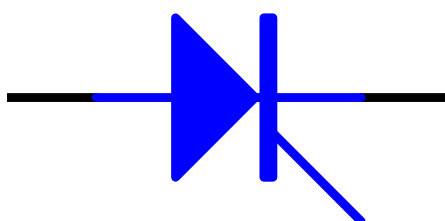


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
**BỘ MÔN THIẾT BỊ ĐIỆN - ĐIỆN TỬ**

-----

TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN  
**THIẾT KẾ THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT**  
*(Dành cho sinh viên chuyên ngành Thiết bị điện - Điện tử)*



**Biên soạn: TRẦN VĂN THỊNH**

Hà nội, năm 2000

## Mục đích yêu cầu:

Trong những năm gần đây cùng với việc phát triển ngày càng mạnh mẽ của các lĩnh vực khoa học, ứng dụng của chúng vào công nghiệp nói chung và công nghiệp điện tử nói riêng, các thiết bị điện tử có công suất lớn đã được chế tạo ngày càng nhiều, đặc biệt là ứng dụng của nó vào các ngành kinh tế quốc dân và đời sống, làm cho yêu cầu về sự hiểu biết và thiết kế các loại thiết bị này là hết sức cần thiết đối với các kỹ sư ngành điện.

Để giúp cho sinh viên một kỹ năng ứng dụng những kiến thức lý thuyết đã học về môn học thiết bị điện tử công suất vào việc thiết kế những bộ nguồn công suất hoàn chỉnh, thiết kế thiết bị điện tử công suất (TK), đặt mục đích hoàn thiện lý thuyết và nâng cao kỹ năng ứng dụng làm mục đích chính.

Mỗi sinh viên được nhận một đề tài thiết kế độc lập cho mình, có trách nhiệm hoàn thành nội dung được đề ra theo nhiệm vụ TK, với nội dung này sinh viên phải thiết kế thành những thiết bị hoàn chỉnh để có thể ứng dụng trong thực tế sản xuất.

## Nội dung TK

- Thuyết minh sơ qua về công nghệ của tải mà bộ nguồn cấp điện
- Chọn sơ đồ mạch động lực.
- Thiết kế, tính chọn các thiết bị cơ bản của mạch động lực (bao gồm chọn van bán dẫn, tính toán các thông số định mức cơ bản, tính toán máy biến áp hay cuộn kháng nếu có, tính chọn các thiết bị đóng cắt và bảo vệ.....).
- Thiết kế tính chọn mạch điều khiển.
- Thiết kế kết cấu (tủ điện).

### 8.1 Tóm tắt lý thuyết.

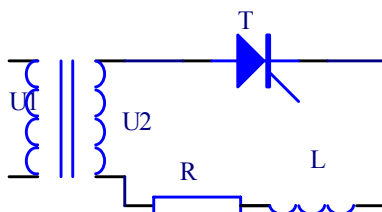
Để cấp nguồn cho tải một chiều, chúng ta cần thiết kế các bộ chỉnh lưu với mục đích biến đổi năng lượng điện xoay chiều thành một chiều. Các loại bộ biến đổi này có thể là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Với mục đích giảm công suất vô công, người ta thường mắc song song ngược với tải một chiều một điôt (loại sơ đồ này được gọi là sơ đồ có điôt ngược). Trong các sơ đồ chỉnh lưu có điôt ngược, khi có và không có điều khiển, năng lượng được truyền từ phía lưới xoay chiều sang một chiều, nghĩa là các loại chỉnh lưu đó chỉ có thể làm việc ở chế độ chỉnh lưu. Các bộ chỉnh lưu có điều khiển, không điôt ngược có thể trao đổi năng lượng theo cả hai chiều. Khi năng lượng truyền từ lưới xoay chiều sang tải một chiều, bộ nguồn làm việc ở chế độ chỉnh lưu, khi năng lượng truyền theo chiều ngược lại (nghĩa là từ phía tải một chiều về lưới xoay chiều) thì bộ nguồn làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới.

Theo dạng nguồn cấp xoay chiều, chúng ta có thể chia chỉnh lưu thành

một hay ba pha. Các thông số quan trọng của sơ đồ chỉnh lưu là: dòng điện và điện áp tải; dòng điện chạy trong cuộn dây thứ cấp biến áp; số lần đập mạch trong một chu kỳ. Dòng điện chạy trong cuộn dây thứ cấp biến áp có thể là một chiều, hay xoay chiều, có thể phân loại thành sơ đồ có dòng điện biến áp một chiều hay, xoay chiều. Số lần đập mạch trong một chu kỳ là quan hệ của tần số sóng hài thấp nhất của điện áp chỉnh lưu với tần số điện áp xoay chiều.

Theo hình dạng các sơ đồ chỉnh lưu, với chuyển mạch tự nhiên chúng ta có thể phân loại chỉnh lưu thành các loại sơ đồ sau.

### 1. Chỉnh lưu một nửa chu kỳ.



Hình 8.1. Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ.

ở sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ hình 8.1 sóng điện áp ra một chiều sẽ bị gián đoạn trong một nửa chu kỳ khi điện áp anod của van bán dẫn âm, do vậy khi sử dụng sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ, chúng ta có chất lượng điện áp xấu, trị số điện áp tải trung bình lớn nhất được tính:

$$U_{do} = 0,45.U_2 \quad (8-1)$$

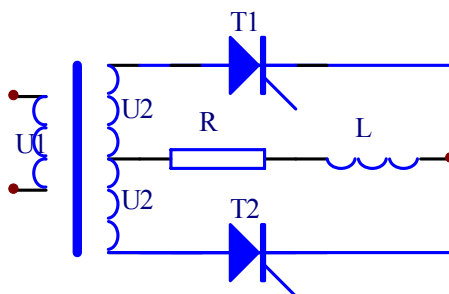
Với chất lượng điện áp rất xấu và cũng cho ta hệ số sử dụng biến áp xấu:

$$S_{ba} = 3,09.U_d.I_d. \quad (8-2)$$

Đánh giá chung về loại chỉnh lưu này chúng ta có thể nhận thấy, đây là loại chỉnh lưu cơ bản, sơ đồ nguyên lý mạch đơn giản. Tuy vậy các chất lượng kỹ thuật như: chất lượng điện áp một chiều; hiệu suất sử dụng biến áp quá xấu. Do đó loại chỉnh lưu này ít được ứng dụng trong thực tế.

Khi cần chất lượng điện áp khá hơn, người ta thường sử dụng sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ theo các phương án sau.

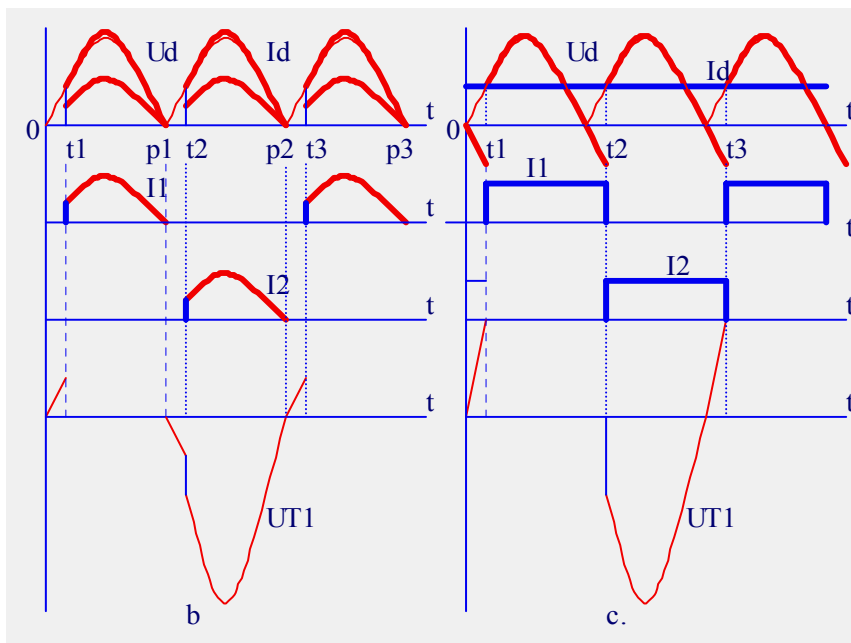
### 2. Chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính.



Hình 8.2. Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính.

Theo hình dạng sơ đồ, thì biến áp phải có hai cuộn dây thứ cấp với thông

số giống hệt nhau, ở mỗi nửa chu kỳ có một van dẫn cho dòng điện chạy qua. Cho nên ở cả hai nửa chu kỳ sóng điện áp tải trùng với điện áp cuộn dây có van dẫn. Trong sơ đồ này điện áp tải đập mạch trong cả hai nửa chu kỳ, với tần số đập mạch bằng hai lần tần số điện áp xoay chiều. Hình dạng các đường cong điện áp, dòng điện tải ( $U_d$ ,  $I_d$ ), dòng điện các van bán dẫn  $I_1$ ,  $I_2$  và điện áp của van T1 mô tả trên hình 8.3a khi tải thuần trở và trên hình 8.3b khi tải điện cảm lớn.



Hình 8.3. Các đường cong điện áp, dòng điện tải, dòng điện các van và điện áp của Tiristo T1

Điện áp trung bình trên tải, khi tải thuần trở dòng điện gián đoạn được tính:

$$U_d = U_{do} \cdot (1 + \cos \alpha) / 2. \quad (8-3).$$

với: -  $U_{do}$ : Điện áp chỉnh lưu khi không điều khiển và bằng  $U_{do} = 0,9 \cdot U_2$   
 $\alpha$  Góc mở của các Tiristo.

Khi tải điện cảm lớn dòng điện, điện áp tải liên tục, lúc này điện áp một chiều được tính:

$$U_d = U_{do} \cdot \cos \alpha \quad (8-4)$$

Trong các sơ đồ chỉnh lưu thì loại sơ đồ này có điện áp ngược của van phải chịu là lớn nhất

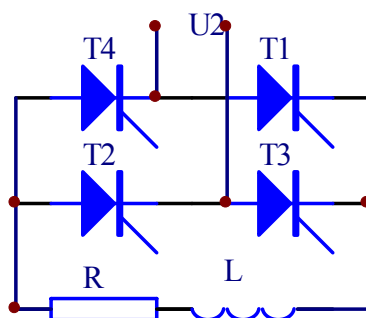
$$U_{nv} = 2\sqrt{2}U_2$$

Mỗi van dẫn thông trong một nửa chu kỳ, do vậy dòng điện mà van bán dẫn phải chịu tối đa bằng 1/2 dòng điện tải, trị hiệu dụng của dòng điện chạy qua van  $I_{hd} = 0,71 \cdot I_d$ .

So với chỉnh lưu nửa chu kỳ, thì loại chỉnh lưu này có chất lượng điện áp

tốt hơn. Dòng điện chạy qua van không quá lớn, tổng điện áp rơi trên van nhỏ. Đối với chỉnh lưu có điều khiển, thì sơ đồ hình 8.2 nói chung và việc điều khiển các van bán dẫn ở đây tương đối đơn giản. Tuy vậy việc chế tạo biến áp có hai cuộn dây thứ cấp giống nhau, mà mỗi cuộn chỉ làm việc có một nửa chu kỳ, làm cho việc chế tạo biến áp phức tạp hơn và hiệu suất sử dụng biến áp xấu hơn, mặt khác điện áp ngược của các van bán dẫn phải chịu có trị số lớn nhất.

### 3. Chỉnh lưu cầu một pha.



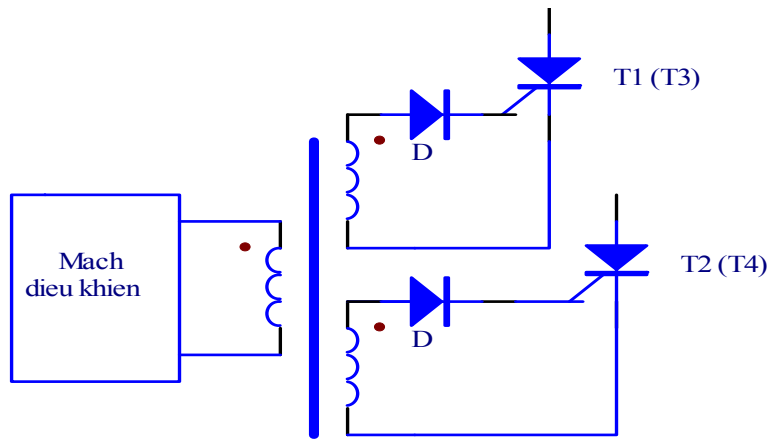
Hình 8.4. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng.

Hoạt động của sơ đồ này khái quát có thể mô tả như sau. Trong nửa bán kỳ điện áp anod của Tiristo T1 dương (+) (lúc đó catod T2 âm (-)), nếu có xung điều khiển cho cả hai van T1, T2 đồng thời, thì các van này sẽ được mở thông để đặt điện áp lưới lên tải, điện áp tải một chiều còn bằng điện áp xoay chiều chừng nào các Tiristo còn dẫn (khoảng dẫn của các Tiristo phụ thuộc vào tính chất của tải). Đến nửa bán kỳ sau, điện áp đổi dấu, anod của Tiristo T3 dương (+) (catod T4 âm (-)), nếu có xung điều khiển cho cả hai van T3, T4 đồng thời, thì các van này sẽ được mở thông, để đặt điện áp lưới lên tải, với điện áp một chiều trên tải có chiều trùng với nửa bán kỳ trước.

Chỉnh lưu cầu một pha hình 8.4 có chất lượng điện áp ra hoàn toàn giống như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính, như sơ đồ hình 8.2. Hình dạng các đường cong điện áp, dòng điện tải, dòng điện các van bán dẫn và điện áp của một van tiêu biểu gần tương tự như trên hình 8.3a.b. Trong sơ đồ này dòng điện chạy qua van giống như sơ đồ hình 8.2, nhưng điện áp ngược van phải chịu nhỏ hơn  $U_{nv} = \sqrt{2} \cdot U_2$ .

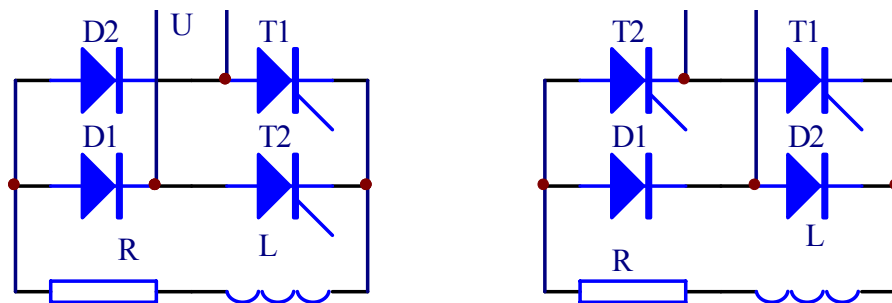
Việc điều khiển đồng thời các Tiristo T1, T2 và T3, T4 có thể thực hiện bằng nhiều cách, một trong những cách đơn giản nhất là sử dụng biến áp xung có hai cuộn thứ cấp như hình 8.5.

Điều khiển các Tiristo trong sơ đồ hình 8.4, nhiều khi gặp khó khăn cho trong khi mở các van điều khiển, nhất là khi công suất xung không đủ lớn. Để tránh việc mở đồng thời các van như ở trên, mà chất lượng điện áp chừng mực nào đó vẫn có thể đáp ứng được, người ta có thể sử dụng chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.



Hình 8.5. Phương án cấp xung chỉnh lưu cầu một pha

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng có thể thực hiện bằng hai phương án khác nhau như hình 8.6. Giống nhau ở hai sơ đồ này là: chúng đều có hai Tiristo và hai điôt; mỗi lần cấp xung điều khiển chỉ cần một xung; điện áp một chiều trên tải có hình dạng ( xem hình 8.7a,b) và trị số giống nhau; đường cong điện áp tải chỉ có phần điện áp dương nên sơ đồ không làm việc với tải có nghịch lưu trả năng lượng về lưới. Sự khác nhau giữa hai sơ đồ trên được thể hiện rõ rệt khi làm việc với tải điện cảm lớn, lúc này dòng điện chạy qua các van điều khiển và không điều khiển sẽ khác nhau.

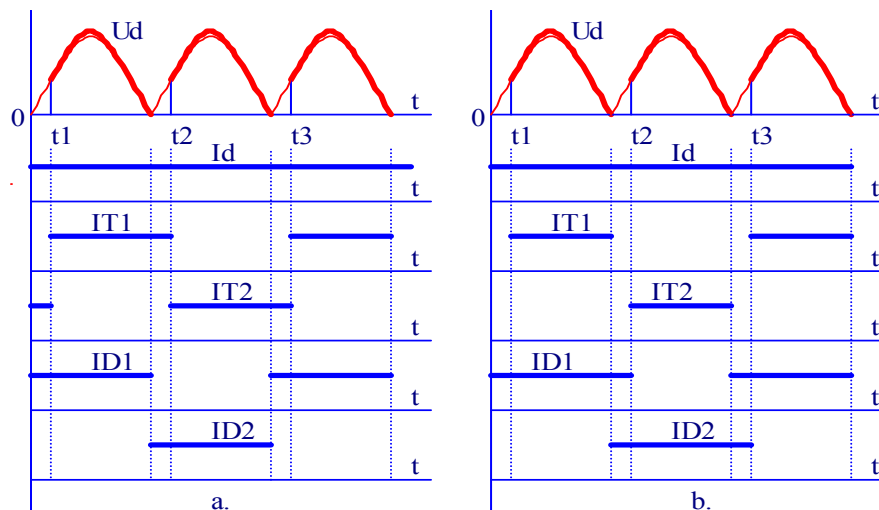


Hình 8.6. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.

Trên sơ đồ hình 8.6a (với minh hoạ bằng các đường cong hình 8.7a) khi điện áp anod T1 dương và catod D1 âm có dòng điện tải chạy qua T1, D1 đến khi điện áp đổi dấu (với anod T2 dương) mà chưa có xung mở T2, năng lượng của cuộn dây tải L được xả ra qua D2, T1. Như vậy việc chuyển mạch của các van không điều khiển D1, D2 xảy ra khi điện áp bắt đầu đổi dấu. Tiristo T1 sẽ bị khoá khi có xung mở T2, kết quả là chuyển mạch các van có điều khiển được thực hiện bằng việc mở van kế tiếp. Từ những giải thích trên chúng ta thấy rằng, các van bán dẫn được dẫn thông trong một nửa chu kỳ (các điôt dẫn từ đầu đến cuối bán kỳ điện áp âm catod, còn các Tiristo được dẫn thông tại thời điểm có xung mở và bị khoá bởi việc mở Tiristo ở nửa chu kỳ kế tiếp). Về trị số, thì dòng điện trung bình chạy qua van bằng  $I_{tb} = (1/2) I_d$ , dòng điện hiệu dụng của van  $I_{hd} = 0,71 \cdot I_d$ .

Theo sơ đồ hình 8.6 b (với minh hoạ bằng các đường cong hình 8.7b), khi điện áp lưới đặt vào anod và catod của các van bán dẫn thuận chiều và có xung điều khiển, thì việc dẫn thông các van hoàn toàn giống như sơ đồ hình 8.6a.

Khi điện áp đổi dấu năng lượng của cuộn dây L được xả ra qua các điôt D1, D2, các van này đóng vai trò của điôt ngược. Chính do đó mà các Tiristo sẽ tự động khoá khi điện áp đổi dấu. Từ đường cong dòng điện các van trên hình 8.7b có thể thấy rằng, ở sơ đồ này dòng điện qua Tiristo nhỏ hơn dòng điện qua các điôt.



Hình 8.7. Giải đồ các đường cong điện áp, dòng điện tải ( $U_d$ ,  $I_d$ ), dòng điện các van bán dẫn của các sơ đồ a- hình 8.6a; b- hình 8.6b.

Nhìn chung các loại chỉnh lưu cầu một pha có chất lượng điện áp tương đương như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính, chất lượng điện một chiều như nhau, dòng điện làm việc của van bằng nhau, nên việc ứng dụng chúng cũng tương đương nhau. Mặc dù vậy ở chỉnh lưu cầu một pha có ưu điểm hơn ở chỗ: điện áp ngược trên van bé hơn; biến áp dễ chế tạo và có hiệu suất cao hơn. Thế nhưng chỉnh lưu cầu một pha có số lượng van nhiều gấp hai lần, làm giá thành cao hơn, sụt áp trên van lớn gấp hai lần, chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng thì việc điều khiển phức tạp hơn.

