hợp mạch so sánh dùng transistor (hình 3.8) và dùng KĐT (hình 3.9).



**Hình 3.8.** Sơ đồ mạch sửa xung khi mạch so sánh dùng transistor



**Hình 3.9.** Sơ đồ mạch sửa xung khi mạch so sánh dùng KĐTT

### e. Mạch phân chia xung

Mạch phân chia xung chỉ có trong trường hợp dùng một khâu đồng bộ hóa và tạo điện áp răng cưa, một mạch so sánh, một mạch sửa xung chung để phát xung cho hai hoặc nhiều van, khi đó trên đầu ra mạch sửa xung ta có hai hoặc nhiều xung cách đều nhau trong một chu kỳ nguồn. Các xung đầu ra mạch sửa xung phải được tách ra hai hoặc nhiều đường xung riêng, mỗi đường xung trong một chu kỳ nguồn chỉ có một xung tương ứng với góc điều khiển đã tính toán. Để oặc thực hiện nhiệm vụ trên người ta thường sử dụng các phần tử logic thường là các mạch AND hoặc NAND, một số trường hợp sử dụng các mạch chốt. Ở đây ta đang thiết kế hệ thống điều khiển nhiều kênh, mỗi kênh phát xung điều khiển một thyristor nên không cần mạch phân chia xung, vì vậy sẽ không thiết kế mạch phân chia xung.

### f. Mạch khuếch đại và truyền xung

Như đã phân tích trong chương 1, để khuếch đại công suất xung thường sử dụng một tầng khuếch đại bằng transistor mắc theo sơ đồ cực phát chung. Để đạt được độ chính xác cao của thời điểm xuất hiện xung so với lý thuyết, mạch so sánh và mạch sửa xung thường được tính toán làm việc với dòng điện đầu ra nhỏ. Do đó, khâu khuếch đại xung thường cần hệ số khuếch đại lớn, nếu dùng một tầng khuếch đại thì cần có transistor có hệ số khuếch đại dòng điện lớn (có



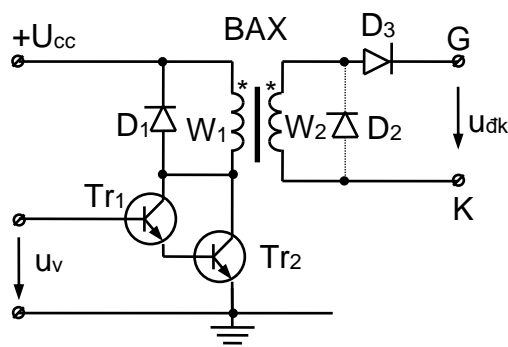
thể đến hàng nghìn lần hoặc hơn) và rất khó chọn transistor, còn nếu dùng nhiều tầng khuếch đại thì mạch lại cồng kềnh. Biện pháp hữu hiệu nhất là vẫn dùng một tầng khuếch đại nhưng dùng hai transistor mắc nối tiếp (còn gọi là mắc Darlington) với transistor phía trước có dòng cực góp và công suất nhỏ nhưng hệ số khuếch đại lớn còn transistor phía sau thì có dòng cực góp và công suất lớn hơn nhưng hệ số khuếch đại thường nhỏ hơn. Hai transistor mắc nối tiếp (hình 3.8) sẽ tương đương như một transistor có hệ số khuếch đại dòng điện xấp xỉ bằng tích hệ số khuếch đại dòng của hai transistor, nhờ đó việc chọn transistor cho mạch khuếch đại xung rất dễ dàng.

Việc truyền xung từ mạch phát xung đến cực điều khiển và katốt của thyristor có thể: truyền xung trực tiếp, sử dụng máy biến áp xung, sử dụng thiết bị cách ly bằng phần tử quang bán dẫn. Máy biến áp xung tuy có nhược điểm là kích thước hơi cồng kềnh nhưng lại có nhiều ưu điểm:

- Mạch điện khá đơn giản;
- Đảm bảo sự cách ly về điện giữa mạch lực của bộ chỉnh lưu với mạch phát xung điều khiển, nên tăng độ an toàn, đơn giản hóa cho phần nguồn một chiều cung cấp cho mạch phát xung;
- Thuận lợi cho việc cấp xung điều khiển đồng thời cho nhiều van mắc nối tiếp hoặc song song (khi cần);
- Có thể dùng máy biến áp xung để gửi xung khi thiết kế mạch điều khiển cho sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha;
- Dễ dàng phối hợp giữa điện áp điều khiển yêu cầu của thyristor và nguồn một chiều cấp cho mạch phát xung (chọn tỷ số biến áp xung phù hợp).

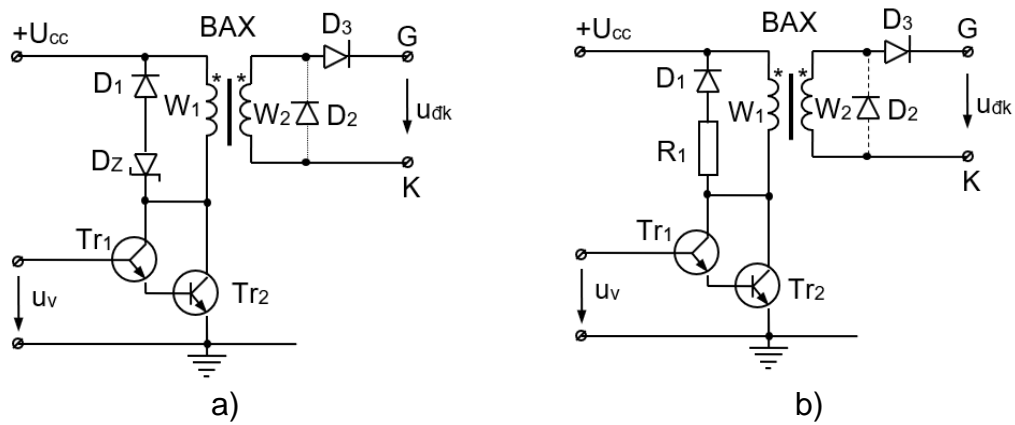
Xuất phát từ phân tích trên, ở đây ta ưu tiên chọn máy biến áp xung.

Sơ đồ nguyên lý mạch khuếch đại xung dùng hai transistor mắc nối tiếp với máy biến áp xung (BAX) đầu ra được biểu diễn trên hình 3.10.