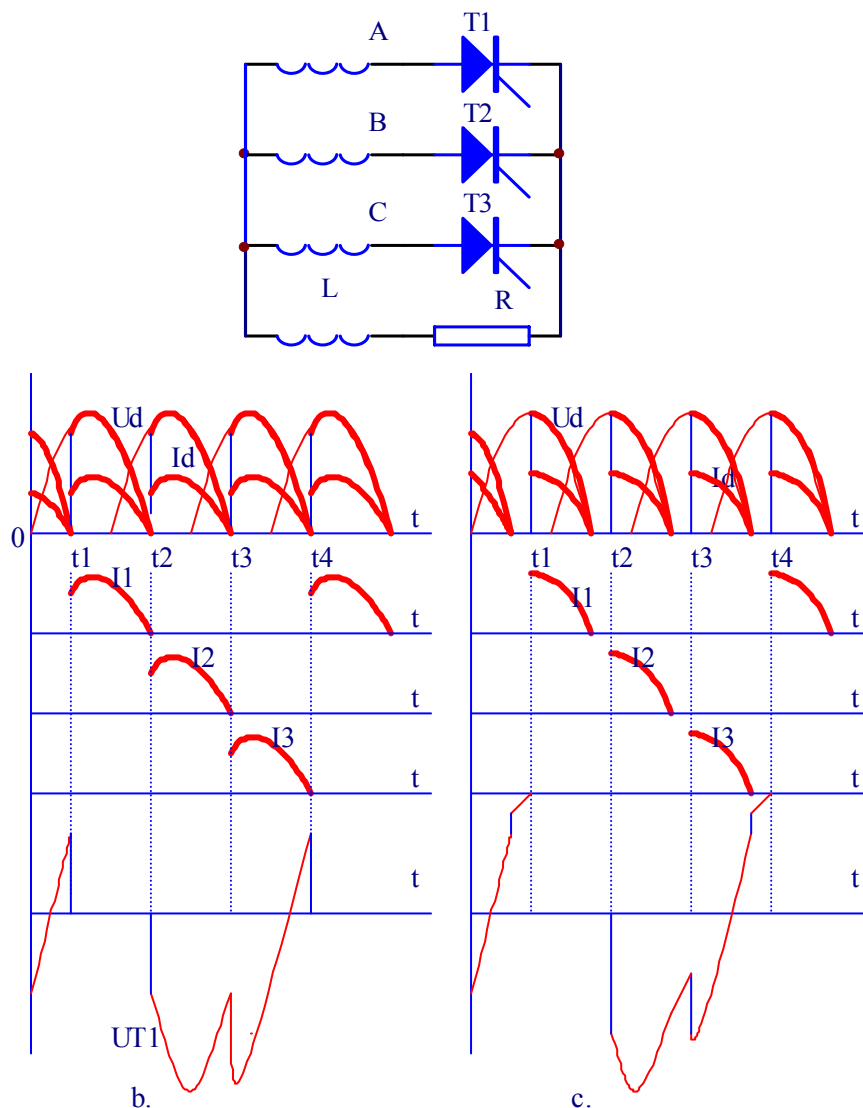
Các sơ chỉnh lưu một pha cho ta điện áp với chất lượng chưa cao, biên độ đập mạch điện áp quá lớn, thành phần hài bậc cao lớn điều này không đáp ứng được cho nhiều loại tải. Muốn có chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta phải sử dụng các sơ đồ có số pha nhiều hơn.

#### **4. Chỉnh lưu tia ba pha.**

Khi biến áp có ba pha đấu sao ( Y ) trên mỗi pha A,B,C ta nối một van như hình 8.8a, ba catod đấu chung cho ta điện áp dương của tải, còn trung tính biến áp sẽ là điện áp âm. Ba pha điện áp A,B,C dịch pha nhau một góc là  $120^\circ$  theo các đường cong điện áp pha, chúng ta có điện áp của một pha dương hơn điện áp của hai pha kia trong khoảng thời gian  $1/3$  chu kỳ (  $120^\circ$  ). Từ đó thấy rằng, tại mỗi thời điểm chỉ có điện áp của một pha dương hơn hai pha kia.

Nguyên tắc mở thông và điều khiển các van ở đây là khi anod của van nào dương hơn van đó mới được kích mở. Thời điểm hai điện áp của hai pha

giao nhau được coi là góc thông tự nhiên của các van bán dẫn. Các Tiristor chỉ được mở thông với góc mở nhỏ nhất tại thời điểm góc thông tự nhiên (như vậy trong chỉnh lưu ba pha, góc mở nhỏ nhất  $\alpha = 0^\circ$  sẽ dịch pha so với điện áp pha một góc là  $30^\circ$ ).



Hình 8.8. Chỉnh lưu tia ba pha

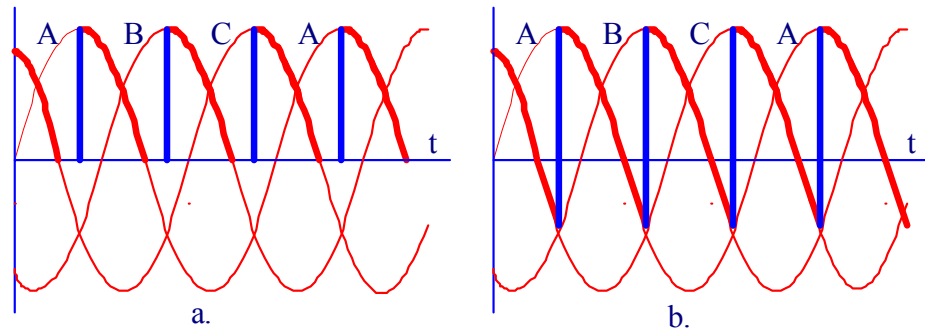
a. Sơ đồ động lực; b- Giải đồ đường các cong khi góc mở  $\alpha = 30^\circ$  tải thuần trở; c- Giải đồ các đường cong khi  $\alpha = 60^\circ$  các đường cong gián đoạn.

Theo hình 8.8b,c tại mỗi thời điểm nào đó chỉ có một van dẫn, như vậy mỗi van dẫn thông trong 1/3 chu kỳ nếu điện áp tải liên tục (đường cong I1, I2, I3 trên hình 8.8b), còn nếu điện áp tải gián đoạn thì thời gian dẫn thông của các van nhỏ hơn. Tuy nhiên trong cả hai trường hợp dòng điện trung bình của các van đều bằng  $1/3 \cdot I_d$ . Trong khoảng thời gian van dẫn dòng điện của van bằng dòng điện tải, trong khoảng van khoá dòng điện van bằng 0. Điện áp của van phải chịu bằng điện dây giữa pha có van khoá với pha có van đang dẫn.



Ví dụ trong khoảng  $t_2 \div t_3$  van T1 khoá còn T2 dẫn do đó van T1 phải chịu một điện áp dây  $U_{AB}$ , đến khoảng  $t_3 \div t_4$  các van T1, T2 khoá, còn T3 dẫn lúc này T1 chịu điện áp dây  $U_{AC}$ .

Khi tải thuần trở dòng điện và điện áp tải liên tục hay gián đoạn phụ thuộc góc mở của các Tiristo. Nếu góc mở Tiristo nhỏ hơn  $\alpha \leq 30^\circ$ , các đường cong  $U_d$ ,  $I_d$  liên tục, khi góc mở lớn hơn  $\alpha > 30^\circ$  điện áp và dòng điện tải gián đoạn (đường cong  $U_d$ ,  $I_d$  trên hình 8.8c).



Hình 8.9. Đường cong điện áp tải khi góc mở  $\alpha = 60^\circ$  với a.- tải thuần trở, b.- tải điện cảm.

Khi tải điện cảm (nhất là điện cảm lớn) dòng điện, điện áp tải là các đường cong liên tục, nhờ năng lượng dự trữ trong cuộn dây đủ lớn để duy trì dòng điện khi điện áp đổi dấu, như đường cong nét đậm trên hình 8.9b (tương tự như vậy là đường cong  $U_d$  trên hình 8.8b). Trên hình 8.9 mô tả một ví dụ so sánh các đường cong điện áp tải khi góc mở  $\alpha = 60^\circ$  tải thuần trở hình 8.9a và tải điện cảm hình 8.9b

Trị số điện áp trung bình của tải sẽ được tính như công thức (1 - 4) nếu điện áp tải liên tục, khi điện áp tải gián đoạn (điển hình khi tải thuần trở và góc mở lớn) điện áp tải được tính:

$$U_d = \frac{U_{do}}{\sqrt{3}} \left[ 1 + \sin \left( \frac{\pi}{3} - \alpha \right) \right] \quad (1 - 5)$$

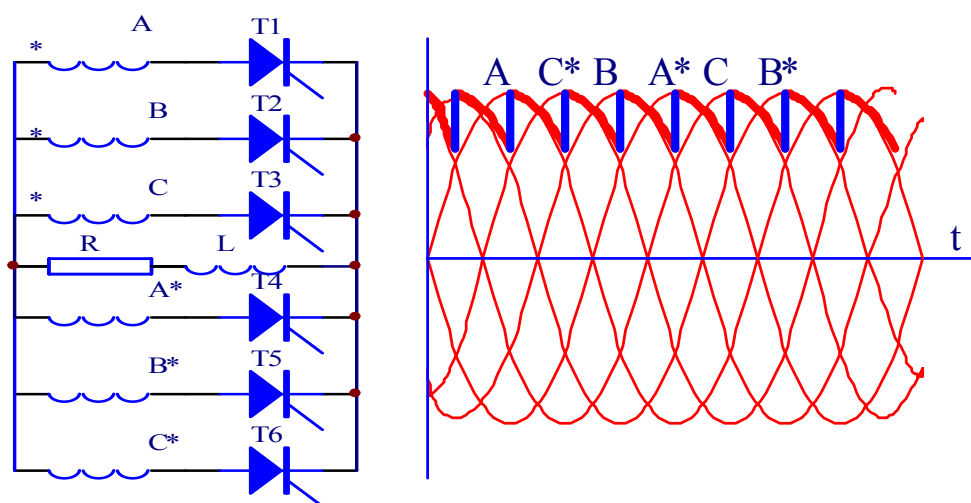
Trong đó;  $U_{do} = 1,17.U_{2f}$  điện áp chỉnh lưu tia ba pha khi van la điôt.

$U_{2f}$  - điện áp pha thứ cấp biến áp.

So với chỉnh lưu một pha, thì chỉnh lưu tia ba pha có chất lượng điện một chiều tốt hơn, biên độ điện áp đập mạch thấp hơn, thành phần sóng hài bậc cao bé hơn, việc điều khiển các van bán dẫn trong trường hợp này cũng tương đối đơn giản. Với việc dòng điện mỗi cuộn dây thứ cấp là dòng một chiều, nhờ có biến áp ba pha ba trụ mà từ thông lõi thép biến áp là từ thông xoay chiều không đối xứng làm cho công suất biến áp phải lớn (xem hệ số công suất bảng 2), nếu ở đây biến áp được chế tạo từ ba biến áp một pha thì công suất các biến áp còn lớn hơn nhiều. Khi chế tạo biến áp động lực các cuộn dây thứ cấp phải được đấu Y với dây trung tính phải lớn hơn dây pha vì theo sơ đồ hình 8.8a thì dây

trung tính chịu dòng điện tải.

## 5. Chỉnh lưu tia sáu pha:



Hình 8.10. Chỉnh lưu tia sáu pha.

a.- Sơ đồ động lực; b.- đường cong điện áp tải.

Sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha ở trên có chất lượng điện áp tải chưa thật tốt lắm. Khi cần chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta sử dụng sơ đồ nhiều pha hơn. Một trong những sơ đồ đó là chỉnh lưu tia sáu pha. Sơ đồ động lực mô tả trên hình 8.10a.

Sơ đồ chỉnh lưu tia sáu pha được cấu tạo bởi sáu van bán dẫn nối tới biến áp ba pha với sáu cuộn dây thứ cấp, trên mỗi trụ biến áp có hai cuộn giống nhau và ngược pha. Điện áp các pha dịch nhau một góc là  $60^\circ$  như mô tả trên hình 8.10b. Dạng sóng điện áp tải ở đây là phần dương hơn của các điện áp pha với đập mạch bậc sáu. Với dạng sóng điện áp như trên, ta thấy chất lượng điện áp một chiều được coi là tốt nhất.

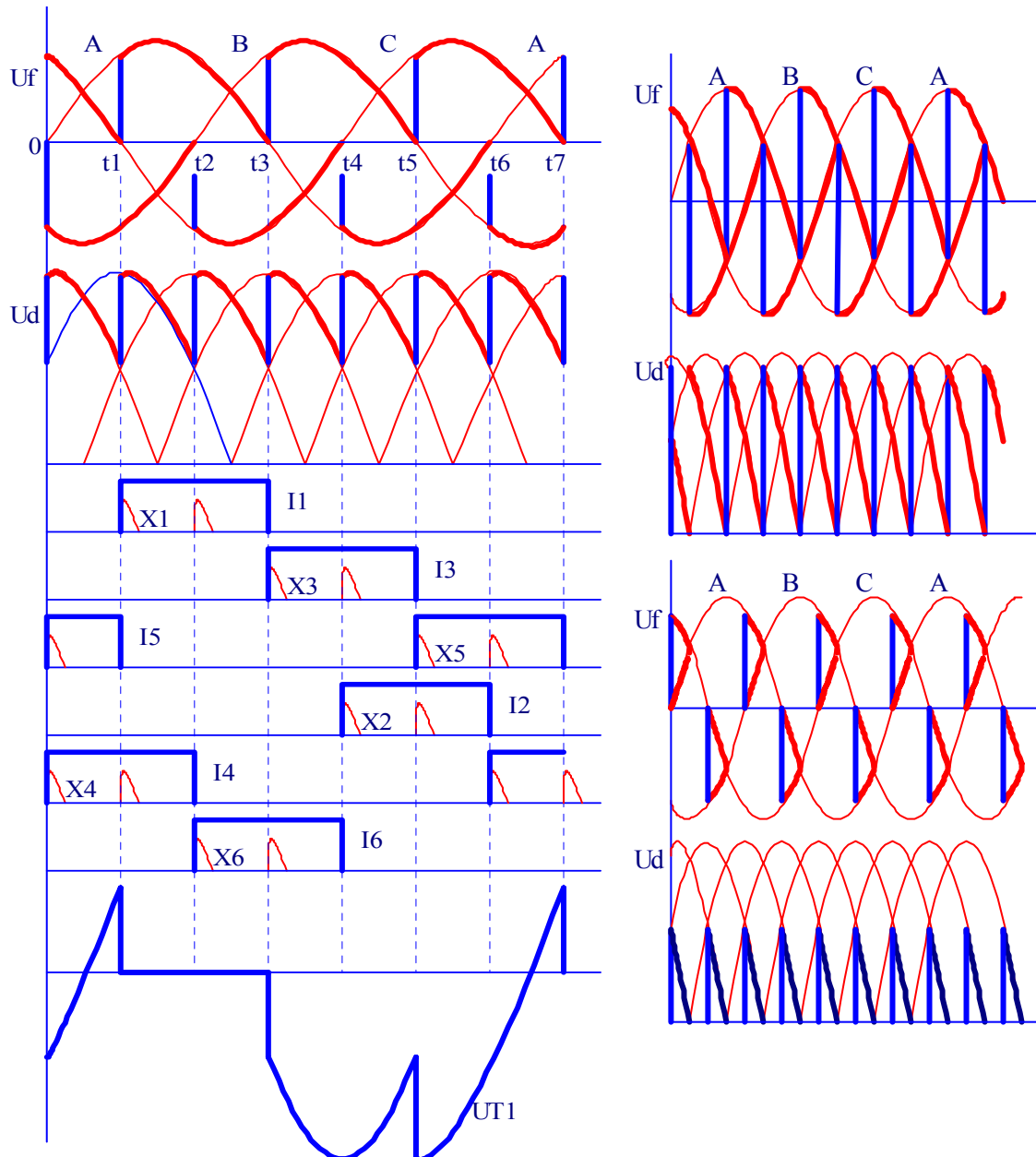
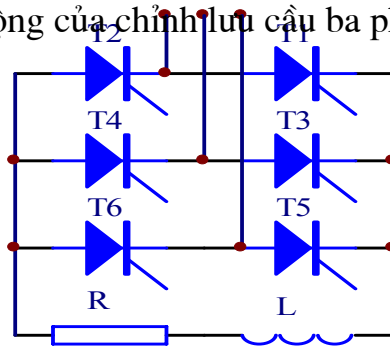
Theo dạng sóng điện áp ra (phần nét đậm trên giản đồ hình 8.10b) chúng ta thấy rằng mỗi van bán dẫn dẫn thông trong khoảng  $1/6$  chu kỳ. So với các sơ đồ khác, thì ở chỉnh lưu tia sáu pha dòng điện chạy qua van bán dẫn bé nhất. Do đó sơ đồ chỉnh lưu tia sáu pha rất có ý nghĩa khi dòng tải lớn. Trong trường hợp đó chúng ta chỉ cần có van nhỏ có thể chế tạo bộ nguồn với dòng tải lớn.

## 6. Chỉnh lưu cầu ba pha.

*Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.*

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng hình 8.11a có thể coi như hai sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha mắc ngược chiều nhau, ba Tiristo T1,T3,T5 tạo thành một chỉnh lưu tia ba pha cho điện áp (+) tạo thành nhóm anod, còn T2,T4,T6 là một chỉnh lưu tia cho ta điện áp âm tạo thành nhóm catod, hai chỉnh lưu này ghép lại thành cầu ba pha.

Theo hoạt động của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, dòng điện



Hình 8.11. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.  
a- sơ đồ động lực, b- giản đồ các đường cong cơ bản,  
c, d - điện áp tải khi góc mở  $\alpha = 60^\circ$

chạy qua tải là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, do đó tại mỗi thời điểm cần mở Tiristo chúng ta cần cấp hai xung điều khiển đồng thời (một xung ở nhóm anod (+), một xung ở nhóm catod (-)). Ví dụ tại thời điểm  $t_1$  trên hình 8.11b cần mở Tiristo T1 của pha A phía anod, chúng ta cấp xung X1, đồng thời tại đó chúng ta cấp thêm xung X4 cho Tiristo T4 của pha B phía catod các thời điểm tiếp theo cũng tương tự. Cần chú ý rằng thứ tự cấp xung điều khiển cũng cần tuân thủ theo đúng thứ tự pha.

Khi chúng ta cấp đúng các xung điều khiển, dòng điện sẽ được chạy từ pha có điện áp dương hơn về pha có điện áp âm hơn. Ví dụ trong khoảng  $t_1 \div t_2$  pha A có điện áp dương hơn, pha B có điện áp âm hơn, với việc mở thông T1, T4 dòng điện được chạy từ A về B.

Khi góc mở van nhỏ hoặc điện cảm lớn, trong mỗi khoảng dẫn của một van của nhóm này (anod hay catod) thì sẽ có hai van của nhóm kia đổi chỗ cho nhau. Điều này có thể thấy rõ trong khoảng  $t_1 \div t_3$  như trên hình 8.11b Tiristo T1 nhóm anod dẫn, nhưng trong nhóm catod T4 dẫn trong khoảng  $t_1 \div t_2$  còn T6 dẫn tiếp trong khoảng  $t_2 \div t_3$ .

Điện áp ngược các van phải chịu ở chỉnh lưu cầu ba pha sẽ bằng 0 khi van dẫn và bằng điện áp dây khi van khoá. Ta có thể lấy ví dụ cho van T1 (đường cong cuối cùng của hình 8.11b) trong khoảng  $t_1 \div t_3$  van T1 dẫn điện áp bằng 0, trong khoảng  $t_3 \div t_5$  van T3 dẫn lúc này T1 chịu điện áp ngược  $U_{BA}$ , đến khoảng  $t_5 \div t_7$  van T5 dẫn T1 sẽ chịu điện áp ngược  $U_{CA}$ .

Khi điện áp tải liên tục, như đường cong  $U_d$  trên hình 8.11b trị số điện áp tải được tính theo công thức (8 -4).

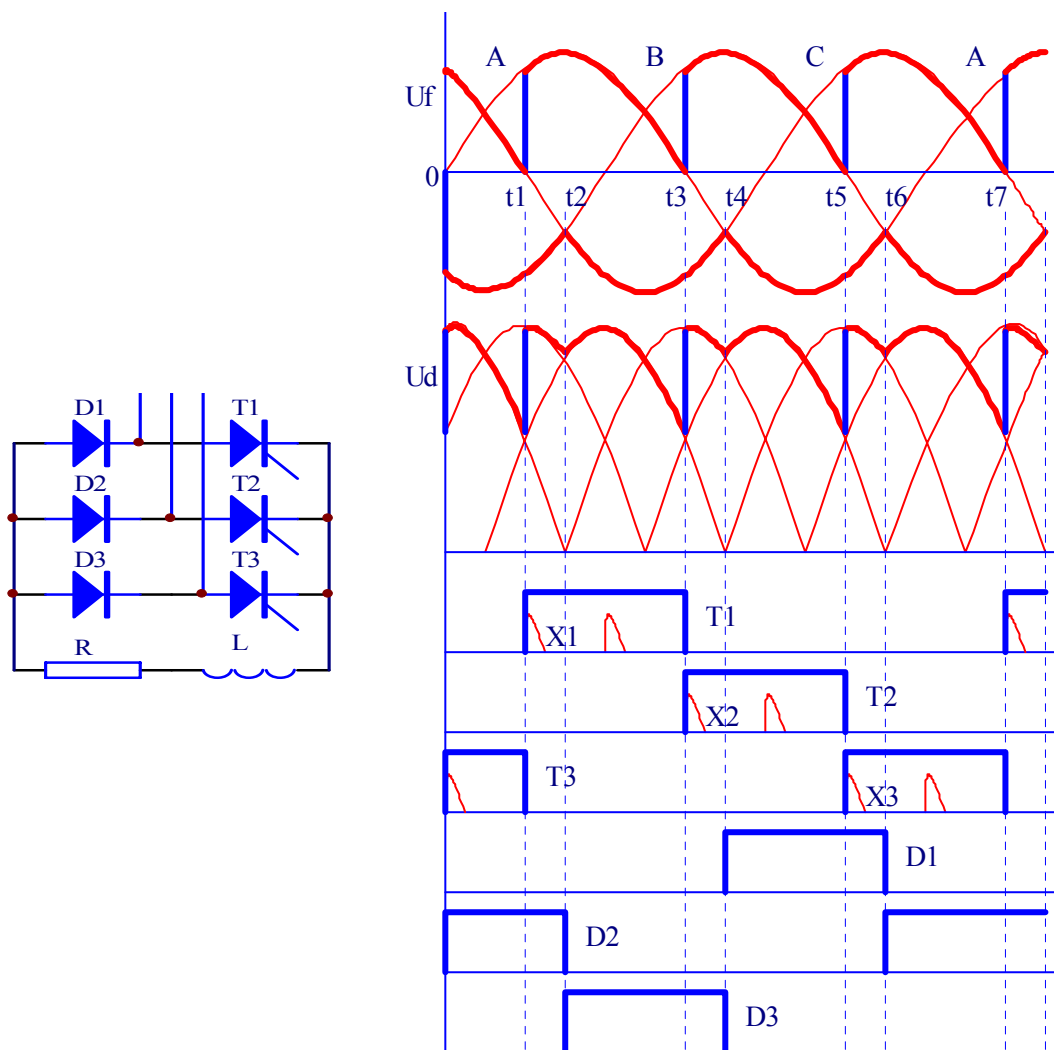
Khi góc mở các Tiristo lớn lên tới góc  $\alpha > 60^\circ$  và thành phần điện cảm của tải quá nhỏ, điện áp tải sẽ bị gián đoạn như các đường nét đậm trên hình 8.11d (khi góc mở các Tiristo  $\alpha = 90^\circ$  với tải thuần trở). Trong các trường hợp này dòng điện chạy từ pha này về pha kia, là do các van bán dẫn có phân cực thuận theo điện áp dây đặt lên chúng (các đường nét mảnh trên giản đồ  $U_d$  của các hình vẽ 8.11b, c, d), cho tới khi điện áp dây đổi dấu, các van bán dẫn sẽ có phân cực ngược nên chúng tự khoá.

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

*Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng.*

Loại chỉnh lưu này được cấu tạo từ một nhóm (anod hoặc catod) điều khiển và một nhóm không điều khiển như mô tả trên hình 8.12a. Trên hình 8.12b mô tả giản đồ nguyên lý tạo điện áp chỉnh lưu (đường cong trên cùng), sóng điện áp tải  $U_d$  (đường cong nét đậm thứ hai trên hình 8.12b), khoảng dẫn

các van bán dẫn T1,T2,T3,D1,D2,D3. Các Tiristo được dẫn thông từ thời điểm có xung mở cho đến khi mở Tiristo của pha kế tiếp. Ví dụ T1 mở thông từ t1 (thời điểm phát xung mở T1) tới t3 (thời điểm phát xung mở T2). Trong trường hợp điện áp tải gián đoạn Tiristo được dẫn từ thời điểm có xung mở cho đến khi điện áp dây đổi dấu. Các diôt tự động dẫn thông khi điện áp đặt lên chúng thuận chiều. Ví dụ D1 phân cực thuận trong khoảng t4 ÷ t6 và nó sẽ mở cho dòng điện chạy từ pha B về pha A trong khoảng t4 ÷ t5 và từ pha C về pha A trong khoảng t5 ÷ t6.



Hình 8.12. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng  
a- sơ đồ động lực, b- giản đồ các đường cong

Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng có dòng điện và điện áp tải liên tục khi góc mở các van bán dẫn nhỏ hơn  $60^\circ$ , khi góc mở tăng lên và thành phần điện cảm của tải nhỏ, dòng điện và điện áp sẽ gián đoạn.

Theo dạng sóng điện áp tải ở trên trị số điện áp trung bình trên tải bằng 0 khi góc mở đạt tới  $180^\circ$ . Người ta có thể coi điện áp trung bình trên tải là kết quả của tổng hai điện áp chỉnh lưu tia ba pha

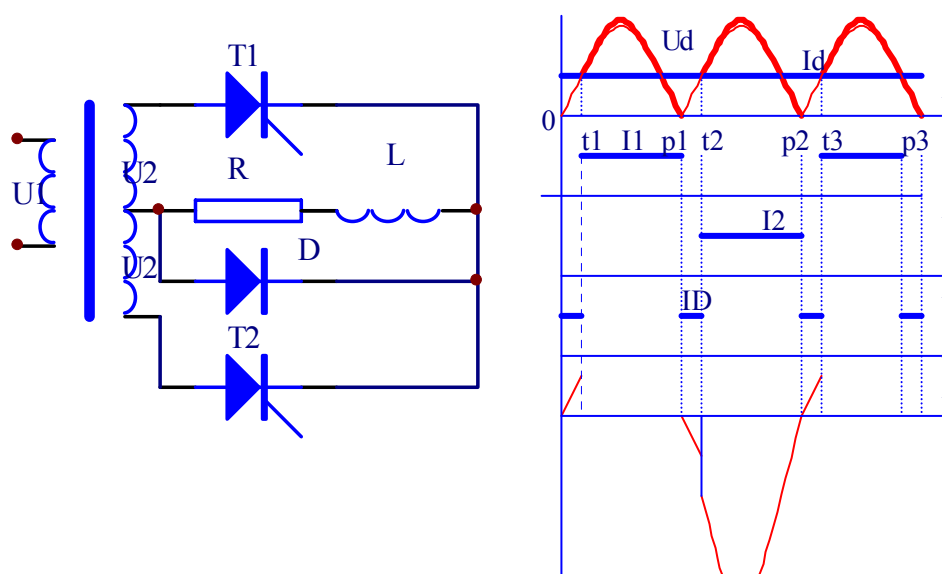
Việc kích mở các van điều khiển trong chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển dễ dàng hơn, nhưng các điều hoà bậc cao của tải và của nguồn lớn hơn.

$$U_{tb} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_f(\max)(1 + \cos \alpha) = \frac{3}{2\pi} U_{day}(\max)(1 + \cos \alpha) \quad (1-6)$$

So với chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, thì trong sơ đồ này việc điều khiển các van bán dẫn được thực hiện đơn giản hơn. Ta có thể coi mạch điều khiển của bộ chỉnh lưu này như điều khiển một chỉnh lưu tia ba pha.

Chỉnh lưu cầu ba pha hiện nay là sơ đồ có chất lượng điện áp tốt nhất, hiệu suất sử dụng biến áp tốt nhất. Tuy vậy đây cũng là sơ đồ phức tạp nhất.

### 7. Chỉnh lưu khi có điôt ngược



Hình 8.13. Chỉnh lưu mộtpha với biến áp trung tính

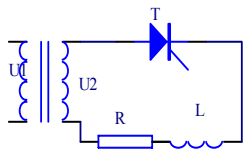
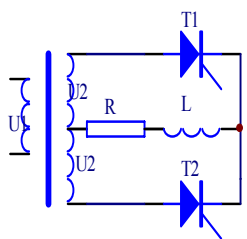
a- sơ đồ động lực b- giản đồ các đường cong.

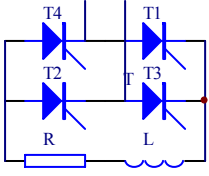
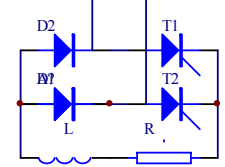
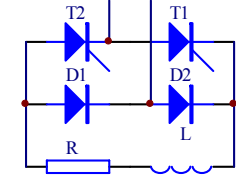
Như đã nêu ở trên, khi chỉnh lưu làm việc với tải điện cảm lớn, năng lượng của cuộn dây tích lũy sẽ được xả ra khi điện áp nguồn đổi dấu. Trong trường hợp này như mô tả trên hình 8. 13 khi điện áp nguồn đổi dấu do điôt D đặt ngược điện áp lên các tiristo (trong các khoảng  $0 \div t_1$ ,  $p_1 \div t_2$ ,  $p_2 \div t_3$ ), nên các tiristo bị khoá điện áp tải bằng 0. Dòng điện chạy qua các tiristo I1, I2 chỉ tồn tại trong khoảng  $(t_1 \div p_1, t_2 \div p_2, t_3 \div p_3)$  tiristo được phân cực thuận. Khi điện áp đổi dấu, năng lượng của cuộn dây tích lũy xả qua điôt, để tiếp tục duy trì dòng điện ID trong mạch tải.

**Chú ý:** Từ đây trở đi thầy soạn để đưa vào sách nên các số hiệu hình vẽ và công thức theo hệ thống công thức mới

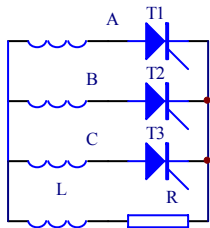
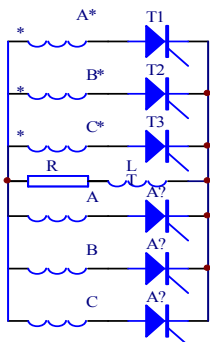
**Các hệ số cơ bản của các sơ đồ chỉnh lưu**

**Bảng 8.1**

Tên sơ đồ chỉnh lưu	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính Ud			Hệ số điện áp		
		Tải thuần trở		Tải điện cảm(dòng liên tục)	chỉnh lưu	so với điện áp tải	so với điện áp xoay chiều
		dòng điện liên tục	dòng điện gián đoạn		$k_u= U_{do}/U_{2f}$	$k_{n1}= U_n/U_{do}$	$k_{n2}= U_n/U_{2f}$
CL nửa chu kỳ		$U_{do}.\frac{1+\cos\alpha}{2}$		$U_{do}.\cos\alpha$	$\frac{\sqrt{2}}{\pi}$ 0,45		$\frac{\sqrt{2}}{1,41}$
CL cả chu kỳ với biến áp có trung tính		$U_{do}.\frac{1+\cos\alpha}{2}$		$U_{do}.\cos\alpha$	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9	$\pi$ 3,14	$2\sqrt{2}$ 2,82

Tên sơ đồ chỉnh lưu	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính Ud		Hệ số điện áp		
		Tải thuần trở		chỉnh lưu	so với điện áp tải	so với điện áp xoay chiều
		dòng điện liên tục	dòng điện gián đoạn			
CL cầu một pha điều khiển ĐX		$U_{do} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$U_{do} \cdot \cos \alpha$	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9	$\frac{\pi}{2}$ 1,57
CL cầu một pha điều khiển KĐX		$U_{do} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$U_{do} \cdot \cos \alpha$	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9	$\frac{\pi}{2}$ 1,57
						

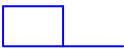
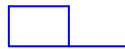
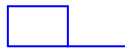
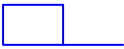
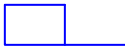
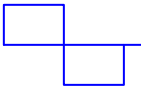
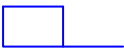
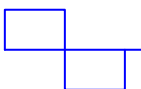
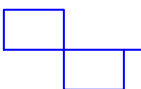
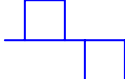
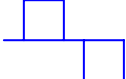


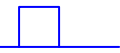
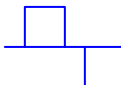
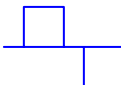
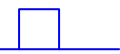
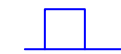
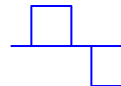
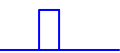
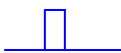
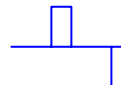
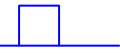
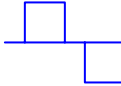
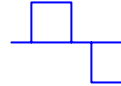
Tên sơ đồ chỉnh lưu	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính Ud			Hệ số điện áp		
		Tải thuần trở		Tải điện cảm(dòng liên tục)	chỉnh lưu	so với điện áp tải	so với điện áp xoay chiều
		dòng điện liên tục	dòng điện gián đoạn				
CL tia ba pha		$U_d \cos \alpha$ $khi \alpha < \frac{\pi}{6}$	$\frac{U_{d0}}{\sqrt{3}} \left[ 1 + \sin \left( \frac{\pi}{3} - \alpha \right) \right]$ $khi \alpha > \frac{\pi}{6}$	$U_d \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{6}}{2\pi}$ 1,17	$\frac{2 \pi}{3}$ 2,09	$\sqrt{6}$ 2,45
CLtia sáu pha		$U_d \cos \alpha$ $khi \alpha < \frac{\pi}{3}$	$U_{d0} \left[ 1 + \sin \left( \frac{\pi}{6} - \alpha \right) \right]$ $khi \alpha > \frac{\pi}{3}$	$U_d \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{2}}{\pi}$ 1,35		$2 \sqrt{2}$ 2,82

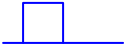
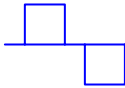
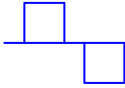
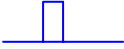
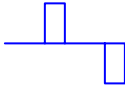
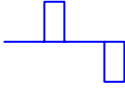
Tên sơ đồ chỉnh lưu	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính Ud		Hệ số điện áp		
		Tải thuần trở		chỉnh lưu	so với điện áp tải	so với điện áp xoay chiều
		dòng điện liên tục	dòng điện gián đoạn			
CL cầu ba pha điều khiển ĐX		$U_d \cos \alpha$ <i>khi <math>\alpha &lt; \frac{\pi}{3}</math></i>	$U_{d0} \left[ 1 + \sin \left( \frac{\pi}{6} - \alpha \right) \right]$ <i>khi <math>\alpha &gt; \frac{\pi}{3}</math></i>	$U_d \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{6}}{\pi}$ 2,34	$\frac{\pi}{3}$ 1,45 $\sqrt{6}$ 2,45
CL cầu ba pha điều khiển KĐX		$U_{d0} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$			$\frac{3\sqrt{6}}{\pi}$ 2,34	$\frac{\pi}{3}$ 1,45 $\sqrt{6}$ 2,45

**Bảng các hệ số dòng điện và biến áp của các sơ đồ chỉnh lưu**

**Bảng 8.2**

Tên sơ đồ chỉnh lưu	Hệ số dòng điện							HSCS biến áp		
	Van bán dẫn			Thứ cấp biến áp		Sơ cấp biến áp		$k_s = \frac{S_{ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s1} = \frac{S_{1ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s2} = \frac{S_{2ba}}{P_{dmax}}$
	Hình dáng dòng điện	TB $k_{tb} = \frac{I_v}{I_d}$	Hiệu dụng $k_{hd} = \frac{I_{hd}}{I_d}$	Hình dáng dòng điện	$k_2 = I_2/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_1 = \frac{I_1}{k_{ba} \cdot I_d}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Một nửa chu kỳ										
cả chu kỳ với BA có trung tính		$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		1,0	1,48	1,23	1,74
Cầu một pha ĐKĐX		$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		1,0			1,23	1,23	1,23
Cầu một pha ĐKKĐX										

Tên sơ đồ chỉnh lưu	Hệ số dòng điện							HSCS biến áp		
	Van bán dẫn			Thứ cấp biến áp		Sơ cấp biến áp		$k_s = \frac{S_{ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s1} = \frac{S_{1ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s2} = \frac{S_{2ba}}{P_{dmax}}$
	Hình dáng dòng điện	TB $k_{tb} = \frac{I_v}{I_d}$	Hiệu dụng $k_{hd} = \frac{I_{hd}}{I_d}$	Hình dáng dòng điện	$k_2 = I_2/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_1 = \frac{I_1}{k_{ba} \cdot I_d}$			
Cầu một pha ĐKKĐX		$\frac{\pi - \alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi - \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$		$\frac{\sqrt{\pi - \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$		$\frac{\sqrt{\pi - \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$			
		$\frac{\pi + \alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi + \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$							
Tia ba pha		$\frac{1}{3}$ 0,33	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82	1,34 5	1,20 9	1,48
Tia sáu pha		$\frac{1}{6}$ 0,17	$\frac{1}{\sqrt{6}}$		$\frac{1}{2\sqrt{3}}$ 0,29		$1/\sqrt{2}$ 0,71	1,26	1,05	1,48
Cầu ba pha ĐX		$\frac{1}{3}$ 0,33	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82	1,05	1,05	1,05

Tên sơ đồ chỉnh lưu	Hệ số dòng điện							HSCS biến áp		
	Van bán dẫn			Thứ cấp biến áp		Sơ cấp biến áp		$k_s = \frac{S_{ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s1} = \frac{S_{1ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s2} = \frac{S_{2ba}}{P_{dmax}}$
	Hình dáng dòng điện	TB $k_{tb} = \frac{I_v}{I_d}$	Hiệu dụng $k_{hd} = \frac{I_{hd}}{I_d}$	Hình dáng dòng điện	$k_2 = I_2/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_1 = \frac{I_1}{k_{ba} \cdot I_d}$			
Cầu ba pha KĐX	$\alpha < \pi/3$ 	$\frac{1}{3}$ 0,33	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82 khi $\alpha < \pi/3$			
	$\alpha > \pi/3$ 	$\frac{\pi - \alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi - \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$		khi $\alpha < \pi/3$					

## 8.2. Mô tả khái quát yêu cầu của tải

Sau khi nhận được nhiệm vụ và nội dung thiết kế, người thiết kế cần tìm hiểu tài liệu về loại tải, trong các tài liệu chuyên sâu của loại tải mà cần phải thiết kế bộ nguồn cấp điện.

Điều cần thiết nhất của là phải có một số hiểu biết về loại tải mà mình cấp điện, những đặc điểm cơ bản, những yêu cầu của tải đối với nguồn điện (chẳng hạn như trị số hay hình dáng dòng điện có gì đặc biệt, độ ổn định và vùng điều chỉnh điện áp trên tải...).

*Ví dụ: Thiết kế nguồn chỉnh lưu cho tải mạ điện. Người thiết kế cần tìm hiểu các giáo trình chuyên ngành điện hoá, chuyên sâu mạ điện, để có hiểu biết cơ bản cần thiết về mạ điện. Những kiến thức cần biết tối thiểu mà người thiết kế cần biết là có những phương pháp mạ nào hiện nay đang dùng, mạ điện là gì? Cấu trúc một bể mạ như thế nào? Dòng điện cần chạy qua bể mạ phụ thuộc những yếu tố nào? Điện áp cần cấp cho bể mạ là điện một chiều. Tải mạ điện thuộc loại tải R-C-E. Tuy nhiên điện trở trong của bể mạ nhỏ do đó hằng số thời gian nạp, xả tụ rất nhỏ. Có thể coi ảnh hưởng của tụ là không đáng kể. Sức điện động E trong bể mạ thường nhỏ nên chúng ta cũng có thể bỏ qua.*

## 8.3. Lựa chọn sơ đồ thiết kế.

Trên cơ sở của những hiểu biết đã thu được ở phần tìm hiểu công nghệ, tiến hành chọn sơ đồ thiết kế. Đây là khâu quan trọng nhất có tính chất quyết định sự đúng đắn của toàn bộ TK. Để có thể làm tốt được việc này, trước tiên cần xác định loại nguồn thiết kế là loại nguồn nào, trong các loại nguồn cơ bản: chỉnh lưu; điều khiển điện áp xoay chiều; băm áp một chiều hay thiết bị biến tần.