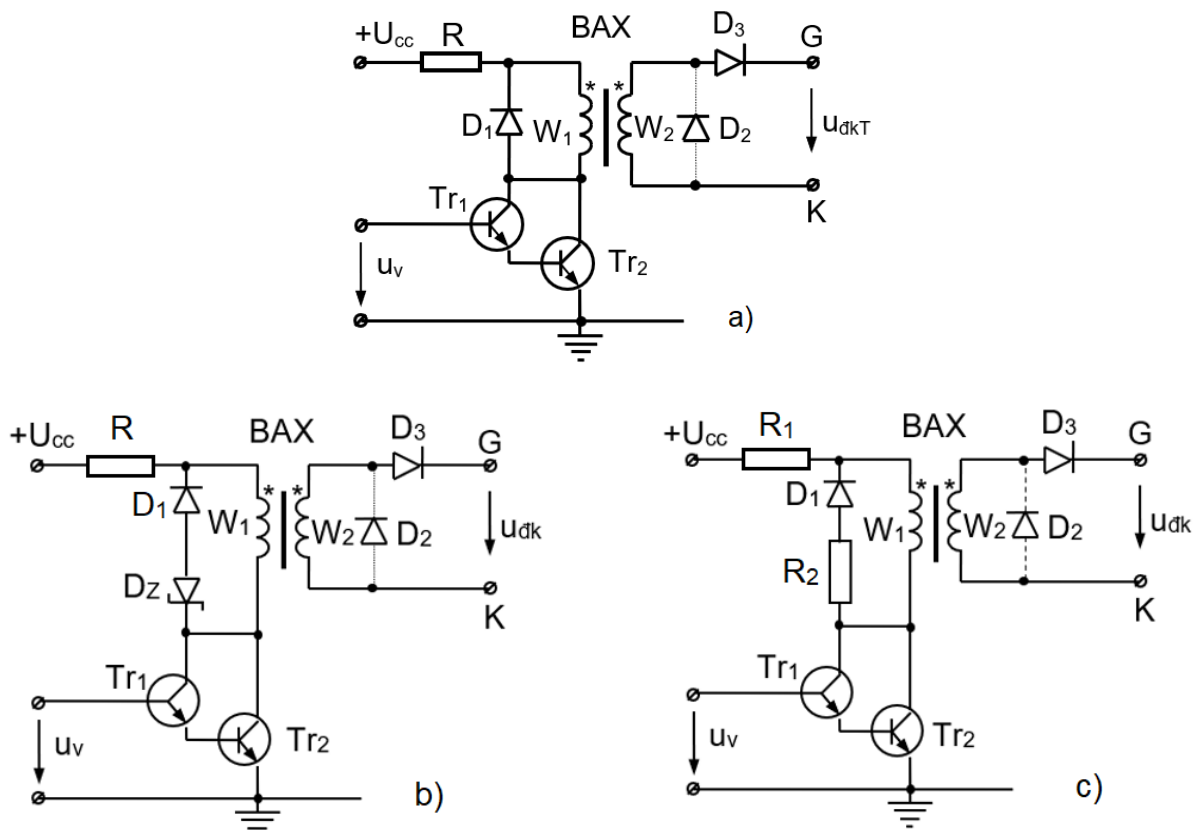


**Hình 3.10.** Sơ đồ tầng khuếch đại xung dùng hai transistor mắc nối tiếp, truyền xung qua BAX

Lưu ý: Trong một số trường hợp, khi cần truyền các xung với tần số khá cao (có thể đến 6 KHz như khi sử dụng mạch phát xung chùm) thì cần phải làm cho quá trình giải phóng năng lượng từ trường trong BAX khi khóa các transistor diễn ra rất nhanh, khi đó người ta thường nối tiếp thêm với D1 một diode ổn áp hoặc một điện trở như sơ đồ hình 3.11.



**Hình 3.11.** Mạch khuếch đại và truyền xung có phần tử dập nhanh năng lượng từ trường máy biến áp xung khi các transistor khóa: a) Dùng điện diode ổn áp; b) Dùng điện trở



**Hình 3.12.** Mạch khuếch đại và truyền xung có điện trở hạn chế khi giá trị nguồn cung cấp lớn hơn yêu cầu

Diode  $D_2$  trong các sơ đồ có thể có hoặc không, trường hợp không dùng  $D_1$  thì cần có  $D_2$ .

Về mặt lý thuyết, tỉ số máy biến áp xung có thể lựa chọn tùy ý, phụ thuộc vào giá trị nguồn cung cấp một chiều và biên độ xung điều khiển yêu cầu của thyristor, tuy nhiên thực tế cho thấy tỉ số biến áp xung nên chọn trong khoảng từ 2 đến 3. Mặt khác, để các mạch phía trước khâu khuếch đại xung làm việc ổn định, nguồn cung cấp thường nhỏ hơn nằm trong khoảng  $(12 \div 15)V$ , trong khi đó, với các thyristor mới hiện nay, biên độ điện áp điều khiển thường  $(1,5 \div 3)V$ , vì vậy để sử dụng chung nguồn cung cấp thường nên thêm một điện trở với cuộn sơ cấp máy biến áp xung như sơ đồ hình 3.12. Giá trị điện trở hạn chế được tính chọn sao cho biên độ điện áp xung đảm bảo giá trị yêu cầu.

### 3.2.2.3. Thiết kế kênh phát xung đầy đủ

Để có mạch điện đầy đủ của một kênh phát xung điều khiển một thyristor ta tiến hành lựa chọn các khâu đã đưa ra trong tiểu mục 3.2.2.2. Từ các các phần mạch được lựa chọn sẽ liên kết thành một kênh phát xung hoàn chỉnh.

#### a. Lựa chọn các mạch của một kênh phát xung

- *Mạch đồng bộ hóa:*

Chọn máy biến áp đồng bộ với việc dịch pha tín hiệu đồng bộ (nếu cần) bằng mạch R và C (do mạch dịch pha này có khả năng dập được các xung nhiễu xuất hiện trên lưới điện do các thiết bị khác nhau và bản thân sự làm việc của sơ đồ chỉnh lưu gây nên).

- *Mạch tạo điện áp răng cưa:*

Chọn mạch sử dụng khuếch đại thuật toán để ổn định dòng nạp tụ (vì giá thành khuếch đại thuật toán cũng không lớn hơn nhiều so với transistor, tổng trở ra của mạch nhỏ nên dòng vào mạch so sánh gần như không ảnh hưởng đến dạng điện áp đầu ra trong khi điện dung của tụ có thể nhỏ hơn nhiều so với sơ đồ ổn định dòng nạp tụ bằng transistor).