Sau khi xác định được nguồn cơ bản thì tiến hành nghiên cứu một cách tương đối chi tiết về loại nguồn đó.

*Ví dụ: Thiết kế bộ nguồn cho tải mạ điện, thì sau khi tìm hiểu về công nghệ mạ, ta biết rằng loại nguồn cơ bản cho mạ điện là điện một chiều. Các loại nguồn một chiều có thể cấp điện cho bể mạ bao gồm máy phát điện một chiều, chỉnh lưu. Máy phát điện một chiều với nhược điểm: cồng kềnh mau hỏng; thiết bị công kênh; làm việc có tiếng ồn lớn.....hiện nay không được dùng trong thực tế. Chỉnh lưu với các ưu điểm: thiết bị gọn nhẹ; tác động nhanh; dễ tự động hoá; dễ điều khiển và ổn định dòng và áp... được dùng nhiều để làm nguồn cấp cho tải mạ điện.....*

Để có thể chọn được sơ đồ chỉnh lưu nào cho phù hợp, cần tiến hành phân loại tất cả các loại sơ đồ chỉnh lưu hiện có, bao gồm chỉnh lưu một nửa chu kỳ, chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính, chỉnh lưu cầu một pha, chỉnh lưu tia ba pha, chỉnh lưu tia sáu pha, chỉnh lưu cầu ba pha. Khi tìm hiểu phân loại cần

*chú ý:* các thông số cơ bản, đặc điểm của sơ đồ khi có và không điều khiển, hoạt động, ưu nhược điểm của sơ đồ.

Qua việc phân tích ưu, nhược điểm của các sơ đồ chúng ta tiến hành chọn một sơ đồ hợp lý cho tải.

**Căn cứ chọn sơ đồ chỉnh lưu thiết kế là:**

- Yêu cầu của tải về chất lượng nguồn cấp, dải điều khiển, độ ổn định dòng điện và điện áp tải.
- Các thông số cơ bản của tải: công suất; điện áp ; dòng điện; độ đập mạch cho phép.
- Loại nguồn cấp- một chiều hay xoay chiều, một pha hay ba pha, trị số điện áp và tần số.
- Khả năng có thể có về nguồn vật tư linh kiện, nhất là các van bán dẫn động lực.
- Giá thành, kích thước.
- Các căn cứ phụ khác.

**Một số gợi ý về cách lựa chọn sơ đồ như sau:**

Chỉnh lưu một pha thường được chọn khi nguồn cấp là lưới điện một pha, hoặc công suất không quá lớn so với công suất lưới (làm mất đối xứng điện áp lưới) và tải không có yêu cầu quá cao về chất lượng điện áp một chiều.

Trong chỉnh lưu một pha, nếu tải có dòng điện lớn và điện áp thấp, thì sơ đồ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ với biến áp có trung tính có ưu điểm hơn. Bởi vì trong sơ đồ này tổn hao trên van bán dẫn ít hơn, nên công suất tổn hao trên van so với công suất tải nhỏ hơn, hiệu suất thiết bị cao hơn, điện áp ngược của van lớn (nếu điện áp cao mà chọn sơ đồ này có thể không chọn được van bán dẫn). Nếu tải có điện áp cao và dòng điện nhỏ, thì việc chọn sơ đồ cầu chỉnh lưu một pha hợp lý hơn, bởi vì hệ số điện áp ngược của van trong sơ đồ cầu nhỏ hơn, do đó chúng ta dễ chọn van hơn.

Khi sử dụng sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha, đối với những loại tải không cần làm việc ở chế độ nghịch lưu hoàn trả năng lượng về lưới, nên chọn sơ đồ chỉnh lưu cầu điều khiển không đối xứng. Vì trong sơ đồ này tại mỗi thời điểm phát xung điều khiển chúng ta chỉ cần cấp một xung (ở chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng chúng ta phải cấp hai xung điều khiển cho hai Tiristo đồng thời), sơ đồ mạch điều khiển đơn giản hơn.

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng được dùng nhiều đối với các loại

tải có làm việc ở chế độ nghịch lưu hoàn trả năng lượng về lưới, như động cơ điện một chiều chẳng hạn.

Đối với các loại tải có điện cảm lớn (ví dụ như cuộn dây kích từ của máy điện), để lợi dụng năng lượng của cuộn dây xả ra và bảo vệ van khi mất điện đột ngột, người ta hay chọn phương án mắc thêm một điôt ngược song song với tải.

Các sơ đồ chỉnh lưu ba pha thường được chọn, khi nguồn cấp là lưới ba pha công nghiệp và khi tải có yêu cầu cao về chất lượng điện áp một chiều.

Chỉnh lưu tia ba pha thường được lựa chọn, khi công suất tải không quá lớn so với biến áp nguồn cấp (để tránh gây mất đối xứng cho nguồn lưới), và khi tải có yêu cầu không quá cao về chất lượng điện áp một chiều. Đối với các loại tải có điện áp một chiều định mức là 220V, sơ đồ tia ba pha có ưu điểm hơn tất cả. Bởi vì theo sơ đồ này, khi chỉnh lưu trực tiếp từ lưới chúng ta có điện áp một chiều là  $220V \cdot 1,17 = 257,4V$ . Để có điện áp 220V không nhất thiết phải chế tạo biến áp, mà chỉ cần chế tạo ba cuộn kháng anod của van là đủ.

Chỉnh lưu cầu ba pha nên chọn, khi cần chất lượng điện áp một chiều tốt, vì đây là sơ đồ có chất lượng điện áp ra tốt nhất, trong các sơ đồ chỉnh lưu thường gặp. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng có mạch điều khiển đơn giản hơn, nên trong đa số các trường hợp người ta hay chọn phương án cầu ba pha điều khiển không đối xứng. Ví dụ làm nguồn cho máy hàn một chiều, điều khiển kích từ máy phát xoay chiều công suất nhỏ, các bộ nguồn cho các thiết bị điện hoá như mạ điện, điện phân....

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng được dùng nhiều trong các trường hợp tải có yêu cầu về việc hoàn trả năng lượng về lưới, ví dụ như điều khiển động cơ điện một chiều.

Để giảm tiết diện dây quấn thứ cấp biến áp, các cuộn dây thứ cấp biến áp có thể đấu tam giác ( $\Delta$ ).

Sơ đồ tia sáu pha, với việc chế tạo biến áp phức tạp và phải làm thêm cuộn kháng cân bằng, nên thường được lựa chọn khi tải có dòng điện quá lớn mà theo sơ đồ cầu ba pha chúng ta không chọn được van theo dòng điện.

Cùng một trị số điện áp và dòng điện tải như nhau, sử dụng sơ đồ càng nhiều pha dòng điện làm việc của van bán dẫn càng nhỏ. Các sơ đồ cầu bao giờ cũng có điện áp làm việc của van nhỏ hơn so với sơ đồ tia cùng loại (xem các hệ số này trong bảng 8.1)

#### **8.4. Tính chọn các thông số cơ bản của mạch động lực.**

Sau khi lựa chọn xong sơ đồ thì bước tiếp theo là tiến hành tính toán các



thông số cơ bản của sơ đồ thiết kế.

Các thông số cơ bản của mạch động lực cần được tính chọn là: các van bán dẫn động lực, máy biến áp động lực (hoặc cuộn kháng trong mạch động lực), aptomat, cầu chì, dây nối.....

#### **8.4.1 Tính chọn van động lực:**

Hai thông số cần quan tâm nhất khi chọn van bán dẫn cho chỉnh lưu là điện áp và dòng điện, các thông số còn lại là những thông số tham khảo khi lựa chọn.

Khi đã đáp ứng được hai thông số cơ bản trên các thông số còn lại có thể tham khảo theo gợi ý sau:

- Loại van nào có sụt áp  $\Delta U$  nhỏ hơn sẽ có tổn hao nhiệt ít hơn.
- Dòng điện rò của loại van nào nhỏ hơn thì chất lượng tốt hơn.
- Nhiệt độ cho phép của loại van nào cao hơn thì khả năng chịu nhiệt tốt hơn.
- Điện áp và dòng điện điều khiển của loại van nào nhỏ hơn, công suất điều khiển thấp hơn.
- Loại van nào có thời gian chuyển mạch bé hơn sẽ nhạy hơn. Tuy nhiên trong đa số các van bán dẫn thời gian chuyển mạch thường tỷ lệ nghịch với tổn hao công suất.

Các van động lực được lựa chọn dựa vào các yếu tố cơ bản là: dòng tải, sơ đồ đã chọn, điều kiện toả nhiệt, điện áp làm việc.

Các thông số cơ bản của van động lực được tính như sau:

Điện áp ngược của van được tính:

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot U_2 \quad (8 - 1)$$

với  $U_2 = U_d/k_u$  thay vào (8 -1) lúc đó  $U_{lv}$  có thể tính

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot \frac{U_d}{k_u} \quad (8 - 2)$$

Trong đó:  $U_d$ ,  $U_2$ ,  $U_{lv}$  - điện áp tải, nguồn xoay chiều, ngược của van;  
 $k_{nv}$ ,  $k_u$  - các hệ số điện áp ngược và điện áp tải. Các hệ số này tra từ bảng 8.1.

Để có thể chọn van theo điện áp hợp lý, thì điện áp ngược của van cần chọn phải lớn hơn điện áp làm việc được tính từ công thức (8 -2), qua một hệ số dự trữ  $k_{dtU}$

$$U_{nv} = k_{dtU} \cdot U_{lv}. \quad (8-3)$$

$k_{dtU}$  thường được chọn lớn hơn 1,6.

Tính dòng điện của van.

Dòng điện làm việc của van được chọn theo dòng điện hiệu dụng chạy qua van theo sơ đồ đã chọn ( $I_{lv} = I_{hd}$ ). Dòng điện hiệu dụng được tính:

$$I_{hd} = k_{hd} \cdot I_d \quad (8-4)$$

Trong đó:  $I_{hd}$ ,  $I_d$  - Dòng điện hiệu dụng của van và dòng điện tải;

$k_{hd}$  - Hệ số xác định dòng điện hiệu dụng (tra bảng 8.2).

Để van bán dẫn có thể làm việc an toàn, không bị chọc thủng về nhiệt, cần phải chọn và thiết kế hệ thống tỏa nhiệt hợp lý. Theo điều kiện tỏa nhiệt đã được chọn tiến hành tính thông số dòng điện định mức của van cần có.

Dòng điện định mức của van ( $I_{dmv}$ ) có thể chọn theo gợi ý sau: khi không cánh tỏa nhiệt và tổn hao trên van  $\Delta P < 20W$  được chọn dòng điện làm việc tới 10%  $I_{dmv}$  ( $I_{dmv} > 10 I_{lv}$ ), khi có cánh tỏa nhiệt với đủ diện tích bề mặt cho phép van làm việc tới 40%  $I_{dmv}$  ( $I_{dmv} > 2,5 I_{lv}$ ), khi có cánh tỏa nhiệt đủ diện tích bề mặt và có quạt thông gió có thể cho phép van làm việc tới 60%  $I_{dmv}$  ( $I_{dmv} > 1,6 I_{lv}$ ), khi có điều kiện làm mát bằng nước có thể cho phép làm việc gần tới 100%  $I_{dmv}$ .

Vì quá trình thông gió tự nhiên không được tốt lắm, do đó khi tổn hao trên van  $\Delta P_v = \Delta U_v \cdot I_{lv}$  cỡ khoảng 100 W/van trở lên, việc đối lưu không khí tự nhiên xung quanh cánh tỏa nhiệt xảy ra chậm, nhiệt độ tỏa ra môi trường không kịp. Vì vậy theo kinh nghiệm, khi  $\Delta P_v > 100$  W/van cần có quạt làm mát cưỡng bức. Chi tiết về cách chọn van tham khảo trong phần bảo vệ quá dòng van trong tài liệu này.

Ví dụ: Cần chọn van động lực cho một bộ chỉnh lưu cầu một pha với thông số cơ bản của sơ đồ chỉnh lưu:  $U_d = 100$  V,  $I_d = 100$  A.

Van động lực cần chọn có thông số:

Điện áp ngược của van

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot U_2$$

với  $U_2 = U_d / k_U$ ; cho sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha  $k_{nv} = \sqrt{2}$ ;  $k_U = 0,9$  thay vào ta có:

Dòng điện làm việc của van cần có

$$U_{lv} = \sqrt{2} \cdot \frac{100}{0,9} = 157 \text{ V}$$

$$I_{lv} = I_{hd} = k_{hd} \cdot I_d$$

thay số vào với  $k_{hd}$  tra từ bảng 2 ta có

$$I_{lv} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 71 \text{ A}$$

Trong đó:  $U_{lv}$  - điện áp cực đại khi làm việc [V];

$I_{lv}, I_{vhd}$  - dòng điện làm việc và dòng điện hiệu dụng của van [A];

$k_U$  - hệ số điện áp của sơ đồ;

$k_{hd}$  - hệ số dòng điện hiệu dụng;

(các hệ số  $k_{hd}, k_U$  tra trong Bảng 8.1, 8.2 của tài liệu này)

Với các thông số làm việc của van ở trên, chọn điều kiện làm việc của van là có cánh toả nhiệt với đầy đủ diện tích toả nhiệt, không quạt đối lưu không khí (điều kiện làm việc của van do người thiết kế tự chọn).

Thông số cần có của van động lực là:

$$U_{nv} = k_{dtU} \cdot U_{lv} = 2 \cdot 157 = 314 \text{ V (chọn } k_{dtU} = 1.6 \div 2)$$

$$I_{dmv} = k_i \cdot I_{lv} = 4 \cdot 70 = 280 \text{ A (với điều kiện làm mát đã chọn } I_{lv} = (10 \div 30) \% I_{dmv} \text{ ở đây chọn } I_{lv} = 25\% I_{dmv})$$

Để có thể chọn được van cho làm việc với các thông số định mức cơ bản trên, chúng ta tra bảng thông số các van (điôt, tiristo) chọn các van có thông số điện áp ngược ( $U_{nv}$ ), dòng điện định mức ( $I_{dmv}$ ) lớn hơn gần nhất với thông số đã tính được ở trên.

Theo cách đó có thể chọn ví dụ (tra từ bảng 8.4, 8.5):

*Điôt loại HD310/04-6 với các thông số định mức :*

- Dòng điện định mức của van  $I_{dmv} = 300 \text{ A}$ ,
- Điện áp ngược cực đại của van  $U_{nv} = 400 \text{ V}$ ,
- Độ sụt áp trên van  $\Delta U = 1,6 \text{ V}$ ,
- Dòng điện dò  $I_r = 15 \text{ mA}$ ,

*Hoặc tiristo loại ST303S04MFK3 có các thông số định mức:*

- Dòng điện định mức của van  $I_{dmv} = 300 \text{ A}$ ,
- Điện áp ngược cực đại của van  $U_{nv} = 400 \text{ V}$ ,
- Độ sụt áp trên van  $\Delta U = 2,2 \text{ V}$ ,

- Dòng điện dòng  $I_r = 50 \text{ mA}$ ,
- Điện áp điều khiển  $U_{dk} = 3 \text{ V}$ ,
- Dòng điện điều khiển  $I_{dk} = 0,2 \text{ A}$ .

#### 8.4.2 Tính toán máy biến áp:

Các đại lượng cần có cho tính toán một biến áp chỉnh lưu:

##### 1. Điện áp chỉnh lưu không tải

$$U_{do} = U_d + \Delta U_v + \Delta U_{ba} + \Delta U_{dn} \quad (8 - 5)$$

Trong đó:  $U_d$  - điện áp chỉnh lưu;

$\Delta U_v$  - sụt áp trên các van (trị số này được lấy từ các thông số của các van đã chọn ở trên) ;

$\Delta U_{ba} = \Delta U_r + \Delta U_l$  - sụt áp bên trong biến áp khi có tải, bao gồm sụt áp trên điện trở  $\Delta U_r$  và sụt áp trên điện cảm  $\Delta U_l$  những đại lượng này khi chọn sơ bộ vào khoảng  $(5 \div 10) \%$ ;

$\Delta U_{dn}$  - sụt áp trên dây nối;

$$\Delta U_{dn} = R_{dn} \cdot I_d = (\rho \cdot l / S) \cdot I_d \quad (8 - 6)$$

##### 2. Xác định công suất tối đa của tải ví dụ với tải chỉnh lưu xác định

$$P_{dmax} = U_{do} \cdot I_d \quad (8 - 7)$$

##### 3. Công suất biến áp nguồn cấp được tính

$$S_{ba} = k_s \cdot P_{dmax} \quad (8 - 8)$$

Trong đó :  $S_{ba}$  - công suất biểu kiến của biến áp [W];

$k_s$  - hệ số công suất theo sơ đồ mạch động lực (có thể tra ở bảng

2)

$P_{dmax}$  - công suất cực đại của tải [W].

##### 4. Tính toán sơ bộ mạch từ

Tiết diện trụ  $Q_{Fe}$  của lõi thép biến áp được tính từ công suất:

$$Q_{Fe} = k_Q \sqrt{\frac{S_{ba}}{m \cdot f}} \quad [\text{cm}^2] \quad (8 - 9)$$

Trong đó :

$S_{ba}$  - công suất biến áp tính bằng [W];

$k_Q$  - hệ số phụ thuộc phương thức làm mát;

$k_Q = 4 \div 5$  nếu là biến áp dầu;

$k_Q = 5 \div 6$  nếu là biến áp khô;

$m$  - số trụ của máy biến áp (biến áp ba pha có  $m=3$ , một pha có  $m=1$ );

$f$  - tần số nguồn điện xoay chiều  $f=50$  Hz.

Tiết diện của trụ gần đúng có thể tính theo công thức kinh nghiệm

$$Q_{Fe} = 1,0 \sqrt{\frac{S_{ba}}{m}} [\text{cm}^2] \quad (8 - 10)$$

#### 5. Tính toán dây quấn biến áp.

Thông số các cuộn dây cần tính bao gồm số vòng và kích thước dây.

Thông số các cuộn dây quấn sơ cấp và các cuộn dây thứ cấp, nói chung cách tính dây sơ cấp và thứ cấp như nhau nên ở đây chỉ giới thiệu cách tính chung cho các cuộn dây.

Số vòng dây của mỗi cuộn được tính

$$W = \frac{U \cdot 10^{-4}}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B} \quad (\text{vòng}) \quad (8 - 11)$$

Trong đó:  $W$  - số vòng dây của cuộn dây cần tính

$U$  - điện áp của cuộn dây cần tính [V];

$B$  - từ cảm (thường chọn trong khoảng  $1,0 \div 1,8$ ) Tesla tùy thuộc chất lượng tôn).

$Q_{Fe}$  - tiết diện lõi thép [ $\text{cm}^2$ ].

Nếu coi  $f = 50$  Hz, chọn  $B = 1$  Tesla lúc đó gần đúng có thể tính

$$W = 45 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}} \quad (\text{vòng}) \quad (8 - 12)$$

Thay các thông số điện áp sơ cấp  $U_1$ , thứ cấp  $U_2$  vào (8 - 11) hay (8 - 12) ta tính được số vòng dây sơ cấp  $W_1$  và thứ cấp  $W_2$  cần tính.

Điện áp của các cuộn dây.

- Điện áp cuộn dây thứ cấp được tính:

$$U_2 = \frac{U_{d0}}{k_U} \quad (8-13)$$

Trong đó:  $U_{d0}$  - tính từ (8-5);

$k_U$  - tra từ hệ số điện áp chỉnh lưu bảng 8.1.

- Điện áp cuộn dây sơ cấp  $U_1$  bằng điện áp nguồn cấp.

Tính dòng điện của các cuộn dây.

Cách thứ nhất:

Xác định dòng điện các cuộn dây bằng cách tra dòng điện sơ và thứ cấp theo bảng 8.2

Cách thứ hai:

Đối với những chỉnh lưu có dòng điện xoay chiều đối xứng như các chỉnh lưu cầu, dòng điện được tính gián tiếp qua công suất phía sơ và thứ cấp.

$$I_1 = \frac{S_{1ba}}{U_1} \quad (8-14)$$

$$I_{21} = \frac{S_{21ba}}{U_2} \quad (8-15)$$

với:

$$S_{1ba} = k_{s1} \cdot P_{dmax}. \quad (8-16)$$

$$S_{2ba} = k_{s2} \cdot P_{dmax}. \quad (8-17)$$

Trong đó:  $S_{1ba}, S_{2ba}$  - công suất phía sơ, thứ cấp biến áp.

$k_{s1}, k_{s2}$  - các hệ số công suất phía sơ, thứ cấp của biến áp. Các hệ số này có thể tra theo bảng 8.2.