- *Chọn mạch so sánh và sửa xung:*

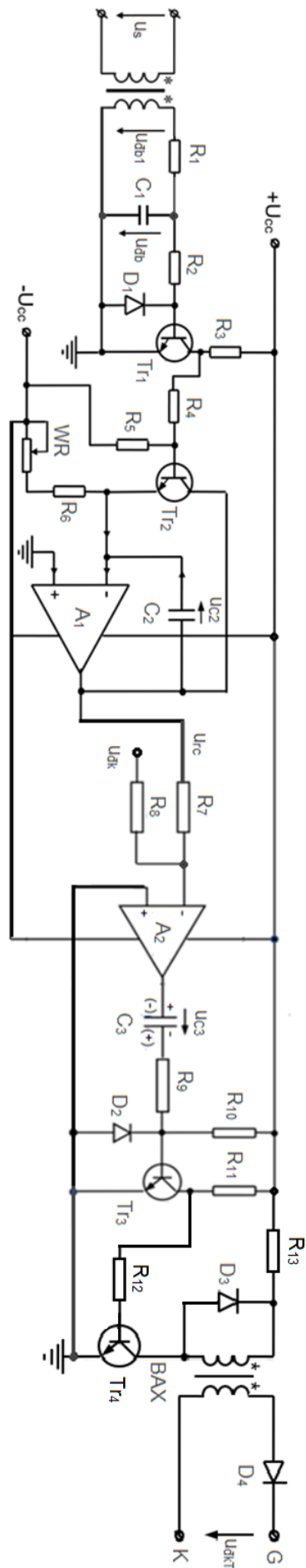
Như đã nêu, mạch sửa xung thường phối hợp chặt chẽ với mạch so sánh. Để đảm bảo độ chính xác cao của thời điểm xuất hiện xung so với tính toán, đồng thời dễ dàng thêm tín hiệu vào khi cần (chọn góc điều khiển ban đầu - góc điều khiển khi tín hiệu điều khiển bằng không), chọn sơ đồ so sánh dùng khuếch đại thuật toán với việc tổng hợp tín hiệu song song. Mạch sửa xung dùng mạch R-C và một transistor (chọn sơ đồ hình 3.9).

- *Chọn mạch khuếch đại và truyền xung:*

Như đã phân tích, việc truyền xung qua máy biến áp xung vẫn là dạng phổ biến nhất hiện nay, công suất xung điều khiển yêu cầu đối với các thyristor loại mới thường nhỏ nên việc khuếch đại xung chỉ dùng một tầng khuếch đại bằng một transistor hoặc hai transistor mắc nối tiếp. Với thyristor đã lựa chọn trong ví dụ 4 ở chương 2 có yêu cầu về công suất xung điều khiển rất nhỏ (cả điện áp và dòng điện điều khiển yêu cầu đều rất nhỏ), ở đây ta chọn sử dụng một tầng khuếch đại bằng một transistor kết hợp với máy biến áp xung đầu ra. Mặt khác để phối hợp giữa mạch sửa xung với mạch khuếch đại xung, tạo điều kiện cho việc lựa chọn tham số mạch sửa xung thuận lợi và độc lập với yêu cầu của tầng khuếch đại xung, ta bố trí thêm một điện trở ( $R_{12}$ ) trong mạch cực gốc của transistor khuếch đại xung. Cũng do yêu cầu về biên độ điện áp điều khiển thyristor rất nhỏ, trong khi nguồn cung cấp một chiều cho mạch không được chọn quá nhỏ và tỉ số máy biến áp xung cũng không nên quá lớn, nên cần bố trí thêm một điện trở ( $R_{13}$ ) nối tiếp với cuộn sơ cấp biến áp xung để hạn chế biên độ điện áp trên cuộn sơ cấp BAX.

#### b. Sơ đồ nguyên lý một kênh phát xung hoàn chỉnh

Tiểu mục trên đã phân tích và lựa chọn từng phần mạch, kết hợp tất cả các phần mạch đã lựa chọn sẽ được một kênh phát xung điều khiển như hình 3.13. Với sơ đồ chỉnh lưu nhiều pha, nhiều van, về nguyên tắc sẽ có nhiều kênh phát xung tương tự như hình 3.13, các kênh chỉ khác nhau góc pha tín hiệu đồng bộ.



Hình 3.13. Sơ đồ nguyên lý một kênh phát xung

### 3.2.3. TÍNH CHỌN CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH PHÁT XUNG

Việc tính chọn tham số các phần tử trong sơ đồ mạch phát xung điều khiển bộ chỉnh lưu xuất phát từ yêu cầu về dòng và áp cần thiết đặt vào cực điều khiển của thyristor để đảm bảo thyristor mở với mọi điện áp thuận. Trước tiên cần chọn giá trị điện áp nguồn nuôi của mạch phát xung. Trình tự tính chọn các phần tử sẽ là: Máy biến áp xung, tầng khuếch đại xung, mạch sửa xung, mạch so sánh, mạch đồng bộ hóa và tạo điện áp răng cưa.

#### 3.2.3.1. Chọn nguồn một chiều cung cấp cho mạch phát xung

Với sơ đồ mạch phát xung đã thiết kế như hình 3.13, nguồn một chiều cung cấp được sử dụng cho tất cả các khâu của kênh phát xung và chung cho tất cả các kênh phát xung. Với sơ đồ có sử dụng các KĐTT, nguồn được chọn thường là loại nguồn kép được ổn định tốt, để thuận lợi cho thiết kế phần nguồn và dễ dàng trong thay thế, ta chọn giá trị điện áp nguồn tương ứng với một trong các giá chuẩn mà các hãng sản xuất linh kiện bán dẫn đã đưa ra. Phụ thuộc vào dòng điện điều khiển của các thyristor chọn nguồn cho hợp lý.

#### 3.2.3.2. Tính chọn máy biến áp xung

Các thông số chủ yếu về xung điều khiển thyristor dùng để tính toán máy biến áp xung:

- Điện áp điều khiển:  $U_{dk}$ , [V];
- Dòng điều khiển:  $I_{dk}$ , [A];
- Độ dài xung:  $t_x$ , [s];
- Điện áp nguồn nuôi một chiều  $U_{cc}$ ;

Mạch từ có thể chọn dạng E, I hoặc hình xuyên. Thông thường mạch từ máy biến áp xung có thể dùng thép kỹ thuật điện (loại thường dùng là  $\text{E330}$ ) hoặc ferrite làm việc trên một phần của đặc tính từ hóa, ta chọn  $\Delta B = (0,35 \div 0,7)$  T và  $\Delta H = 50$  A/m.

##### a. Xác định kích thước mạch từ

- Hệ số từ thẩm tương đối  $\mu_r$  của lõi từ:

$$\mu_r = \frac{\Delta B}{\mu_0 \cdot \Delta H} \quad (3.14)$$

Với  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  là hệ số từ thẩm chân không.

- Hệ số từ thẩm tương đối trung bình  $\mu_{tb}$ :

+ Với lõi từ không có khe hở,  $\mu_{tb} = \mu_r$ ; (3.15a)

+ Với lõi từ có khe hở: 
$$\mu_{tb} = \frac{l_{ds}}{l_{kh} + \frac{l_{ds}}{\mu_r}} \quad (3.15b)$$

Trong đó:  $l_{ds}$  là chiều dài trung bình của đường sức từ;  $l_{kh}$  là chiều dài khe hở không khí.