Tính tiết diện dây dẫn:

$$S_{Cu} = \frac{I}{J} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (8-18)$$

Trong đó:  $I$  - dòng điện chạy qua cuộn dây [A];

$J$  - mật độ dòng điện trong biến áp thường chọn  $2 \div 2,75$  [A/mm<sup>2</sup>]

Nếu chọn dây quấn tròn thì đường kính dây được tính:

$$(8-19)$$

$$d = \sqrt{\frac{4S_{Cu}}{\pi}}$$

Trong đó: d - đường kính dây quấn.

$S_{Cu}$  – tiết diện dây quấn.

Nếu chọn dây quấn chữ nhật, cần tra bảng kích thước dây (bảng 8.3a) để chọn kiểu và kích thước dây

#### 6. Tính kích thước mạch từ

Chọn sơ bộ các kích thước cơ bản của mạch từ

Chọn hình dáng của trụ

Nếu công suất nhỏ (dưới 10 KVA) người ta thường chọn trụ chữ nhật (hình 8.1) với các kích thước  $Q_{Fe} = a \cdot b$ . Trong đó a - bề rộng trụ, b - bề dày trụ

Nếu công suất lớn người ta chọn trụ nhiều bậc [.....]

Chọn lá thép: thường lá thép có các độ dày 0,35 mm và 0,5 mm

Diện tích cửa sổ cần có:

$$Q_{cs} = Q_{cs1} + Q_{cs2} \quad (8-20)$$

với:

$$Q_{cs1} = k_{ld} \cdot W_1 \cdot S_{Cu1}$$

$$Q_{cs2} = k_{ld} \cdot W_2 \cdot S_{Cu2}$$

Trong đó:  $Q_{cs}$ , - diện tích cửa sổ [ $mm^2$ ];

$Q_{cs1}, Q_{cs2}$  - phần do cuộn sơ cấp và thứ cấp chiếm chỗ [ $mm^2$ ];

$W_1, W_2$  - số vòng dây sơ, thứ cấp;

$S_{Cu1}, S_{Cu2}$  - tiết diện dây quấn sơ, thứ cấp [ $mm^2$ ];

$k_{ld}$  - hệ số lấp đầy thường chọn 2,0 ÷ 3,0

Chọn kích thước cửa sổ.

Khi đã có diện tích cửa sổ  $Q_{cs}$ , cần chọn các kích thước cơ bản (chiều cao h và chiều rộng c với  $Q_{cs} = c \cdot h$ ) của cửa sổ mạch từ. Các kích thước cơ bản này của lõi thép do người thiết kế tự chọn. Những số liệu đầu tiên có thể tham khảo chiều cao h và chiều rộng cửa sổ c được chọn dựa vào các hệ số phụ  $m = h/a$ ;  $n = c/a$ ;  $l = b/a$ . Kinh nghiệm cho thấy đối với lõi thép hình E thì  $m = 2,5$ ;  $n = 0,5$ ;  $l = 1 \div 1,5$ ; là tối ưu hơn cả. Tuy nhiên những hệ số phụ này sau khi tính xong mạch từ có thể không hợp lý cho một số trường hợp, lúc đó người thiết kế cần thay đổi các chỉ

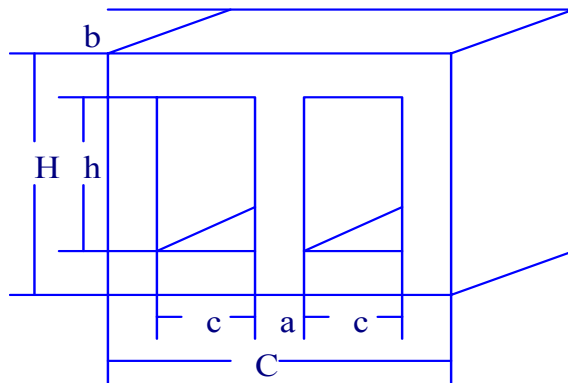
số phụ cho để tính lại.

Chiều rộng toàn bộ mạch từ  $C = 2c + x.a$  ( $x=2$  nếu là biến áp một pha,  $x = 3$  nếu là biến áp ba pha), chiều cao mạch từ  $H = h + z.a$  ( $z=1$  nếu là biến áp một pha,  $z = 2$  nếu là biến áp ba pha)

Hình dáng kết cấu mạch từ thể hiện như hình 8.1

#### 7. Kết cấu dây quấn:

Dây quấn được bố trí theo chiều dọc trụ, mỗi cuộn dây được quấn thành nhiều lớp dây. Mỗi lớp dây được quấn liên tục, các vòng dây sát nhau. Các lớp dây cách điện với nhau bằng các bìa cách điện. Cách tính các thông số này như sau:



Hình 8.1 Sơ đồ kết cấu lõi thép biến áp

Số vòng dây trên mỗi lớp  $W_{II}$ :

Khi dây quấn tiết diện tròn được tính

$$W_{II} = \frac{h - h_g}{d_n} \quad (8 - 21)$$

Trong đó:  $h$  - chiều cao cửa sổ,

$d_n$  - đường kính dây quấn kể cả cách điện;

$h_g$  - khoảng cách cách điện với gông có thể tham khảo chọn  $h_g =$

$2.d_n$ .

Khi dây quấn tiết diện hình chữ nhật được tính:

$$W_{II} = \frac{h - h_g}{b_n} \quad (8 - 22)$$

Trong đó:  $b_n$  - chiều rộng của dây quấn chữ nhật kể cả cách điện.



$h_g$  - khoảng cách cách điện, khi dây quấn chữ nhật có kích thước lớn, thường chọn trong khoảng (2 - 10)mm.

Số lớp dây  $S_{ld}$  trong cửa sổ được tính bằng tỷ số, số vòng dây  $W$  của cuộn dây  $W_1$  hoặc  $W_2$  cần tính, trên số vòng dây trên một lớp  $W_{1l}$

$$S_{ld} = \frac{W}{W_{1l}}$$

Bề dày của mỗi cuộn dây bằng tổng bề dày của các lớp dây  $d$ .  $s_{ld}$  cộng cách điện các lớp dây trong cuộn dây cần tính lớp  $cd.s_{ld}$ .

$$Bd_{ct} = d \cdot s_{ld} + cd \cdot s_{ld} \quad (8 - 23)$$

Trong đó:

$Bd_{ct}$  - bề dày của cuộn dây cần tính,

$cd$  - bề dày của bìa cách điện.

Bìa cách điện có các độ dày: 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 mm.

$d_n$  - đường kính ngoài của dây (nếu dây quấn tiết diện hình chữ nhật thì thay  $d_n$  bằng  $a_n$ ).

Tổng bề dày các cuộn dây  $Bd$

$$Bd = Bd_1 + Bd_2 + ..... + cd_t + cd_n \quad (8 - 24)$$

Trong đó:  $Bd_1, Bd_2$  - bề dày cuộn dây sơ và thứ cấp;

$cd_v, cd_n$  - bề dày cách điện trong cùng và ngoài cùng.

Trước khi tính khối lượng sắt và đồng cần kiểm tra xem cửa sổ đã chọn đã hợp lý chưa. Kích thước cửa sổ  $c, h$  chỉ đúng khi bề dày các cuộn dây phải nhỏ hơn chiều rộng cửa sổ ( $Bd < c$  đối với biến áp một pha và  $2Bd < c$  nếu là biến áp ba pha). Kích thước hợp lý giữa cuộn dây và trụ  $\Delta c = c - Bd$  với biến áp một pha và  $\Delta c = c - 2.Bd$  với biến áp ba pha trong khoảng (0,5 - 2) cm. Khoảng cách này cần thiết để đảm bảo cách điện và làm mát. Trong trường hợp ngược lại, bề dày  $Bd$  các cuộn dây lớn hơn chiều rộng  $c$  của cửa sổ, chọn lại các kích thước cửa sổ  $c, h$ .

8. Khối lượng sắt.

Khối lượng sắt bằng tích của thể tích  $V_{Fe}$  trụ và gông nhân với trọng lượng riêng của sắt  $m_{Fe}$ :

$$M_{Fe} = V_{Fe} \cdot m_{Fe} \quad (kg) \quad (8 - 25)$$

Trong đó:

$V_{Fe}$  - thể tích khối sắt [ $dm^3$ ];

$V_{Fe} = 3a.b.h + 2C.a.b = Q_{Fe}.(3h + 2C)$ - nếu là biến áp ba pha;

$V_{Fe} = 2a.b.h + C.a.b = Q_{Fe}.(2h + C)$ - nếu là biến áp một pha;

Với:  $Q_{Fe}; a; b; c; h; C$  - là các kích thước của lõi thép được đổi thành dm.

$m_{Fe} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$

#### 9. Khối lượng đồng.

Khối lượng đồng bằng tích của thể tích  $V_{Cu}$  cuộn dây đồng cần tính nhân với trọng lượng riêng của đồng  $m_{Cu}$ :

$$M_{Cu} = V_{Cu}.m_{Cu} \text{ (kg)} \quad (8 - 26)$$

Trong đó:

$V_{Cu}$  - thể tích khối đồng của các cuộn dây và được tính  $[dm^3]$ ;

$$V_{Cu} = S_{Cu}.l$$

Trong đó:  $S_{Cu}$  - tiết diện dây dẫn  $[dm^2]$ ;

$l$  - chiều dài của các vòng dây  $[dm]$ ;

$$m_{Cu} = 8,9 \text{ kg/dm}^3$$

Chiều dài dây quấn được tính bằng cách lấy chiều dài mỗi vòng nhân với số vòng dây trong cuộn. Các vòng trong cuộn dây có chu vi khác nhau cho nên chúng ta hay lấy chu vi trung bình để tính. Chiều dài trung bình của các vòng dây có thể tính gần đúng  $\pi$ .  $D_{tb}$  khi coi  $D_{tb}$  là đường kính trung bình của cuộn dây tròn,

$$l = W.\pi. D_{tb} \quad (8 - 27)$$

Trong đó:

$D_{tb}$  - đường kính trung bình của cuộn dây và được tính:

$$D_{tb} = (D_t + D_n)/2$$

Trong đó:  $D_t, D_n$  - đường kính trong và ngoài của cuộn dây.

Đường kính trong của cuộn dây trong cùng được tính:

$$D_t = \sqrt{a^2 + b^2} + 2cd_t \text{ - nếu trụ hình chữ nhật;}$$

$$D_t = D_{Fe} + 2cd_t \text{ - nếu trụ tròn;}$$

ở đây:  $D_{Fe}$  - đường kính trụ sắt;

$cd_t$  - cách điện trong cùng với lõi.

Đường kính ngoài của cuộn dây được tính gần đúng:

$$D_n = D_t + 2.(d + cd).s_{ld}$$

Chú ý: với các cuộn dây bên ngoài, thì  $D_t$  của cuộn ngoài sẽ bằng  $D_n$  của cuộn trong.

Nếu coi cuộn dây là khối hộp chữ nhật thì  $a_{tb} + b_{tb}$  là chu vi trung bình của vòng dây chữ nhật. Như vậy chiều dài dây đồng tính theo công thức:

$$l = W.(a_{tb} + b_{tb}). \quad (8 - 28)$$

Trong đó:

$a_{tb} = a_t + Bd/2$  – chiều rộng trung bình của vòng dây;

$b_{tb} = b_t + Bd/2$  – chiều dài trung bình của vòng dây;

$a_t, b_t$  - các kích thước trong của cuộn dây.

10. Tính tổng sụt áp bên trong biến áp.

Điện áp rơi trên điện trở:

$$\Delta U_r = \left[ R_2 + R_1 \left( \frac{W_2}{W_1} \right)^2 \right] I_d \quad (8 - 29)$$

Trong đó:

$R_1, R_2$  - điện trở thuần của các cuộn dây sơ và thứ cấp được tính:

$$R = \rho.l/S$$

Với:  $\rho = 0,0000172 \, \Omega mm$  - điện trở suất của đồng;

$l, S$  - chiều dài và tiết diện của dây dẫn [mm, mm<sup>2</sup>];

$I_d$  - dòng điện tải một chiều [A].

Điện áp rơi trên điện kháng:

$$\Delta U_x = m_f. X.I_d/\pi \quad (8 - 30)$$

Trong đó:

$$X_n = 8 \pi^2 W_2^2 \left( \frac{R_{bk}}{h} \right) \left[ cd + \frac{Bd1 + Bd2}{3} \right] \omega 10^{-7} \quad (8 - 31)$$

$m_f$  - số pha biến áp

Trong đó:

$W_2$  - Số vòng dây thứ cấp biến áp.

$R_{bk}$  - Bán kính trong cuộn dây thứ cấp  $[m^2]$ .

$h$  - Chiều cao của sổ lõi thép  $[m]$ .

$cd$  - Bề dày các cách điện các cuộn dây với nhau (nếu là biến áp dòng nhỏ, giữa các cuộn dây được lót bằng bìa cách điện dày  $(0,3 \div 1) \text{ mm}$ , còn đối với những biến áp dòng lớn, cần phải cách ly bằng các đĩa phíp có các độ dày lớn hơn)  $[m]$ .

$Bd1, Bd2$  - Bề dày cuộn dây sơ và thứ cấp  $[m]$ .

$$\omega = 314 \text{ rad.}$$

11. Điện trở ngắn mạch máy biến áp

$$r_{nm} = r_2 + \left( \frac{w_2}{w_1} \right)^2 * r_1 \quad (8-32)$$

12. Tổng trở ngắn mạch máy biến áp:

$$Z_{nm} = \sqrt{r_{nm}^2 + x_{nm}^2} \quad (8-33)$$

13. Điện áp ngắn mạch phần trăm của máy biến áp:

$$U_{nm} \% = \frac{I_{dm} * Z_{nm}}{U_{2dm}} * 100 \quad (8-34)$$

14. Dòng điện ngắn mạch máy biến áp:

$$I_{nm} = \frac{U_{2dm}}{Z_{nm}} \quad (8-35)$$

Những phép tính trên đây là những kích thước rất cơ bản của biến áp, cho những loại chỉnh lưu công suất trung bình và nhỏ. Khi thiết kế biến áp cho những loại chỉnh lưu có công suất lớn, biến áp cần tính toán chi tiết hơn ví dụ phương thức làm mát, cách điện ... khi đó biến áp cần được tính theo các tài liệu chuyên ngành thiết kế biến áp [...].

### 8.4.3 Tính chọn các thiết bị bảo vệ:

#### 1. Bảo vệ quá dòng điện

Bảo vệ ngắn mạch và quá tải về dòng điện: dùng aptomat hoặc cầu chì. Nguyên tắc chọn các thiết bị này, là chọn theo dòng điện, với  $I_{bv} = (1,1 \div 1,3) I_{lv}$ . Dòng bảo vệ ngắn mạch của aptomat không vượt quá dòng ngắn mạch của máy biến áp.

Khi làm việc van bán dẫn có sụt áp, do đó có tổn hao công suất  $\Delta P = \Delta U \cdot I_{lv}$ . Tổn hao công suất này sinh nhiệt. Mặt khác van chỉ được làm việc tới nhiệt độ tối đa cho phép  $T_{cp}$  nào đó (các trị số thường gặp vào khoảng  $125^{\circ}\text{C}$  - xem cột 8 bảng 8.4 hay cột 12 bảng 8.5). Do đó chúng ta phải tìm cách bảo vệ quá nhiệt cho van bán dẫn.

Muốn bảo vệ quá nhiệt cho các van bán dẫn là phải chọn đúng dòng điện van theo chế độ làm mát. Làm mát van hiện nay phổ biến người ta thường dùng cánh toả nhiệt. Diện tích bề mặt toả nhiệt có thể được tính gần đúng theo công thức:

$$S_m = \frac{\Delta P}{k_m \tau} \quad (8 - 36)$$

Trong đó:  $S_m$  - diện tích bề mặt toả nhiệt [ $\text{cm}^2$ ];

$\Delta P$  - tổn hao công suất [ $\text{W}$ ];

$\tau$  - độ chênh nhiệt so với môi trường  $\tau = T_{lv} - T_{mt}$

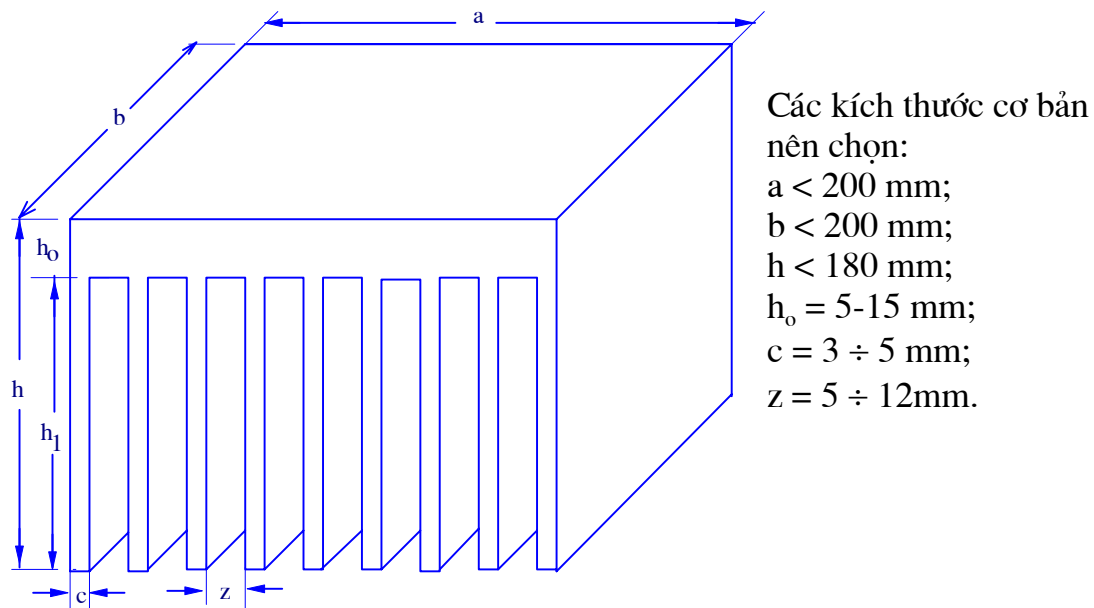
$T_{lv} - T_{mt}$  - nhiệt độ làm việc và nhiệt độ môi trường [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$k_m$  - hệ số có xét tới điều kiện toả nhiệt (trong điều kiện làm mát tự nhiên không quạt cưỡng bức, thường chọn  $k_m = (6 \div 10) \cdot 10^{-4} [\text{W}/\text{cm}^2\text{C}]$ ).

Sau khi tính xong diện tích bề mặt toả nhiệt, tiến hành thiết kế (chọn) cánh toả nhiệt, sao cho đủ bề mặt đã tính. Cánh toả nhiệt phải đảm bảo đủ diện tích bề mặt tiếp xúc với không khí, đủ độ dày cánh, đủ khoảng cách giữa các cánh. Những loại cánh toả nhiệt hiện nay có thể bán sẵn trên thị trường, hoặc thiết kế mới theo hình dáng tương tự như hình 8.2

Trường hợp cánh toả nhiệt quá lớn, cần phải thay đổi phương thức toả nhiệt, bằng cách thêm quạt làm mát cưỡng bức.