- Thể tích lõi sắt từ:

$$V = Q \cdot l_{ds} = \frac{\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot U \cdot I_1}{\Delta B^2} \quad (3.16)$$

Trong đó  $U$  là điện đặt vào cuộn sơ cấp biến áp xung khi máy biến áp xung chưa bão hòa và cũng chính là điện áp điều khiển quy đổi về sơ cấp biến áp xung, [V];  $I_1$  là dòng điều khiển thyristor quy đổi về cuộn sơ cấp, [A].

Từ giá trị tính được của  $V$ , tra bảng để chọn một loại mạch từ có thể tích tương đương (bằng hoặc lớn hơn) sẽ xác định được kích thước cơ bản, đặc biệt là  $Q$ .

### **b. Xác định dây quấn máy biến áp xung**

- Số vòng dây quấn cuộn sơ cấp:

$$W_1 = \frac{U \cdot t_x}{\Delta B \cdot Q \cdot k} \quad (3.17)$$

Trong đó:  $k$  là hệ số lấp đầy, thường chọn  $k = 0,76$ .

- Số vòng dây quấn cuộn thứ cấp:

$$W_2 = \frac{W_1}{k_{bax}} = \frac{U_{dk}}{U} W_1 \quad (3.18)$$

Trong đó:  $k_{bax}$  là tỉ số máy biến áp xung,  $k_{bax} = W_1/W_2 = U/U_{dk}$ .

- Kích thước dây quấn máy biến áp xung (khi chọn dây quấn là dây đồng tròn):

+ Đường kính dây quấn sơ cấp:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{I_1}{J_1}} \quad (\text{mm}) \quad (3.19)$$

+ Đường kính dây quấn thứ cấp:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{I_{dk}}{J_2}} \quad (\text{mm}) \quad (3.20)$$

Trong đó:  $I_{dk}$  là giá trị dòng điều khiển thyristor (chọn), [A];  $I_1$  là giá trị dòng điều khiển thyristor quy đổi về phía sơ cấp máy biến áp xung, [A];  $J_1$  và  $J_2$  là mật độ dòng điện cuộn dây sơ và cuộn dây thứ cấp máy biến áp xung, [A/mm<sup>2</sup>].

### **3.2.3.3. Tính chọn tầng khuếch đại công suất xung**

#### **a. Chọn các transistor**

Thông thường để đảm bảo mạch so sánh và sửa xung có độ chính xác cao, cần chọn dòng ra của các mạch này càng nhỏ càng tốt. Do vậy để có công suất xung đủ yêu cầu điều khiển thyristor thì tầng khuếch đại cuối cùng của mạch điều khiển thường cần có hệ số khuếch đại lớn, trong trường hợp cần hệ số khuếch đại dòng lớn hơn hàng trăm lần thường dùng hai transistor mắc nối tiếp, còn khi hệ số khuếch đại không cần lớn thì dùng một transistor. Khi dùng hai transistor mắc nối tiếp (mắc Darlington) thì hệ số khuếch đại dòng tương đương là:  $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$  ( $\beta_1$  và  $\beta_2$  lần lượt là hệ số khuếch đại dòng điện theo sơ đồ cực phát chung của transistor phía trước và phía sau), thường chọn  $\beta_1 > \beta_2$ .

- Về dòng điện:

+ Với transistor cuối cùng:  $[I_c] \geq k_i \cdot I_1$ ;

+ Với transistor phía trước:  $[I_c] \geq k_i \cdot I_1 / \beta_2$ .

Ở đây:  $k_i$  là hệ số dự trữ về dòng điện,  $k_i \geq 2$ ;

- Về điện áp: Cả hai transistor đều chọn  $[U_c] \geq k_u \cdot U_{cc}$ ;

Trong đó:  $k_u$  là hệ số dự trữ về điện áp,  $k_u \geq 1,6$ ;  $U_{cc}$  là điện áp nguồn một chiều cung cấp.

### ***b. Chọn điện trở hạn chế điện áp trên cuộn sơ cấp khi mở transistor***

Trong một số trường hợp, khi giá trị điện áp điều khiển yêu cầu của thyristor nhỏ, với việc chọn tỉ số máy biến áp xung  $k_{bax} \leq 3$ , khi đó điện áp cần thiết đặt vào cuộn dây sơ cấp máy biến áp xung (U) nhỏ hơn giá trị điện áp cung cấp một chiều cho sơ đồ ( $U_{cc}$ ) nên cần có điện trở hạn chế phía nguồn nối vào cuộn sơ cấp, giá trị điện trở được tính chọn như sau:

$$R_{hc} = (U_{cc} - U_{CEsat} - U) / I_1 \quad (3.21)$$

Trong đó:  $U_{CEsat}$  là điện áp giữa cực góp và cực phát khi transistor mở bão hòa.

### ***c. Chọn diode ổn áp đập xung âm***

Để nhanh chóng đưa máy biến áp về trạng thái đầu (không từ hóa) khi khóa transistor tầng khuếch đại xung đồng thời đảm bảo xung điện áp âm trên các cuộn dây máy biến áp không vượt quá giá trị làm hỏng các transistor khuếch đại, trong sơ đồ thường sử dụng một diode ổn áp mắc nối tiếp với một diode thường (xem hình 3.9a), giá trị ổn định của diode ổn áp thường chọn:

$$U_{DZ} \leq U \quad (3.22)$$

Chú ý: Việc sử dụng diode ổn áp thường chỉ dùng khi tần số xung ra rất lớn, ví dụ như trường hợp sử dụng mạch phát xung chùm điều khiển các thyristor của bộ biến đổi xoay chiều - xoay chiều.

## **3.2.3.4. Tính chọn mạch sửa xung**

### ***a. Tính chọn transistor của mạch sửa xung***

Transistor mạch sửa xung được chọn dựa vào điện áp và dòng điện cực góp. Giá trị dòng cực góp của transistor mạch sửa xung thường bằng dòng cực gốc của nhóm transistor làm nhiệm vụ khuếch đại xung nhân với một hệ số dự trữ  $k_{dt} = 1,1 \div 1,2$ .

- Về dòng điện:  $[I_c] \geq k_{dt} \cdot k_i \cdot I_1 / \beta_1 \cdot \beta_2$ .

- Về điện áp:  $[U_c] \geq k_u \cdot U_{cc}$ .

Trong đó:  $k_i, k_u$  là hệ số dự trữ về dòng điện và điện áp của transistor, thường cỡ 1,5 đến 2 lần hoặc lớn hơn.