Để cho van bán dẫn làm việc an toàn, nhiệt độ làm việc của van không vượt quá trị số cho phép, phương thức làm mát van có thể theo gợi ý sau:



Hình 8.2 Hình dáng và kích thước giới hạn cho cánh toả nhiệt một van bán dẫn

a. Làm mát chỉ bằng vỏ van bán dẫn

Nếu công suất toả nhiệt khi van làm việc  $\Delta P = U \cdot I_{hd} < 20 \text{ W}$ , cho phép van làm việc với dòng điện tối đa tới  $10\% I_{dm}$  mà không cần cánh toả nhiệt. Cách chọn này có thể hiểu là vỏ van bán dẫn không đủ toả nhiệt khi cho làm việc với dòng điện lớn hơn  $10\% I_{dm}$ . Ví dụ: có loại van với  $I_{dm} = 100 \text{ A}$ ,  $\Delta U = 1 \text{ V}$ , van này cho phép làm việc không cánh toả nhiệt với dòng điện tối đa tới  $10 \text{ A}$ , nhưng loại van với  $I_{dm} = 500 \text{ A}$ ,  $\Delta U = 1 \text{ V}$  cho phép làm việc tối đa tới  $20 \text{ A}$  ( $\Delta P = 20 \text{ W}$ ) mặc dù tính tỷ số phần trăm có thể là  $10\%$ .  $I_{dm} = 50 \text{ A}$ .

b. Làm mát bằng cách gắn van bán dẫn lên cánh toả nhiệt

Khi van bán dẫn được mắc vào cánh toả nhiệt bằng đồng hay nhôm, nhiệt độ của van được toả ra môi trường xung quanh nhờ bề mặt của cánh toả nhiệt. Sự toả nhiệt như thế này là nhờ vào sự chênh nhiệt giữa cánh toả nhiệt với môi trường xung quanh. Khi cánh toả nhiệt nóng lên, nhiệt độ xung quanh cánh toả nhiệt tăng lên làm cho tốc độ dẫn nhiệt ra môi trường không khí bị chậm lại. Với những lý do vì sự hạn chế của tốc độ dẫn nhiệt, khi van bán dẫn được làm mát bằng cánh toả nhiệt, mà chỉ nên cho van làm việc với dòng điện  $I_v < 40\% \cdot I_{dm}$  và tổn hao trên van không vượt quá  $100 \text{ W}$ . Ví dụ: van có  $I_{dm} = 100 \text{ A}$ ,  $\Delta U = 1 \text{ V}$  cho phép làm việc với cánh toả nhiệt nhôm ở dòng điện tối đa  $40 \text{ A}$ , trong khi đó loại van với thông số  $I_{dm} = 500 \text{ A}$ ,  $\Delta U = 1 \text{ V}$  không được phép làm việc tới  $200 \text{ A}$ , vì công suất toả nhiệt  $\Delta P = \Delta U \cdot I = 200 \text{ W}$  là quá lớn cho điều kiện toả nhiệt này.

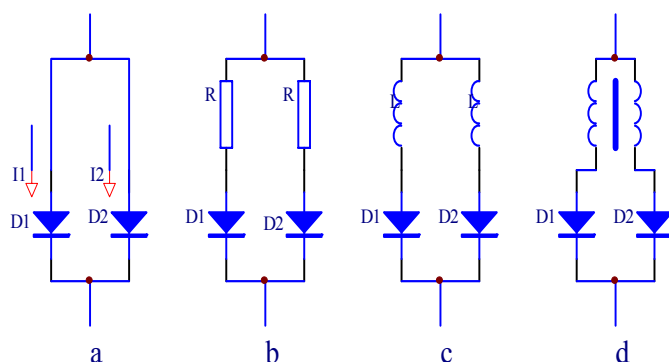
c. Làm mát cưỡng bức bằng quạt.

Khi có quạt đối lưu không khí thổi dọc theo khe của cánh tản nhiệt, nhiệt độ xung quanh cánh tản nhiệt thấp hơn tốc độ dẫn nhiệt ra môi trường xung quanh tốt hơn, hiệu suất tản nhiệt cao hơn. Do đó cho phép làm việc với dòng điện tối đa tới  $70\%I_{dm}$  ( $I_{lv} < 70\%I_{dm}$ ).

d. Làm mát bằng nước.

Khi thiết kế hệ thống làm mát bằng nước hiệu suất trao đổi nhiệt tốt hơn, cho phép làm việc với dòng điện tối đa tới  $90\% I_{dm}$ . Quá trình làm mát bằng nước phải đảm bảo xử lý nước không dẫn điện. Bằng cách khử Ion trong nước, hoặc giảm độ dẫn điện của nước (tăng điện trở nước) theo nguyên tắc tăng chiều dài hay giảm tiết diện đường ống dẫn nước ta có thể coi độ dẫn điện của nước không đáng kể.

Thường thường đối với các loại nguồn công suất, để giữ an toàn cho các van bán dẫn người ta thường hay thiết kế quạt làm mát cưỡng bức ngay cả trong trường hợp dòng tải không quá lớn so với dòng định mức của van. Với công suất tỏa nhiệt cỡ vào khoảng  $100W/$  van là cần có quạt làm mát cưỡng bức.



Hình 8.3 Các sơ đồ mắc song song van bán dẫn  
a- mắc song song trực tiếp; b- mắc qua điện trở; c- mắc qua cuộn cảm; d- mắc qua hồ cảm.

Trong trường hợp dòng điện làm việc quá lớn (so với dòng cho phép làm việc khi có xét tới điều kiện tỏa nhiệt), người ta phải tiến hành mắc song song các van bán dẫn. Các sơ đồ mắc song song các van có thể chọn một trong các sơ đồ trên hình 8 - 3.

Khi mắc song song các van bán dẫn, dòng điện chạy qua các van có thể được phân bố không đều bởi vì các đặc tính vôn-ampe của các van không hoàn toàn giống nhau. Trong các van có điều khiển còn chịu ảnh hưởng rất lớn của việc mở không đồng thời của các van. Dòng điện lệch nhau của hai van có thể được

$$\Delta I = I_1 - I_2 = \frac{\Delta U}{R_{2dg}} \quad (8 - 37)$$

tính

Trong đó:  $\Delta U$  - hiệu sụt áp của các van khi cùng trị số dòng điện lớn  $I_1$ ;  
 $R_{2dg}$  - điện trở động của van  $D_2$  tại điểm làm việc  $I_1$ .

Để giảm sự phân bố không đều trên, người ta có thể mắc nối tiếp với các van các điện trở (hình 8. 3b) việc sử dụng điện trở chỉ có ý nghĩa khi điện áp rơi trên điện trở là không đáng kể, nếu điện áp rơi trên điện trở lớn, tổn hao công suất lớn, làm cho hiệu suất của chỉnh lưu thấp. Để khắc phục nhược điểm này chúng ta có thể thay thế điện trở bằng các cuộn dây điện cảm (hình 8.3c). Thường các cuộn cảm này được chế tạo có lõi không khí.

Ở sơ đồ hình 8.3d, cân bằng dòng điện các van được thực hiện tốt hơn khi cuộn kháng được chế tạo có lõi thép, với các cuộn dây mắc ngược đầu nhau. Sơ đồ này còn đặc biệt có ý nghĩa, khi sử dụng cho trường hợp các van điều khiển mở không đồng thời.

## **2. Bảo vệ quá điện áp cho thiết bị bán dẫn:**

Linh kiện bán dẫn nói chung và bán dẫn công suất nói riêng, rất nhạy cảm với sự thay đổi của điện áp. Những yếu tố ảnh hưởng lớn nhất tới van bán dẫn mà chúng ta cần có phương thức bảo vệ là:

- Điện áp đặt vào van lớn quá thông số của van.
- Xung điện áp do chuyển mạch van.
- Xung điện áp từ phía lưới xoay chiều, nguyên nhân thường gặp là do cắt tải có điện cảm lớn trên đường dây.
- Xung điện áp do cắt đột ngột biến áp non tải.

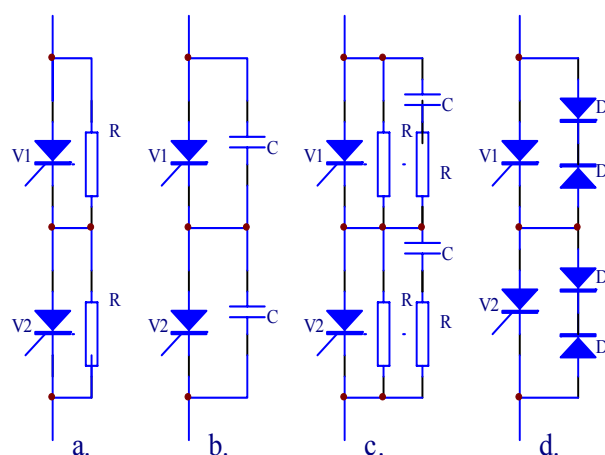
Để bảo vệ van khi làm việc dài hạn mà không bị quá điện áp, chúng ta cần chọn đúng các van bán dẫn theo điện áp ngược.

### **a. Mắc nối tiếp van bán dẫn.**

Sau khi tính được trị số điện áp làm việc của van theo (8 - 2) và (8 - 3) tiến hành chọn van theo điện áp, trị số điện áp van được chọn phải lớn hơn trị số tính được từ (8 -3).

Trong trường hợp không có van có điện áp cao hơn, chúng ta phải tiến hành mắc nối tiếp các van. Khi mắc nối tiếp các van yêu cầu cần thiết phải chọn các van có đặc tính giống nhau, nhằm đảm bảo cho sự phân bố điện áp như nhau trên các van. Tuy vậy, sự phân bố điện áp trên các van không bằng nhau là thường gặp. Do đó, cần có các biện pháp phân bố lại điện áp khi các đặc tính của van không giống nhau. Các biện pháp ấy mô tả trên hình 8.4.

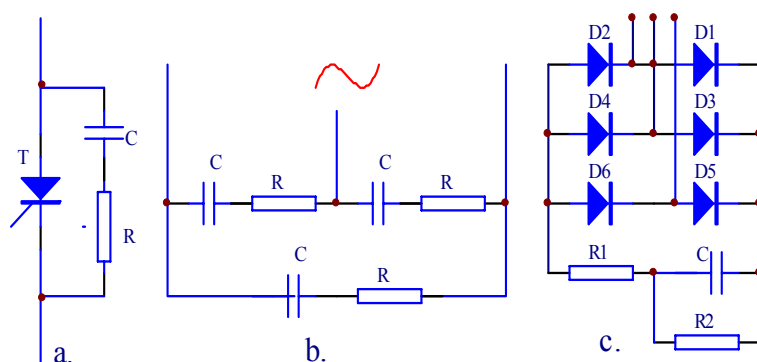




Hình 8.4 Sơ đồ mắc nối tiếp các van

Thường gặp nhất trong thực tế, để phân bố đều điện áp khi mắc nối tiếp người ta hay mắc theo sơ đồ hình 8.4a. Sơ đồ này đơn giản dễ thực hiện. Ngoài sơ đồ này ra, chúng ta có thể phân bố điện áp bằng tụ như hình 8.4b,c. hoặc sử dụng các điốt ổn áp để phân bố điện áp.

b. Bảo vệ xung điện áp khi chuyển mạch van bán dẫn.



Hình 8.5 Bảo vệ thiết bị điện tử khỏi chọc thủng do xung điện áp.

Bảo vệ xung điện áp do quá trình đóng cắt các van được dùng bằng các mạch R - C mắc song song với các van bán dẫn. Sơ đồ đơn giản của loại mạch này mô tả trên hình 8.5a. Khi có sự chuyển mạch, do phóng điện từ van ra ngoài tạo nên xung điện áp trên bề mặt tiếp giáp van. Mạch R - C mắc song song với van bán dẫn tạo mạch vòng phóng điện tích quá độ trong quá trình chuyển mạch van. Có thể tính được các thông số của R và C theo [...] hoặc người ta có thể chọn gần đúng  $R = (5 \div 30) \Omega$ ,  $C = (0,5 \div 4) \mu F$  [ .. ].

c. Bảo vệ van bán dẫn khỏi đánh thủng do xung điện áp từ lưới.

Để bảo vệ xung điện áp từ lưới điện, chúng ta mắc song song với tải ở đầu vào một mạch R - C, nhằm lọc xung như mô tả trên hình 8.5b. Khi xuất hiện xung điện áp trên đường dây, nhờ có mạch lọc này mà đỉnh xung gần như nằm lại hoàn toàn trên điện trở đường dây. Trị số R, C phụ thuộc nhiều vào tải. Thông số tham khảo theo [...]  $R = (5 \div 20)\Omega$ ,  $C = 4\mu F$ .

c. Bảo vệ van bán dẫn khỏi đánh thủng do cắt biến áp non tải.

Để bảo vệ van do cắt đột ngột biến áp non tải, trong đa số các bộ biến đổi người ta thường mắc một mạch R-C ở đầu ra một chỉnh lưu cầu ba pha phụ bằng các điốt công suất bé, như mô tả trên hình 8.5c. Trị số tụ C trong trường hợp này có thể được tính:

$$C = 30 \frac{I_{\mu}}{K_{TU}^2 - 1} \frac{I_2}{U_2} \quad (8 - 38)$$

Trong đó:  $I_{\mu}$  - Dòng điện từ hoá biến áp %;

$I_2; U_2$  - Dòng điện, điện áp thứ cấp biến áp;

$K_{TU}$  - Khả năng tăng điện áp cho phép của van, thường được chọn  $K_{TU} = 1,25 \div 1,5$ .

Thông thường trị số tụ thường chọn trong khoảng  $10 \div 200 \mu F$ .

Biên độ điện áp xung khi đóng biến áp nhỏ hơn nhiều so với khi cắt do đó mạch trên cho phép bảo vệ quá điện áp trong cả hai trường hợp này.

## 8.5 Tính toán cuộn kháng lọc dòng điện đập mạch.

### 8.5.1 Khái quát về dòng điện đập mạch.

Sự đập mạch của điện áp chỉnh lưu làm cho dòng điện tải cũng đập mạch theo, làm xấu đi chất lượng dòng điện một chiều, nếu tải là động cơ điện một chiều làm xấu quá trình chuyển mạch cổ góp của động cơ, làm tăng phát nóng của tải do các thành phần sóng hài.

Thông thường chúng ta đánh giá ảnh hưởng của đập mạch dòng điện theo trị hiệu dụng của sóng hài bậc nhất, bởi vì sóng hài bậc nhất chiếm một tỷ lệ vào khoảng  $(2 \div 5)\%$  dòng điện định mức của tải. Thành phần hài bậc nhất này lớn hay nhỏ phụ thuộc nhiều vào công suất tải  $P_d$ , phạm vi điều chỉnh điện áp chỉnh lưu...

Trị số điện cảm của cuộn kháng lọc thành phần dòng điện đập mạch được tính theo biểu thức:

$$L_L = \frac{U_{dn..max} \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot K \cdot m \cdot \omega \cdot I_1^* \% \cdot I_{ddm}} \quad (8 - 39)$$

Trong đó:

$L_L$  - trị số điện cảm lọc đập mạch cần thiết [Henry];

$I_{d.dm}$  - dòng điện định mức của bộ chỉnh lưu [A];

$\omega = 314$  - tần số góc [1/s];

$K = 1, 2, 3, \dots$  - bội số sóng hài;

$m$  - số lần đập mạch trong một chu kỳ;

$U_{d.max}$  - biên độ thành phần sóng hài của điện áp chỉnh lưu [V];

$I_1^*\%$  - trị hiệu dụng của dòng điện sóng hài cơ bản lấy tỷ số theo dòng điện định mức của chỉnh lưu. Trị số này cho phép  $I_1^*\% < 10\%$ .

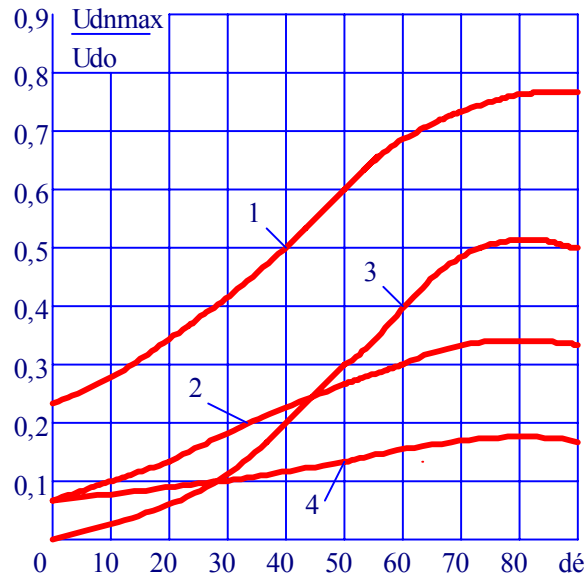
Biên độ thành phần sóng hài của điện áp chỉnh lưu  $U_{d.n.max}$  có thể được xác định theo công thức [...].

$$\frac{U_{d.n.max}}{U_{d0}} = \frac{2 \cdot \cos \alpha}{K^2 \cdot m^2 - 1} \sqrt{1 + K^2 \cdot m^2 \cdot \tan^2 \alpha} \quad (8 - 40)$$

Trong đó:

$U_{d0}$  - điện áp chỉnh lưu cực đại [V];

$\alpha$  - góc điều khiển van bán dẫn [rad./s].



Hình 8 -6 Quan hệ giữa biên độ sóng bậc nhất với góc mở van bán dẫn  $\alpha$

Trong sơ đồ chỉnh lưu cầu và tia ba pha, thành phần sóng hài bậc nhất ( $K=1$ ) có biên độ lớn nhất. Biên độ sóng hài bậc càng cao sẽ càng giảm, tác dụng của cuộn kháng lọc với các thành phần hài bậc cao này càng có hiệu quả hơn. Vì vậy tính điện cảm của cuộn kháng đối với các sơ đồ chỉnh lưu chỉ cần tính theo thành phần sóng hài bậc nhất là đủ.

Quan hệ giữa tỷ lệ của biên độ sóng hài theo trị trung bình điện áp chỉnh lưu  $\frac{U_{dn,max}}{U_{d0}}$  với góc mở van bán dẫn  $\alpha$  của các sơ đồ chỉnh lưu cầu và tia ba pha xây dựng theo công thức (8 - 40) mô tả trên hình 8 -6.

Các đường cong 1,2 trên hình 8 -6 mô tả quan hệ  $\frac{U_{dn,max}}{U_{d0}} = f(\alpha)$  với  $K=1$  cho các sơ đồ cầu ba pha điều khiển đối xứng và tia ba pha.

Đối với sơ đồ chỉnh lưu điều khiển không đối xứng, khi góc điều khiển  $\alpha$  nhỏ, thành phần sóng hài với  $K = 2$  và  $K.m = 6$  (đường 4 trên hình 8 -6), còn khi góc điều khiển bắt đầu từ  $\alpha = 25^\circ$  thành phần hài bậc nhất  $K = 1$  (đường 3 trên hình 8 -6) có biên độ lớn hơn.

Khi tính điện cảm cuộn kháng lọc dòng điện đập mạch, cần phải căn cứ vào mức độ cho phép của đập mạch dòng điện chỉnh lưu đối với tải ở trị số điện áp định mức và điện áp cực tiểu.

Các bộ chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng, ở chế độ dòng điện và điện áp định mức thường có góc điều khiển  $\alpha \approx 30^\circ$ . Trị số góc này cần có để đáp ứng khả năng bù sụt áp khi điện áp nguồn lưới giảm và sụt áp do tăng tải của bộ chỉnh lưu. Vì vậy góc mở ban đầu của các van bán dẫn có thể coi  $\alpha_0 = 30^\circ$ .

Có thể tính được mức điện áp chỉnh lưu định mức của sơ đồ chỉnh lưu điều khiển đối xứng có tại  $\alpha_0 = 30^\circ$ , trong sơ đồ chỉnh lưu điều khiển không đối xứng góc này có trị số  $\alpha_0 = 43^\circ$ .

Trong các sơ đồ chỉnh lưu có điều khiển, khi góc mở van bán dẫn càng tăng biên độ sóng hài càng cao. Do vậy khi tính điện cảm theo (8 - 39) và xác định biên độ điện áp sóng hài theo (8 - 40) hay theo các đường cong hình 8 -6, chúng ta thường tính cho trường hợp góc mở van lớn nhất  $\alpha_{max}$ .

Muốn có góc mở van lớn nhất  $\alpha_{max}$  chúng ta cần xác định được điện áp cực tiểu  $U_{d,min}$  theo yêu cầu về dải điều khiển điện áp của tải. Từ  $U_{d,min}$  theo các công thức tính điện áp tải của chỉnh lưu trong bảng 8.1 cột 4 xác định được góc  $\alpha_{max}$  cần thiết. Từ  $\alpha_{max}$  tra đường cong trên hình 8 -6 (hay tính theo công thức 8 - 40) ta có được  $U_{dn,max}$ . Thay  $U_{dn,max}$  vào (8 - 39) ta tính được trị số điện cảm lọc

cần thiết  $L_L$ .

Trị số điện cảm của cuộn kháng lọc  $L_{ckL}$  cần mắc thêm để lọc thành phần dòng điện đập mạch được tính theo công thức:

$$L_{ckL} = L_L - L_d - L_{BA}. \quad (8 - 41)$$

Trong đó :

$L_{ckL}$  - điện cảm cuộn kháng lọc cần mắc thêm;

$L_L$  - điện cảm cần thiết để lọc thành phần sóng hài dòng điện  $I_1^* \% < 10\%$ ;

$L_d$  - điện cảm của tải;

$L_{BA}$  - điện cảm của máy biến áp.