Điện trở cực góp của transistor mạch sửa xung chọn theo điều kiện dòng cực gốc nhóm transistor làm nhiệm vụ khuếch đại xung với một hệ số dự trữ  $k_{dt}$  đã nêu.

### ***b. Tính chọn điện trở và điện dung của mạch sửa xung***

Điện trở và điện dung của mạch sửa xung được tính chọn dựa vào độ dài xung cần có  $t_x$ . Trong thực tế thường sử dụng hai loại mạch sửa xung như đã nêu trên các sơ đồ hình 3.8 và 3.9.

- Với mạch sửa xung trên hình 3.8, quan hệ giữa điện dung C, điện trở R của mạch sửa xung với  $t_x$  được biểu diễn bằng biểu thức:

$$t_x = \tau \cdot \ln 2 = R \cdot C \cdot \ln 2 \quad (3.23)$$

- Với mạch sửa xung trên hình 3.9, quan hệ giữa điện dung C, điện trở R của mạch sửa xung với  $t_x$  được biểu diễn bằng biểu thức:

$$t_x = \tau \ln \frac{2}{\lambda} = RC \ln \frac{2}{\lambda} \quad (3.24)$$

Trong đó: Với biểu thức (3.23) R là giá trị của  $R_2$  trong hình 3.8; với biểu thức (3.24), R là giá trị của  $R_3$ , còn  $\lambda = R_3/R_4$  trong hình 3.9.

Thông thường sẽ lựa chọn điện dung C trước, dựa theo (3.23) hoặc (3.24) để tính R. Giá trị của tụ điện C với sơ đồ hình 3.9 thường chọn trong khoảng từ 22 nF đến 33 nF. Thời gian tồn tại xung  $t_x$  có thể chọn trong khoảng từ 200  $\mu$ s đến 600  $\mu$ s.

### 3.2.3.5. Tính chọn mạch so sánh

Việc lựa chọn transistor và KĐTT của khâu so sánh không cần phải tính toán, cân nhắc nhiều. Với sơ đồ dùng transistor, lựa chọn transistor có dòng áp tương đương như mạch sửa xung nhưng có hệ số khuếch đại dòng điện càng lớn càng tốt. Với khâu so sánh dùng KĐTT thì chọn một KĐTT loại thông dụng để tiện cho việc thay thế nếu cần. Trong trường hợp sử dụng KĐTT làm khâu so sánh và thực hiện tổng hợp tín hiệu song song thì điện trở nối tiếp với các tín hiệu có thể lựa chọn trong khoảng từ 2,7 K $\Omega$  đến hàng trăm K $\Omega$ , thường dựa vào nội trở của các nguồn tín hiệu để chọn, đặc biệt là tín hiệu  $u_{đk}$ .

### 3.2.3.6. Tính chọn mạch tạo điện áp răng cưa

Mạch tạo điện áp răng cưa đã từng có nhiều sơ đồ khác nhau được sử dụng, nhưng với sự phát triển của kỹ thuật thì hiện nay chỉ sử dụng các sơ đồ có ổn định dòng nạp cho tụ để đảm bảo tính tuyến tính của sườn xung răng cưa được sử dụng. Sơ đồ chi tiết mạch tạo điện áp răng cưa có thể có nhiều nhưng cơ bản đều dựa trên hai loại mạch là ổn định dòng nạp tụ dùng transistor và ổn định dòng nạp tụ dùng khuếch đại thuật toán. Hai sơ đồ cụ thể trên hình 3.4 và 3.5 đặc trưng cho hai loại này (cùng một dạng, ví dụ là ổn định dòng nạp tụ dùng transistor, có thể có rất nhiều sơ đồ khác nhau nhưng nguyên tắc cơ bản là giống nhau: cấp cho mạch phát - gốc của transistor (trong mạch cực phát có điện trở R) một điện áp ổn định  $U_{\text{od}}$ , dòng nạp tụ  $I_c$  là dòng cực góp của transistor và gần đúng là bằng  $I_c \approx U_{\text{od}}/R$ ). Tham số cơ bản cần tính chọn là điện dung của tụ và điện trở quyết định giá trị dòng nạp tụ. Trong tiêu mục này sẽ đưa ra các biểu thức phục vụ tính chọn các phần tử đối với hai sơ đồ hình 3.4 và 3.5.

#### a. Tính chọn các phần tử của mạch tạo điện áp răng cưa hình 3.4

Như đã phân tích, với sơ đồ mạch tạo điện áp răng cưa dùng transistor để ổn định dòng nạp tụ, điện áp răng cưa lấy điện áp trực tiếp trên tụ, tức là điện áp trên tụ là một nguồn tín hiệu vào của khâu so sánh. Như vậy khi kết nối với khâu so sánh sẽ có một dòng điện rẽ từ dòng nạp tụ đến đầu vào khâu so sánh, thành phần dòng điện này sẽ làm thay đổi giá trị dòng nạp cho tụ và ảnh hưởng đến dạng điện áp trên tụ. Để giảm bớt ảnh hưởng của thành phần dòng điện đầu vào khâu so sánh đến dạng điện áp răng cưa thường yêu cầu lựa chọn dòng điện cực góp của transistor tạo dòng nạp tụ lớn hơn hàng chục lần so với giá trị lớn nhất của dòng đầu vào khâu so sánh. Có hai biện pháp để giải quyết vấn đề này: Biện pháp thứ nhất là tăng dòng cực góp



transistor ổn định dòng nạp tụ, như vậy để biên độ điện áp răng cưa không đổi thì phải tăng điện dung của tụ; biện pháp thứ hai là giảm dòng vào của khâu so sánh, tức là tăng tổng trở mạch đầu vào của khâu. Thông thường phải kết hợp cả hai, vì vậy, với dạng sơ đồ này điện dung của tụ thường chọn cỡ hàng chục  $\mu\text{F}$  trở lên.

$$\text{Vậy, chọn tụ có điện dung: } C \geq 10 \mu\text{F} \quad (3.25)$$

Sau khi lựa chọn được điện dung của tụ, để tính toán giá trị của điện trở WR, cần biết giá trị điện áp ổn định  $U_{\text{od}}$  (trong trường hợp này là giá trị ổn định của diode ổn áp Dz) và biên độ điện áp răng cưa cần thiết  $U_{\text{rcmax}}$ . Trong thực tế, biên độ điện áp răng cưa thường chọn từ 5V đến 15V tùy theo từng trường hợp cụ thể. Như vậy giá trị điện trở  $R_n$  của biến trở WR được tính theo biểu thức sau:

$$R_n = \frac{U_{\text{od}} \cdot T_0}{C \cdot U_{\text{rcmax}}} \quad (\Omega) \quad (3.26)$$

Trong đó:  $T_0$  là độ dài sườn xung răng cưa sử dụng (thời gian nạp tụ từ điện áp bằng không lên giá trị  $U_{\text{rcmax}}$ , với phần lớn các sơ đồ  $T_0$  bằng một nửa chu kỳ nguồn xoay chiều cấp cho BĐ, thường lấy  $T_0 = 0,01$  s). Sau khi tính được trị số cần thiết của WR, chọn biến trở tiêu chuẩn có giá trị lớn hơn gần nhất, trường hợp giá trị tính được quá lớn, có thể thực hiện chọn một điện trở cố định có giá trị khoảng (80% ÷ 90%) trị số tính được và chọn một biến trở tiêu chuẩn mắc nối tiếp có giá trị điện trở trong khoảng (20% ÷ 30%) trị số điện trở tính toán.