Chúng ta thường gặp tải là động cơ điện một chiều. Với tải là động cơ điện một chiều, điện cảm phản ứng của động cơ được tính gần đúng theo công thức:

$$L_u = K_d \cdot \frac{30 \cdot U_{dm}}{\pi \cdot I_{dm} \cdot n_{dm} \cdot p} \quad (8 - 42)$$

Trong đó:

$K_d = 0,5 \div 0,6$  - đối với động cơ không có cuộn bù;

$K_d = 0,1 \div 0,25$  - đối với động cơ có cuộn bù;

$n_{dm}$  - tốc độ quay định mức của động cơ [Vòng/phút];

$U_{dm}$  - điện áp định mức của động cơ [V];

$I_{dm}$  - dòng điện định mức của động cơ [A].

Điện cảm của máy biến áp  $L_{BA}$  được lấy từ thông số biến áp tính theo công thức (8 - 31a). Trường hợp biến áp có thông số của nhà chế tạo điện cảm có thể tính gần đúng theo công thức:

$$L_{BA} \cong 2 \cdot \frac{u_n \% U_{2f}}{\omega \cdot I_{2f} \cdot 100} \quad [H] \quad (8 - 43)$$

Trong đó :

$u_n \%$  - điện áp ngắn mạch phần trăm của máy biến áp;

$U_{2f}$  - điện áp pha thứ cấp biến áp;

$\omega = 2\pi f$  - tần số góc của lưới công nghiệp;

$I_{2f}$  - dòng điện pha thứ cấp biến áp.

### 8.5.2 Thiết kế cuộn kháng lọc (CKL) dòng điện đập mạch.

Các thông số cần thiết cho thiết kế:

-Điện cảm của cuộn kháng lọc tính theo (8 - 39) khi tải không điện cảm (thuần trở), theo (8 - 41) khi tải có điện cảm.

-Dòng điện định mức chạy qua cuộn kháng  $I_{dm}$  (dòng điện này là dòng điện chỉnh lưu định mức).

-Thành phần dòng điện xoay chiều cho phép của sóng hài bậc nhất (thường cho phép  $I_{\sim(1)} < 10\% \cdot I_{dm}$ ).

Thông thường dây quấn cuộn kháng loại này có tiết diện khá lớn, do vậy điện trở thuần của cuộn kháng nhỏ có thể bỏ qua. Vì vậy

$$Z_{CKL} = X_{CKL} = \omega' \cdot L_{CKL} = 2\pi f \cdot m \cdot L_{CKL}. \quad (8 - 44).$$

Trong đó:

$f$  - tần số điện áp nguồn cấp  $f = 50 \text{ Hz}$ ;

$m$  - số lần đập mạch của sơ đồ chỉnh lưu.

Các bước tính toán.

1. Tính điện áp rơi trên cuộn kháng:

$$\Delta U_{CKL} = Z_{CKL} \cdot I_{\sim(1)}. \quad (8 - 45)$$

2. Tính công suất cuộn kháng lọc:

$$P_{CKL} = \Delta U_{CKL} \cdot I_{\sim(1)}. \quad (8 - 46)$$

3. Tính toán lõi thép cuộn kháng lọc.

Tiết diện lõi thép cuộn kháng lọc:

$$Q_{Fe} = k \cdot \sqrt{\frac{P_{CKL}}{f'}} \quad (8 - 47)$$

Trong đó:

$Q_{Fe}$  - tiết diện lõi thép [ $\text{cm}^2$ ];

$P_{CKL}$  - công suất cuộn kháng [ $\text{W}$ ];

$f' = f \cdot m$ .

$k = 5 \div 6$  thường cuộn kháng loại này hay chế tạo bằng cuộn kháng khô.

Các kích thước cơ bản của lõi thép được chọn như chọn kích thước lõi thép

biến áp khô.

#### 4. Tính toán dây quấn cuộn kháng:

Khi có thành phần dòng điện xoay chiều bậc nhất  $I_{(1)}$  chạy qua cuộn kháng lọc thì trong cuộn kháng xuất hiện một sức điện động tự cảm, trị số sức điện động này được tính:

$$\begin{aligned} E_{CKL} &= 4,44.k_{dq}.W.f'.\phi. \\ &= 4,44.k_{dq}.W.f'.B.Q_{Fe}. \end{aligned} \quad (8-48)$$

Trong đó:

$k_{dq}$  - hệ số dây quấn, có thể chọn  $k_{dq} = 1,1 \div 1,3$ ;

$W$  - số vòng dây cuộn kháng lọc;

$f'$  - tần số dòng điện sau chỉnh lưu  $f' = 50.m$ ;

$B$  - mật độ từ cảm của lõi thép, với  $B = 1,1 \div 1,8$ ;

$Q'_{Fe}$  - tiết diện hiệu quả lõi thép.

Với giả thiết, bỏ qua sụt áp trên điện trở, sức điện động  $E_{CKL}$  xấp xỉ sụt áp trên cuộn kháng  $\Delta U_{CKL}$  đã tính ở trên ( $E_{CKL} = \Delta U_{CKL}$ ). Từ đó có thể tính được số vòng dây  $W$  của cuộn kháng lọc:

$$W = \frac{\Delta U_{CKL}}{4,44.k_{dq}.f'.B.Q'_{Fe}} \quad (8-49)$$

Dây quấn cuộn kháng có tiết diện:

$$S_{Cu} = \frac{I_{dm}}{J}$$

Từ tiết diện  $S_{Cu}$  tra bảng kích thước dây quấn chọn được dây quấn cần thiết.

Việc tính toán các thông số, kích thước còn lại của cuộn kháng tương tự như tính toán máy biến áp [...].

### 8.6 Tính toán cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn.

#### 8.6.1 Hiện tượng gián đoạn dòng điện.

Đối với tải một chiều, dòng điện gián đoạn làm xấu đi rất nhiều chế độ làm việc bình thường cũng như chế độ quá độ của tải. Một trong những loại tải chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của sự gián đoạn dòng điện là động cơ điện một chiều. Động cơ điện một chiều làm việc ở chế độ dòng điện gián đoạn đặc tính cơ có chất lượng rất xấu. Thiết kế cuộn kháng nhằm hạn chế vùng làm việc gián đoạn

của dòng điện của động cơ điện một chiều cũng như các loại tải khác là cần thiết.

Hiện tượng gián đoạn dòng điện chỉnh lưu xảy ra do năng lượng điện từ tích lũy trong mạch không đủ lớn. Ở chế độ dòng điện gián đoạn góc dẫn của van trở nên nhỏ hơn  $2\pi/m$ , do điện áp xoay chiều đổi dấu nên dòng điện chạy qua van bán dẫn về 0 trước khi kích mở van kế tiếp.

Nếu van mở tại thời điểm  $t_0$  nào đó tương ứng với góc mở van  $\alpha_0 = \omega t_0$  tính từ gốc toạ độ của đường cong điện áp hình sin, hoặc là góc mở van tính từ thời điểm điện áp bắt đầu dương.

Từ sơ đồ thay thế của hệ thống chỉnh lưu - động cơ (CL - ĐC) [ .. ] ta có phương trình vi phân:

$$U_{2m} \sin(\omega t + \alpha_0) = E_{dc} + \Delta U_V + R.i_U + L.\frac{di_U}{dt} \quad (8-50)$$

*Đặt:*

$T = L/R$  - hằng số thời gian điện từ của mạch;

$\varphi = \arctg(\omega T)$  - góc pha của mạch.

Giải phương trình (8-50) ta được nghiệm của phương trình vi phân:

$$i_U = [R.I_0 + E_{dc} - U_{2m} \cos \varphi \cdot \sin(\alpha_0 - \varphi)] \exp(-\omega t \cdot \cos \varphi) - [E_{dc} - E_{2m} \cdot \sin(\omega t + \alpha_0 - \varphi)] \quad (8-51)$$

*Trong đó:*

$I_0$  - giá trị ban đầu của dòng điện trong mỗi khoảng van dẫn  $A$  ;

$E_{dc}$  - sức điện động của động cơ  $V$  .

Dòng điện phản ứng động cơ  $i_U$  có dạng đập mạch, nên ta có thể phân tích thành phân một chiều và xoay chiều. Thành phần một chiều của dòng điện chỉnh lưu chính là thành phần tác dụng và được xác định bằng giá trị trung bình của  $i_U$  trong một chu kỳ.

$$i_U = \frac{m}{2\pi} \int_0^\lambda i_U \cdot d\omega t = \frac{m}{2\pi} \cdot \frac{1}{R} \cdot \left[ U_{2m} \cdot \sin\left(\alpha_0 + \frac{1}{2}\lambda\right) - \frac{1}{2}\lambda \cdot E_{dc} \right] \quad (8-52)$$

Để hạn chế dòng điện gián đoạn, hay nói cách khác là muốn cho tải luôn làm việc ở chế độ dòng điện liên tục, với bất kỳ điện áp chỉnh lưu nào trong cả dải điều chỉnh điện áp, thì điện cảm của mạch phải đủ lớn. Do đó ta cần có thêm cuộn



kháng mắc nối tiếp với tải một chiều để hạn chế vùng gián đoạn dòng điện.

Động cơ điện một chiều có gián đoạn dòng điện dài nhất khi động cơ làm việc ở tốc độ cuối dải điều khiển (khi mà điện áp của bộ chỉnh lưu là thấp nhất). Như vậy khi góc mở van bán dẫn lớn nhất  $\alpha_{\max}$  thì dòng điện tải bị gián đoạn dài nhất.

Điện cảm cần thiết để hạn chế vùng dòng điện gián đoạn được tính theo công thức [4]:

$$L_{gd} = \frac{1}{\omega} \left[ \frac{U_{d0}}{I_{dgh}} \cdot k_{gh} - x_{BA} \right] \quad (8-53)$$

Trong đó:

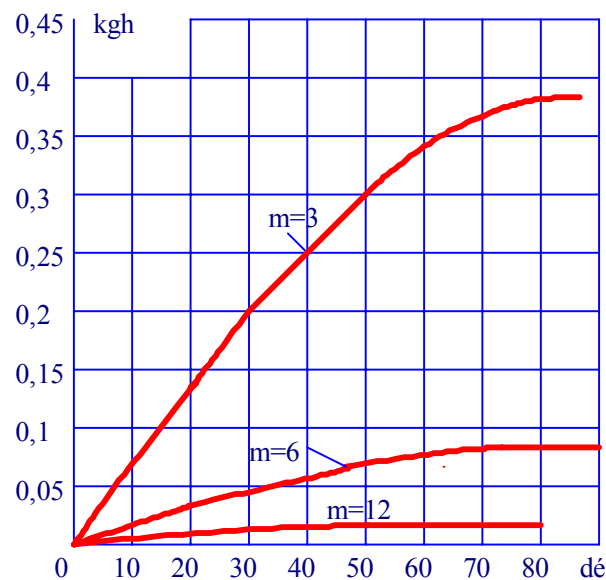
$L_{gd}$  - điện cảm cần thiết để hạn chế dòng điện gián đoạn [H].

$\omega = 2\pi \cdot f \cdot m$  - tần số góc của dòng điện, với  $f = 50 \text{ Hz}$ ;

$U_{d0}$  - điện áp không tải của chỉnh lưu;

$I_{dgh}$  - dòng điện giới hạn nhỏ nhất, dòng điện này trong tính toán nên chọn xấp xỉ dòng điện không tải. Có thể chọn  $I_{dgh} \leq 0,05 I_{dm}$ .

$k_{gh}$  - hệ số phụ thuộc góc mở van bán dẫn.



Hình 8.7 Quan hệ giữa hệ số  $k_{gh}$  theo góc mở van  $\alpha$   
Hệ số  $k_{gh}$  được tính [...]:

$$k_{gh} = \left(1 - \frac{\pi}{m} \cot g \frac{\pi}{m}\right) \sin \alpha \quad (8 - 54)$$

Để đơn giản trong việc tính biểu thức (8 -54), quan hệ giữa  $k_{gh}$  và góc mở van bán dẫn theo (8 -54) có thể xây dựng thành đồ thị như biểu diễn trên hình 8.7.

Tóm lại, để tính được điện cảm của cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn chúng ta cần:

Từ dải điều khiển điện áp (hay dải điều khiển tốc độ động cơ) xác định được góc mở van lớn nhất  $\alpha_{\max}$

Thay vào (8 -54) (hoặc tra theo hình 8 -7) ta được hệ số  $k_{gh}$ .

Thay hệ số  $k_{gh}$  vào (8 - 53) ta tính được trị số điện cảm cần thiết  $L_{gd}$  để hạn chế vùng dòng điện gián đoạn.

Hiệu số giữa điện cảm cần thiết  $L_{gd}$  và điện cảm tải  $L_d$  sẽ là điện cảm của cuộn kháng mắc thêm vào mạch để hạn chế dòng điện gián đoạn.

$$L_{CKgd} = L_{gd} - L_d \quad (8 - 55)$$

### 8.6.2 Thiết kế cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn.

1. Thông số cần có:

Điện cảm của cuộn kháng tính theo (8 -55 ).

Dòng điện định mức chạy qua cuộn kháng. Dòng điện này bằng dòng điện chỉnh lưu  $I_{dm}$ .

Giá trị dòng điện gián đoạn giới hạn.

Trình tự tính toán:

1. Tính tổng trở của cuộn kháng:

$$Z_{CKgd} = R_{CK} + 2\pi \cdot f' L_{CKgd} \quad (8 -56)$$

Vì dây quấn chịu dòng tải nên tiết diện dây lớn ta bỏ qua thành phần điện trở trong biểu thức tổng trở, lúc đó cuộn kháng được tính:

$$Z_{CKgd} = 2\pi \cdot f' L_{CKgd} \quad (8 -57)$$

Trong đó :  $f' = 2\pi \cdot f \cdot m = 314 \cdot m$ .

2. Tính công suất của cuộn kháng giới hạn dòng điện gián đoạn:

$$P_{CKgd} = \Delta U_{CK} \cdot I_{gh} \quad (8 -58)$$

Với :  $\Delta U_{CK} = I_{gh} \cdot Z_{CKgh}$ .

3. Tính tiết diện lõi thép cuộn kháng.

$$Q_{Fe} = k \cdot \sqrt{\frac{P_{CKgd}}{f'}} \quad (8 - 59)$$

với:  $k = 5 \div 6$ ,  $f' = 50$ .m.

4. Tính số vòng dây cần có của cuộn kháng.

Dòng điện gián đoạn có dạng là các xung dòng điện. Do đó khi chạy trong cuộn kháng làm xuất hiện một sức điện động tự cảm E<sub>gd</sub>, sức điện động này được xác định theo công thức:

$$E_{gd} = 4,44 \cdot k_{dq} \cdot W \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe}. \quad (8 - 60)$$

Từ (8 -60) ta có:

$$W = \frac{E_{gd}}{4,44 \cdot k_{dq} \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe}} = \frac{\Delta U_{CK}}{4,44 \cdot k_{dq} \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe}} \quad (8 - 61)$$

5. Xác định điện cảm mạch chỉnh lưu nhằm giới hạn vùng dòng điện gián đoạn.

	Số pha	Số lần đập mạch	Điện cảm mạch chỉnh lưu L <sub>d</sub> [Henry]
Tia ba pha	3	3	$L_d = \frac{1}{\omega} \left( 0,46 \cdot \frac{U_{2f}}{I_{dgh}} \sin \alpha - x_{fBA} \right)$
Tia sáu pha có kháng cân bằng	3	6	$L_d = \frac{1}{\omega} \left( 0,1089 \cdot \frac{U_{2f}}{I_{dgh}} \sin \alpha - \frac{x_{fBA}}{2} \right)$

Hai tia ba pha ngược nhau có kháng cân bằng. Theo sơ đồ tương 12 pha	3	12	Nối dây song song $L_d = \frac{1}{\omega} \left( 0,02684 \cdot \frac{U_{2f}}{I_{dgh}} \sin \alpha - \frac{x_{fBA}}{4} \right)$
			Nối dây nối tiếp $L_d = \frac{1}{\omega} \left( 0,02684 \cdot \frac{U_{2f}}{I_{dgh}} \sin \alpha - x_{fBA} \right)$
Cầu ba pha điều khiển đối xứng	3	6	$L_d = \frac{1}{\omega} \left( 0,126 \cdot \frac{U_{2d}}{I_{dgh}} \sin \alpha - 2x_{fBA} \right)$

**Bảng 8.3 Thông số một số dây đồng tròn**

ý nghĩa các cột:

d- đường kính thực của lõi đồng;

S<sub>Cu</sub> - tiết diện tính toán của lõi đồng;

m<sub>Cu</sub>- trọng lượng riêng một mét;

R/m- điện trở một mét;

D<sub>n</sub>- đường kính ngoài kể cả cách điện trong khoảng,

d mm	S <sub>Cu</sub> mm <sup>2</sup>	m <sub>Cu</sub> gam/m	R/m Ω/m	D <sub>n</sub> mm
1	2	3	4	5
0,1	0,00785	0,0698	2,291	0,12 ÷ 0,13
0,11	0,095	0,0845	1,895	0,13 ÷ 0,14

d mm	S <sub>Cu</sub> mm <sup>2</sup>	m <sub>Cu</sub> gam/m	R/m Ω/m	D <sub>n</sub> mm
0,12	0,01131	0,101	1,59	0,14 ÷ 0,15
0,13	0,01327	0,118	1,256	0,15 ÷ 0,16
0,14	0,01539	0,137	1,169	0,16 ÷ 0,17
0,15	0,01767	0,157	1,018	0,17 ÷ 0,18
0,16	0,02011	0,179	0,895	0,18 ÷ 0,2
0,17	0,0227	0,202	0,793	0,19 ÷ 0,21
0,18	0,02545	0,226	0,707	0,2 ÷ 0,22
0,19	0,02835	0,252	0,635	0,21 ÷ 0,23
0,2	0,03142	0,279	0,572	0,225 ÷ 0,24
0,21	0,03464	0,308	0,52	0,235 ÷ 0,25
0,23	0,04155	0,369	0,433	0,255 ÷ 0,28
0,25	0,04909	0,436	0,366	0,275 ÷ 0,3
0,27	0,05726	0,509	0,315	0,31 ÷ 0,32
0,29	0,06605	0,587	0,296	0,33 ÷ 0,34
0,31	0,07548	0,671	0,239	0,35 ÷ 0,36
0,33	0,08553	0,76	0,21	0,35 ÷ 0,38
0,35	0,09621	0,855	0,187	0,39 ÷ 0,41
0,38	0,1134	1,01	0,152	0,42 ÷ 0,44
0,41	0,132	1,11	0,13	0,45 ÷ 0,47
0,44	0,1521	1,35	0,113	0,49 ÷ 0,50
0,47	0,1735	1,54	0,0993	0,52 ÷ 0,53
0,49	0,1886	1,68	0,0914	0,54 ÷ 0,55

d mm	S <sub>Cu</sub> mm <sup>2</sup>	m <sub>Cu</sub> gam/m	R/m Ω/m	D <sub>n</sub> mm
0,51	0,2043	1,82	0,084	0,56 ÷ 0,58
0,53	0,2206	1,96	0,0781	0,58 ÷ 0,60
0,55	0,2376	2,11	0,0725	0,60 ÷ 0,62
0,57	0,2552	2,27	0,0675	0,62 ÷ 0,64
0,59	0,2734	2,43	0,063	0,64 ÷ 0,66
0,62	0,3019	2,68	0,0571	0,67 ÷ 0,69
0,64	0,3217	2,86	0,0538	0,69 ÷ 0,72
0,67	0,3526	3,13	0,0488	0,72 ÷ 0,75
0,69	0,3729	3,32	0,0461	0,74 ÷ 0,77
0,72	0,4072	3,6	0,0423	0,78 ÷ 0,8
0,74	0,4301	3,82	0,04	0,8 ÷ 0,83
0,77	0,4657	4,14	0,037	0,83 ÷ 0,86
0,8	0,5027	4,47	0,0342	0,86 ÷ 0,89
0,86	0,5809	5,16	0,0297	0,92 ÷ 0,95
0,9	0,6362	5,66	0,027	0,96 ÷ 0,99
0,93	0,6793	6,04	0,0253	0,99 ÷ 1,02
0,96	0,7238	6,44	0,0238	1,02 ÷ 1,05
1,00	0,7854	6,98	0,0219	1,08 ÷ 1,11
1,04	0,8495	7,55	0,0202	1,12 ÷ 1,15
1,08	0,9161	8,14	0,0188	1,16 ÷ 1,19
1,12	0,9852	8,76	0,0175	1,20 ÷ 1,23
1,16	1,0568	9,40	0,0163	1,24 ÷ 1,27
1,20	1,131	10,1	0,0152	1,28 ÷ 1,31
1,25	1,2272	10,9	0,014	1,33 ÷ 1,36

d mm	S <sub>Cu</sub> mm <sup>2</sup>	m <sub>Cu</sub> gam/m	R/m Ω/m	D <sub>n</sub> mm
1,30	1,327	11,8	0,0132	1,38 ÷ 1,41
1,35	1,4314	12,7	0,0123	1,43 ÷ 1,46
1,40	1,5394	13,7	0,0113	1,48 ÷ 1,51
1,45	1,6513	14,7	0,0106	1,53 ÷ 1,56
1,5	1,7672	15,7	0,00993	1,58 ÷ 1,61
1,56	1,9113	17	0,00917	1,64 ÷ 1,67
1,62	2,0612	18,3	0,0085	1,71 ÷ 1,73
1,68	2,217	19,7	0,00791	1,77 ÷ 1,79
1,74	2,378	21,1	0,00737	1,83 ÷ 1,85
1,81	2,573	22,9	0,00681	1,90 ÷ 1,93
1,88	2,776	24,7	0,00631	1,97 ÷ 2,00
1,95	2,987	26,5	0,00587	2,04 ÷ 2,07
2,02	3,205	28,5	0,00547	2,12 ÷ 2,14
2,10	3,464	30,8	0,00506	2,20v2,23
2,26	4,012	35,7	0,00437	2,36 ÷ 2,39
2,44	4,676	41,6	0,00375	2,54 ÷ 2,57
2,83	6,29	55,9	0,00278	
3,05	7,306	65,	0,0024	
3,28	8,45	75,1	0,00207	
4,1	13,2	11,7	0,00123	
4,5	15,9	14,2	0,0011	
4,8	18,1	16,1	0,00096	
5,2	21,24	18,9	0,00081	