### ***b. Tính chọn các phần tử của mạch tạo điện áp răng cưa hình 3.5***

Với sơ đồ mạch tạo điện áp răng cưa dùng KĐTT để ổn định dòng nạp tụ, điện áp răng cưa là điện áp đầu ra của KĐTT (cũng bằng điện áp trên tụ), dòng điện đầu vào của khâu so sánh không ảnh hưởng đến dòng nạp tụ nên thường chọn tụ có điện dung khoảng 220 nF (tụ xoay chiều, điện dung vừa phải nên có độ ổn định trị số cao). Điện trở quyết định dòng nạp tụ cũng được xác định theo biểu thức (3.26), nhưng thay  $U_{\text{od}}$  bằng giá trị nguồn cung cấp  $U_{\text{cc}}$ . Việc lựa chọn giá trị  $R_5$  và WR cũng tương tự trường hợp trên: Chọn  $R_5$  cỡ 80% giá trị điện trở tính toán (R), chọn WR là một biến trở tiêu chuẩn có giá trị khoảng 30%R.

**Ghi chú:** Các phần tử còn lại trong hai sơ đồ hình 3.4 và 3.5 được lựa chọn đảm bảo được nguyên lý làm việc của mạch, ví dụ, điện trở hạn chế dòng phóng của tụ mắc trong mạch cực phát  $Tr_1$  (hình 3.4) chọn trong khoảng từ 4 đến 20  $\Omega$ ; điện trở  $R_4$  (hình 3.5) chọn lớn hơn tổng giá trị của  $R_2$  và  $R_3$  từ 5 đến 7 lần; ...

### **3.2.3.7. Tính chọn khâu đồng bộ**

Mạch đồng bộ chủ yếu sử dụng máy biến áp, một số trường hợp có thêm khâu dịch pha tín hiệu đồng bộ. Thường mạch đồng bộ tiêu thụ công suất rất nhỏ và điện áp đồng bộ được lấy từ một cuộn thứ cấp (cho một kênh phát xung) của máy biến áp dùng để tạo nguồn nuôi cho phần mạch điều khiển bộ chỉnh lưu. Vì vậy, việc tính chọn công suất của máy biến áp đồng bộ là do phần nguồn nuôi quyết định. Biên độ tín hiệu đồng bộ thường chọn từ 7 đến 15 V (tương ứng với giá trị hiệu dụng từ 5 đến 11 V).

Mạch dịch pha tín hiệu đồng bộ được tính chọn dựa vào từng trường hợp cụ thể, để dịch pha tín hiệu đi  $30^\circ$  điện với tần số tín hiệu bằng 50 Hz có thể sử dụng bộ giá trị tham khảo:

$$R_{1a} = 2,7 \text{ K}\Omega; R_{2a} = 4,7 \text{ K}\Omega; C_a = 1 \text{ }\mu\text{F (cho sơ đồ hình 3.3.)}$$

### 3.2.4. Ví dụ tính toán

#### 3.2.4.1. Số liệu về thyristor

Thyristor loại VS-2N5206 có các tham số cơ bản sau:

$[I_{Tb}] = 22 \text{ A}; [I_T] = 35 \text{ A}; [U_{Tthmax}] = [U_{Tngmax}] = 1000 \text{ V}; I_{gt} = 40 \text{ mA}$  (dòng điều khiển);  
 $U_{gt} = 2 \text{ V}$  (điện áp điều khiển).

#### 3.2.4.2. Chọn nguồn một chiều cung cấp cho mạch phát xung

Do điện áp và dòng điều khiển của thyristor đã chọn có giá trị khá nhỏ nên ta chọn nguồn có giá trị là:  $\pm U_{cc} = \pm 12 \text{ V}$ .

#### 3.2.4.3. Tính toán máy biến áp xung

##### a. Lựa chọn điện áp và dòng điện điều khiển

Chọn  $U_{đk} = 3 \text{ V}, I_{đk} = 60 \text{ mA}$  (tính đến độ dự trữ 1,5 lần).

Chọn tỉ số máy biến áp xung:  $k_{bax} = 3$ .

Dòng điều khiển quy đổi về sơ cấp biến áp xung:

$$I_1 = I_{đk}/k_{bax} = 60 \text{ mA}/3 = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}.$$

Điện áp cần đặt vào cuộn sơ cấp:

$$U = U_{đk} \cdot k_{bax} = 3 \text{ V} \cdot 3 = 9 \text{ V}.$$

##### b. Xác định kích thước mạch từ máy biến áp xung

Chọn vật liệu sắt từ là thép kỹ thuật điện  $\text{E330}$ , mạch từ dạng E, l. làm việc trên một phần của đặc tính từ hóa, ta chọn  $\Delta B = 0,7 \text{ T}$  và  $\Delta H = 50 \text{ A/m}$ , có khe hở.

Độ từ thẩm của lõi sắt từ:

$$\mu_r = \frac{\Delta B}{\mu_0 \cdot \Delta H} = \frac{0,7}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 50} = 11140$$

Sơ bộ chọn chiều dài trung bình của đường sức từ  $l_{ds} = 0,1 \text{ m}$ , khe hở  $l_{kh} = 10^{-5} \text{ m}$ .

$$\mu_{tb} = \frac{l_{ds}}{l_{kh} + \frac{l_{ds}}{\mu_r}} = \frac{0,1}{10^{-5} + \frac{0,1}{11140}} = 5569$$

Thể tích lõi sắt từ:

$$V = Q \cdot l_{ds} = \frac{\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot U \cdot I_1}{\Delta B^2} = \frac{5269 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \cdot 9 \cdot 0,02}{0,7^2} = 1,46 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)}$$

$V = 1,46 \text{ cm}^3$ , tra bảng II.2 (Điện tử công suất – Nguyễn Bính – 1993) chọn mạch từ có thể tích  $9,22 \text{ cm}^3$ . Mạch từ có các thông số cơ bản sau:

$a = 12 \text{ mm}; b = 10 \text{ mm}; c = 12 \text{ mm}; h = 30 \text{ mm};$

$C = 48 \text{ mm}; H = 42 \text{ mm}; Q = 0,92 \text{ mm}^2; l_{ds} = 100,03 \text{ mm}.$

##### c. Xác định số vòng dây quấn

- Cuộn sơ cấp:

$$W_1 = \frac{U.t_x}{\Delta B.Q.k} = \frac{9.(6.10^{-4})}{0,7.(0,92.10^{-4}).0,76} = 110 \text{ (vòng)}$$

- Cuộn thứ cấp:

$$W_2 = W_1/k_{bax} = 110/3 = 36,6; \text{ Chọn } W_2 = 37 \text{ vòng.}$$

#### d. Chọn dây quấn máy biến áp xung

Chọn dây dẫn bằng đồng với mật độ dòng 2,75 A/mm<sup>2</sup>.

+ Đường kính dây quấn sơ cấp:

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{I_1}{J_1}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,02}{2,75}} = 0,11 \text{ (mm)}$$

+ Đường kính dây quấn thứ cấp:

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{I_{dk}}{J_2}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,06}{2,75}} = 0,19 \text{ (mm)}$$

### 3.2.4.4. Tính chọn tầng khuếch đại công suất xung

#### a. Chọn các transistor Tr<sub>4</sub>

Do dòng điện và điện áp điều khiển của thyristor nhỏ nên hệ số khuếch đại của tầng khuếch đại xung trong trường hợp này không yêu cầu lớn, vì vậy việc chọn transistor khuếch đại xung khá dễ dàng, có thể chọn hai transistor mắc nối tiếp như trong sơ đồ hình 3.8, cũng có thể chọn một transistor có hệ số khuếch đại phù hợp. Hiện nay có một số nhà sản xuất đã thực hiện tích hợp sẵn 2 transistor mắc nối tiếp (mắc Darlington) trong cùng một vỏ, loại này có hình thức bên ngoài tương tự như một transistor, ví dụ như (KT8115A tương đương TIP127 (PNP) hay KT8116A tương đương TIP122 (NPN), ...), như vậy cấu trúc của transistor sẽ gọn nhưng có nhược điểm là sụt áp bão hòa mạch góp - phát lớn nên tổn hao lớn. Tuy nhiên, như đã phân tích, với yêu cầu công suất điều khiển rất nhỏ nên ở đây sẽ lựa chọn một transistor loại BD135. Thông số các transistor như bảng sau (bảng 3.2):

Bảng 3.2. Thông số các transistor khuếch đại xung:

Tên	Kiểu loại	P <sub>c</sub> max W	U <sub>CB</sub> max, V	U <sub>CE</sub> max, V	U <sub>EB</sub> max, V	I <sub>c</sub> max, mA	h <sub>FE</sub> (β)	U <sub>CE</sub> sat, V	I <sub>CBO</sub> , μA	F <sub>T</sub> , MHz	Kiểu vỏ	Ghi chú
BD135	NPN	12,5	45	45	5	1500	40-250	0,6	59	190	TO-126	

#### b. Chọn điện trở hạn chế trong mạch cực góp (R<sub>12</sub>)

Việc tính chọn R<sub>13</sub> dựa vào công thức (3.21). Vậy, giá trị tính toán của điện trở hạn chế là:

$$R_{12} = (U_{cc} - U - U_{CEsat})/I_1 = (12 - 9 - 0,6)/0,02 = 120 \text{ (Ω)}$$

Chọn R<sub>12</sub> bằng 120 Ω.

### 3.2.4.5. Tính chọn mạch sửa xung

#### a. Tính chọn transistor của mạch sửa xung

Dựa vào yêu cầu của mạch, ta chọn transistor mạch sửa xung Tr<sub>3</sub> là loại C945 (thông số trong bảng 3.3):

Bảng 3.3. Thông số transistor mạch sửa xung:

Tên	Kiểu loại	P <sub>c</sub> max W	U <sub>CB</sub> max, V	U <sub>CE</sub> max, V	U <sub>EB</sub> max, V	I <sub>c</sub> max, mA	h <sub>FE</sub> (β)	U <sub>CE</sub> sat, V	I <sub>CBO</sub> , μA	F <sub>T</sub> , MHz	Kiểu vỏ	Ghi chú
C945	NPN	0,4	60	50	5	150	70-700	0,6	0,1	200	TO-92	

**b. Tính chọn điện trở và điện dung của mạch sửa xung**

Với mạch sửa xung được chọn (hình 3.13), quan hệ giữa điện dung C, điện trở R của mạch sửa xung với t<sub>x</sub> được biểu diễn bằng biểu thức (3.24).

Ở đây ta sẽ chọn điện dung của tụ C<sub>3</sub> trước, cụ thể chọn điện dung C<sub>3</sub> bằng 22 nF (tụ tiêu chuẩn) có điện áp ≥ 25 V.

Vậy giá trị tính toán của điện trở R<sub>9</sub> là:

$$R_9 = \frac{t_x}{C \cdot \ln \frac{2}{\lambda}} = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{22 \cdot 10^{-9} \cdot \ln \frac{2}{0,1}} = 9104 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Trong đó: Thời gian tồn tại xung t<sub>x</sub> = 600 μs; hệ số λ = R<sub>9</sub>/R<sub>10</sub> được chọn bằng 0,1 (λ thường chọn trong khoảng từ 0,1 ÷ 0,2).

Chọn R<sub>9</sub> = 9000 Ω = 9 KΩ.

Chọn R<sub>10</sub>: R<sub>10</sub> = R<sub>9</sub>/λ = 9/0,1 = 90 (KΩ)

Chọn R<sub>11</sub>: Điện trở R<sub>11</sub> là điện trở cực góp của Tr<sub>3</sub>, giá trị của nó phải đủ lớn để Tr<sub>3</sub> mở bão hòa với điện trở cực gốc bằng 90 KΩ. Với hệ số khuếch đại dòng điện của Tr<sub>3</sub> là β<sub>3</sub> = 70.

Vậy giá trị tối thiểu của R<sub>11</sub> là:

$$R_{11min} = \frac{U_{cc} - U_{CEsat}}{\frac{U_{cc} - U_{BE3}}{R_{10}} \beta_3} = \frac{12 - 0,6}{\frac{12 - 0,6}{90} \cdot 70} = 1,286 \text{ (K}\Omega\text{)}$$

Trong đó U<sub>EB3</sub> là sụt điện thuận trên tiếp giáp gốc - phát của Tr<sub>3</sub>, với Tr<sub>3</sub> là C945, giá trị này lấy bằng 0,6 V.

Chọn R<sub>11</sub> = 10 KΩ.

Chọn R<sub>12</sub>: Giá trị của R<sub>12</sub> tùy thuộc dòng cực gốc yêu cầu của Tr<sub>4</sub> và giá trị của R<sub>11</sub>. Giá trị lớn nhất của R<sub>12</sub> được xác định như sau:

$$R_{12max} = \frac{U_{cc} - U_{BE4}}{I_{B4min}} - R_{11};$$

Dòng cực gốc nhỏ nhất cần có đối với Tr<sub>4</sub> được xác định như sau:

$$I_{B4min} = \frac{k_{dt} \cdot I_1}{\beta_4} = \frac{1,2 \cdot 0,02}{40} = 0,0006 \cdot 10^{-3} \text{ (A)} = 0,6 \text{ (mA)};$$

Vậy:

$$R_{12max} = \frac{12 - 0,6}{0,6} - 10 = 9 \text{ (K}\Omega\text{)}.$$

Chọn R<sub>12</sub> bằng 5 KΩ.

### 3.2.4.6. Tính chọn mạch so sánh

#### a. Chọn KĐT A<sub>2</sub>

Để thuận tiện cho việc chuẩn bị vật tư dự phòng phục vụ công tác sửa chữa, thay thế; đảm bảo chi phí hợp lý đồng thời vẫn đảm bảo chất lượng của mạch, ta chọn KĐT thông dụng là loại 741 ( $\mu\text{A} 741$ , LM 741, ...). Thông số cơ bản của KĐT như sau:

- Hệ số khuếch đại vòng hở  $K_0 \approx 10^5$ ;
- Điện trở vào  $R_{in} \approx 2 \text{ M}\Omega$ ;
- Điện trở ra  $R_{out} \approx 150 \Omega$ ;
- Nguồn nuôi  $\pm U_{cc} = \pm(5 \div 30) \text{ V}$ , thường dùng  $\pm 12 \text{ V}$  hoặc  $\pm 15 \text{ V}$ ;
- Điện áp ra bão hòa  $U_{outsat} = U_{cc} - (1 \div 1,5) \text{ V}$ .

#### b. Tính chọn các điện trở đầu vào

Các điện trở nối tiếp với các nguồn tín hiệu vào có thể lựa chọn trong một dải rất rộng từ một vài  $\text{K}\Omega$  đến hàng  $\text{M}\Omega$ . Khi lựa chọn các điện trở vào cũng cần lưu ý đến nội trở của các nguồn tín hiệu. Trong ví dụ này ta chọn  $R_7 = R_8 = 27 \text{ K}\Omega$  (điện trở tiêu chuẩn).

### 3.2.4.7. Tính chọn mạch đồng bộ và tạo điện áp răng cưa

#### a. Chọn KĐT A<sub>1</sub>

Cũng tương tự như KĐT dùng làm khâu so sánh, A<sub>1</sub> cũng được chọn là loại 741.

#### b. Chọn các transistor

Để tiện cho việc thay chuẩn bị linh kiện dự phòng, đồng thời vẫn đảm bảo yêu cầu đặt ra đối với mạch tạo điện áp răng cưa, vẫn chọn  $\text{Tr}_1$  và  $\text{Tr}_2$  là loại C945.

#### c. Chọn điện dung tụ mạch tạo điện áp răng cưa

Chọn tụ  $C_2$  có điện dung bằng  $220 \text{ nF}$ , tụ xoay chiều tiêu chuẩn có điện áp lớn hơn hoặc bằng  $25 \text{ V}$ .

#### d. Tính chọn điện trở mạch nạp tụ

Để tính toán giá trị điện trở tổng của WR và  $R_6$  ( $R_n$ ) ta cần chọn biên độ điện áp răng cưa. Trong thực tế, biên độ điện áp răng cưa thường chọn trong khoảng từ  $5$  đến  $15 \text{ V}$  tùy vào từng trường hợp cụ thể. Khi sử dụng mạch tạo điện áp răng cưa dùng KĐT ổn định dòng nạp tụ thì biên độ điện áp răng cưa không thể lớn hơn điện áp ra bão hòa của KĐT, với trường hợp cụ thể (hình 3.13), khi nguồn cung cấp cho mạch là  $\pm 12 \text{ V}$  thì  $U_{rcmax}$  không được vượt quá  $10,5 \text{ V}$ . Trong trường hợp này ta chọn  $U_{rcmax} = 9 \text{ V}$ .

Với tần số nguồn xoay chiều cấp cho bộ biến đổi là  $50 \text{ Hz}$  (chu kỳ  $T = 0,02\text{s}$ , nửa chu kỳ  $T_0 = 0,01\text{s}$ ), giá trị điện trở tổng  $R_n$  sẽ là:

$$R_n = \frac{U_{cc}}{U_{rcmax}} \frac{T_0}{C_2} = \frac{12}{9} \frac{0,01}{220 \cdot 10^{-9}} = 60606 (\Omega) = 60,606 (\text{K}\Omega).$$

Chọn  $R_6$  là điện trở tiêu chuẩn có giá trị xấp xỉ ( $80\% \div 90\%$ ) của  $R_n$  ( $48,48 \div 54,54 \text{ K}\Omega$ ), chọn  $R_6 = 50 \text{ K}\Omega$ .

Chọn giá trị của biến trở WR nằm trong khoảng (80% ÷ 90%) của  $R_n$  (12,12 ÷ 18,18 K $\Omega$ ), chọn giá trị WR bằng 15 K $\Omega$ .

***e. Chọn biên độ điện áp đồng bộ và các phần tử mạch dịch pha***

Biên độ điện áp đồng bộ có thể dao động trong khoảng 7 V đến 15 V (giá trị hiệu dụng trong khoảng từ 5 V đến 10,5 V). Giá trị cụ thể còn tùy thuộc vào việc chọn máy biến áp đồng bộ có sẵn hay làm mới, ngoài ra còn phụ thuộc tổng trở trong mạch cực gốc của Tr<sub>1</sub>. Trong trường hợp này, chọn mạch dịch pha có các tham số:  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ;  $R_1 = 2,7 \text{ K}\Omega$ ;  $R_2 = 4,7 \text{ K}\Omega$ , thì biên độ điện áp đồng bộ nằm trong phạm vi trên là được.

***f. Chọn các phần tử còn lại***

Để vừa đảm bảo khóa chắc chắn Tr<sub>2</sub> khi Tr<sub>1</sub> mở, vừa đảm bảo Tr<sub>2</sub> mở bảo hòa khi Tr<sub>1</sub> khóa đồng thời tránh quá dòng cho các transistor này, chọn  $R_3 = 10 \text{ K}\Omega$ ;  $R_4 = 4,7 \text{ K}\Omega$ ;  $R_5 = 47 \text{ K}\Omega$ .