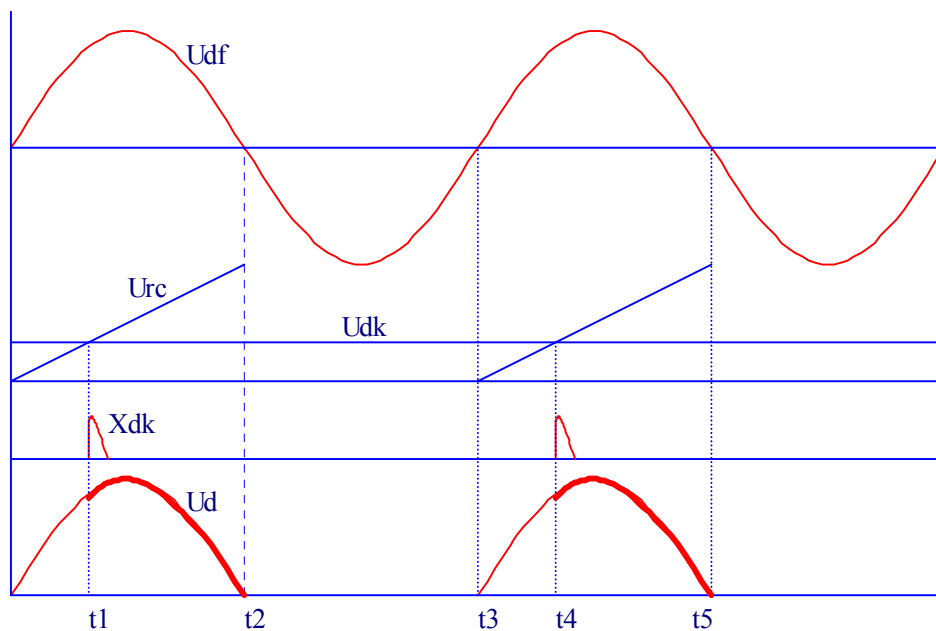
### 8.7. Thiết kế mạch điều khiển

#### 8. Nguyên lý thiết kế mạch điều khiển.

Điều khiển Tiristo trong sơ đồ chỉnh lưu hiện nay thường gặp là điều khiển theo nguyên tắc thẳng đứng tuyến tính. Nội dung của nguyên tắc này có thể mô tả theo giản đồ hình 8.8 như sau.

Khi điện áp xoay chiều hình sin đặt vào anod của Tiristo, để có thể điều khiển được góc mở  $\alpha$  của Tiristo trong vùng điện áp + anod, ta cần tạo một điện áp tựa dạng tam giác, ta thường gọi là điện áp tựa là điện áp răng cưa  $U_{rc}$ . Như vậy điện áp tựa cần có trong vùng điện áp dương anod.

Dùng một điện áp một chiều  $U_{dk}$  so sánh với điện áp tựa. Tại thời điểm  $(t_1, t_4)$  điện áp tựa bằng điện áp điều khiển ( $U_{rc} = U_{dk}$ ), trong vùng điện áp dương anod, thì phát xung điều khiển  $X_{dk}$ . Tiristo được mở từ thời điểm có xung điều khiển  $(t_1, t_4)$  cho tới cuối bán kỳ (hoặc tới khi dòng điện bằng 0)

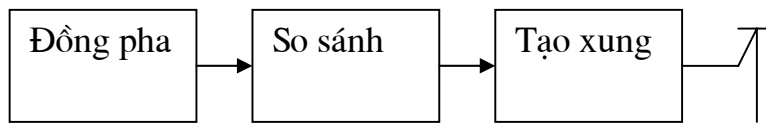


Hình 8.8. Nguyên lý điều khiển chỉnh lưu.

#### Sơ đồ khối mạch điều khiển.

Để thực hiện được ý đồ đã nêu trong phần nguyên lý điều khiển ở trên, mạch điều khiển bao gồm ba khâu cơ bản trên hình 8.9.





Hình 8.9. Sơ đồ khối mạch điều khiển

Nhiệm vụ của các khâu trong sơ đồ khối hình 8.9 như sau:

Khâu đồng pha có nhiệm vụ tạo điện áp tựa  $U_{rc}$  (thường gặp là điện áp dạng răng cưa tuyến tính) trùng pha với điện áp anod của Tiristo

Khâu so sánh có nhiệm vụ so sánh giữa điện áp tựa với điện áp điều khiển  $U_{đk}$ , tìm thời điểm hai điện áp này bằng nhau ( $U_{đk} = U_{rc}$ ). Tại thời điểm hai điện áp này bằng nhau, thì phát xung ở đầu ra để gửi sang tầng khuếch đại.

Khâu tạo xung có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristo. Xung để mở Tiristor có yêu cầu: sườn trước dốc thẳng đứng, để đảm bảo yêu cầu Tiristo mở tức thời khi có xung điều khiển (thường gặp loại xung này là xung kim hoặc xung chữ nhật); đủ độ rộng với độ rộng xung lớn hơn thời gian mở của Tiristo; đủ công suất; cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực (nếu điện áp động lực quá lớn)

Với nhiệm vụ của các khâu như vậy tiến hành thiết kế, tính chọn các khâu cơ bản của ba khối trên. Chi tiết về các mạch này sẽ giới thiệu chi tiết ở phần sau.

#### 8.7.1 Thiết kế sơ đồ nguyên lý

Hiện nay mạch điều khiển chỉnh lưu thường được thiết kế theo nguyên tắc thẳng đứng tuyến tính như giới thiệu trên.

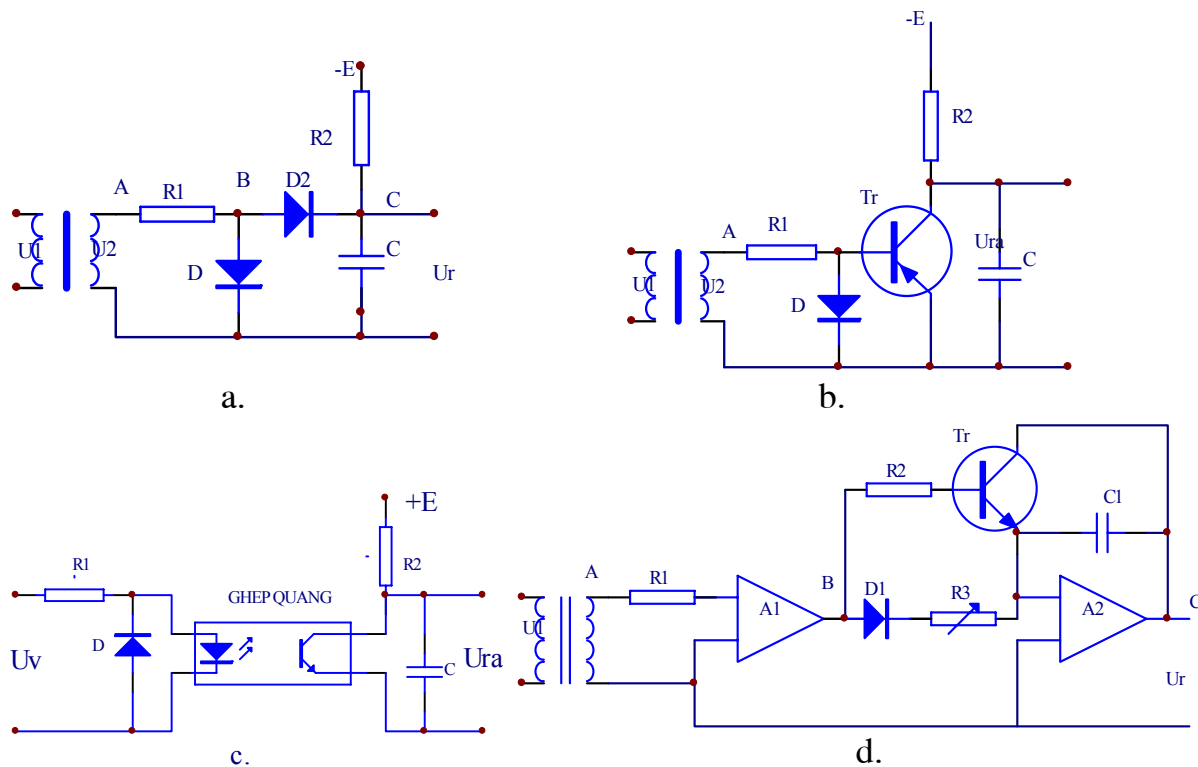
Theo nhiệm vụ của các khâu như đã giới thiệu, tiến hành thiết kế, tính chọn các khâu cơ bản của ba khối trên, tốt nhất là nên chọn trong các sơ đồ đã có trong các giáo trình và tài liệu. Trong tài liệu này chỉ giới thiệu một số sơ đồ ví dụ cho người thiết kế làm tư liệu tham khảo để lựa chọn.

Trên hình 8.10; 8.11; 8.12 giới thiệu một số khâu đồng pha, so sánh, tạo xung điển hình.

Sơ đồ hình 8.10a là sơ đồ đơn giản, dễ thực hiện, với số linh kiện ít nhưng chất lượng điện áp tựa không tốt. Độ dài của phân biến thiên tuyến tính của điện áp tựa không phủ hết  $180^\circ$ . Do vậy, góc mở van lớn nhất bị giới hạn. Hay nói cách khác, nếu theo sơ đồ này điện áp tải không điều khiển được từ 0 tới cực đại mà từ một trị số nào đó đến cực đại.

Để khắc phục nhược điểm về dải điều chỉnh ở sơ đồ hình 8.10a người ta sử

dùng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng sơ đồ hình 8.10b. Theo sơ đồ này, điện áp tựa có phần biến thiên tuyến tính phủ hết nửa chu kỳ điện áp. Do vậy khi cần điều khiển điện áp từ 0 tới cực đại là hoàn toàn có thể đáp ứng được.



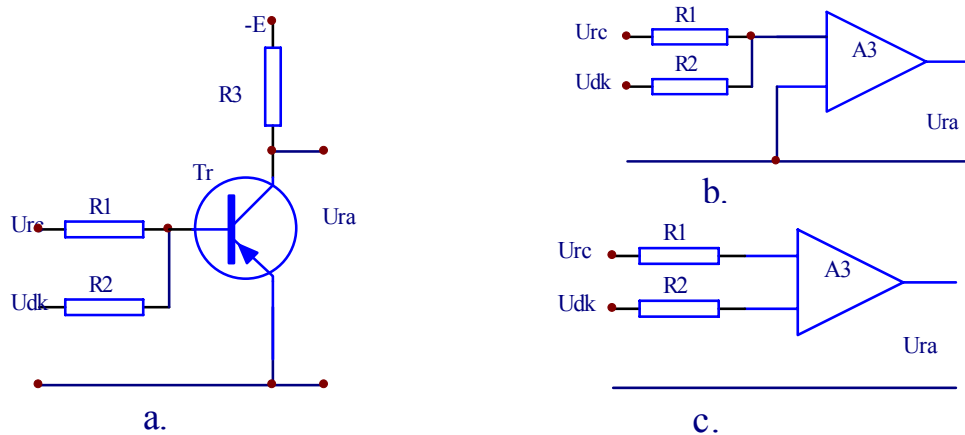
Hình 1.10: Một số khâu đồng pha điển hình.

a- dùng điôt và tụ; b- dùng tranzitor và tụ; c- dùng bộ ghép quang; d- dùng khuếch đại thuật toán.

Với sự ra đời của các linh kiện ghép quang, chúng ta có thể sử dụng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng bộ ghép quang như hình 8.10c. Nguyên lý và chất lượng điện áp tựa của hai sơ đồ hình 8.10b,c tương đối giống nhau. Ưu điểm của sơ đồ hình 8.10c ở chỗ không cần biến áp đồng pha, do đó có thể đơn giản hơn trong việc chế tạo và lắp đặt.

Các sơ đồ trên đều có chung nhược điểm là việc mở, khoá các Tranzitor trong vùng điện áp lân cận 0 là thiếu chính xác làm cho việc nạp, xả tụ trong vùng điện áp lưới gần 0 không được như ý muốn.

Ngày nay các vi mạch được chế tạo ngày càng nhiều, chất lượng ngày càng cao, kích thước ngày càng gọn, ứng dụng các vi mạch vào thiết kế mạch đồng pha có thể cho ta chất lượng điện áp tựa tốt. Trên sơ đồ hình 8.10d mô tả sơ đồ tạo điện áp tựa dùng khuếch đại thuật toán (KĐTT).



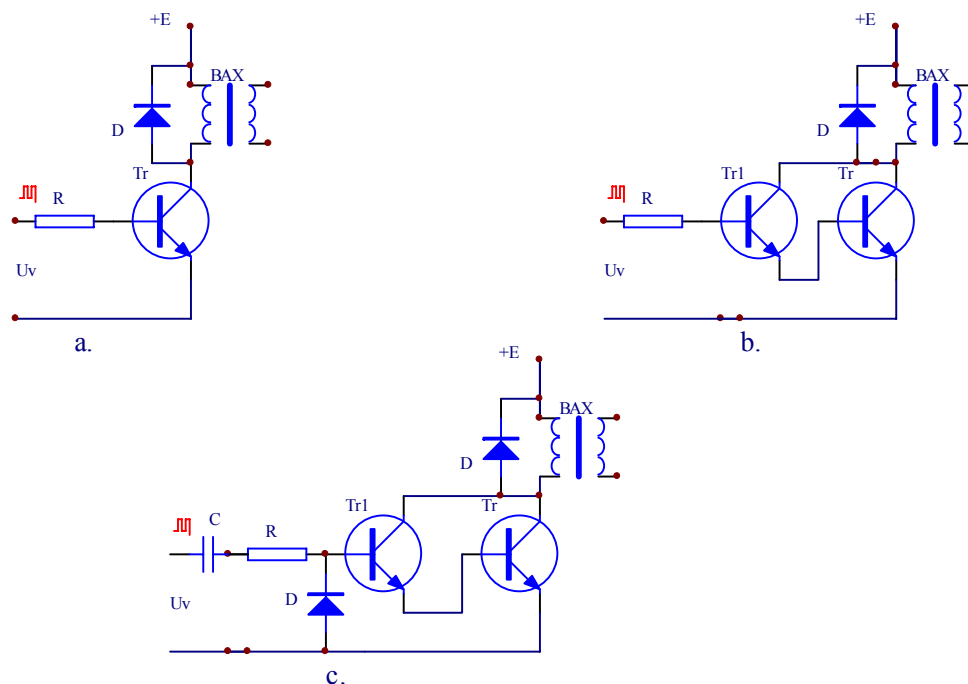
Hình 8.11: Sơ đồ các khâu so sánh thường gặp  
a- bằng tranzitor; b- cộng một cổng đảo của KĐTT; c- hai cổng KĐTT.

Để xác định được thời điểm cần mở Tiristo chúng ta cần so sánh hai tín hiệu  $U_{dk}$  và  $U_{rc}$ . Việc so sánh các tín hiệu đó có thể được thực hiện bằng Tranzitor (Tr) như trên hình 8.11a. Tại thời điểm  $U_{dk} = U_{rc}$ , đầu vào Tr lật trạng thái từ khoá sang mở (hay ngược lại từ mở sang khoá), làm cho điện áp ra cũng bị lật trạng thái, tại đó chúng ta đánh dấu được thời điểm cần mở Tiristo.

Với mức độ mở bão hoà của Tr phụ thuộc vào hiệu  $U_{dk} \pm U_{rc} = U_b$ , hiệu này có một vùng điện áp nhỏ hàng mV, làm cho Tr không làm việc ở chế độ đóng cắt như ta mong muốn, do đó nhiều khi làm thời điểm mở Tiristo bị lệch khá xa so với điểm cần mở tại  $U_{dk} = U_{rc}$ .

KĐTT có hệ số khuếch đại vô cùng lớn, chỉ cần một tín hiệu rất nhỏ (cỡ  $\mu V$ ) ở đầu vào, đầu ra đã có điện áp nguồn nuôi, nên việc ứng dụng KĐTT làm khâu so sánh là hợp lý. Các sơ đồ so sánh dùng KĐTT trên hình 8.11b,c rất thường gặp trong các sơ đồ mạch hiện nay. Ưu điểm hơn hẳn của các sơ đồ này là có thể phát xung điều khiển chính xác tại  $U_{dk} = U_{rc}$ .

Với nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristo như đã nêu ở trên, tầng khuếch đại cuối cùng thường được thiết kế bằng Tranzitor công suất, như mô tả trên hình 8.12a. Để có xung dạng kim gửi tới Tiristo, ta dùng biến áp xung (BAX), để có thể khuếch đại công suất ta dùng Tr, điôt D bảo vệ Tr và cuộn dây sơ cấp biến áp xung khi Tr khoá đột ngột. Mặc dù với ưu điểm đơn giản, nhưng sơ đồ này được dùng không rộng rãi, bởi lẽ hệ số khuếch đại của tranzitor loại này nhiều khi không đủ lớn, để khuếch đại được tín hiệu từ khâu so sánh đưa sang.



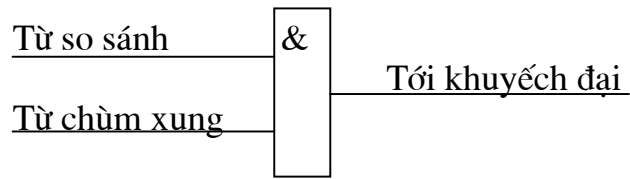
Hình 8.12: Sơ đồ các khâu khuếch đại.

- a- bằng tranzitor công suất; b- bằng sơ đồ darlington;  
c- sơ đồ có tụ nối tầng.

Tầng khuếch đại cuối cùng bằng sơ đồ darlington như trên hình 8.12b thường hay được dùng trong thực tế. ở sơ đồ này hoàn toàn có thể đáp ứng được yêu cầu về khuếch đại công suất, khi hệ số khuếch đại được nhân lên theo thông số của các tranzitor.

Trong thực tế xung điều khiển chỉ cần có độ rộng bé (cỡ khoảng  $(10 \div 200) \mu s$ ), mà thời gian mở thông các tranzitor công suất dài (tối đa tới một nửa chu kỳ - 0.01s), làm cho công suất toả nhiệt dư của Tr quá lớn và kích thước dây quấn sơ cấp biến áp dư lớn. Để giảm nhỏ công suất toả nhiệt Tr và kích thước dây sơ cấp BAX chúng ta có thể thêm tụ nối tầng như hình 8.12c. Theo sơ đồ này, Tr chỉ mở cho dòng điện chạy qua trong khoảng thời gian nạp tụ, nên dòng hiệu dụng của chúng bé hơn nhiều lần.

Đối với một số sơ đồ mạch, để giảm công suất cho tầng khuếch đại và tăng số lượng xung kích mở, nhằm đảm bảo Tiristo mở một cách chắc chắn, người ta hay phát xung chùm cho các Tiristo. Nguyên tắc phát xung chùm là trước khi vào tầng khuếch đại, ta đưa chèn thêm một cổng và (&) với tín hiệu vào nhận từ tầng so sánh và từ bộ phát xung chùm như hình 8.13.

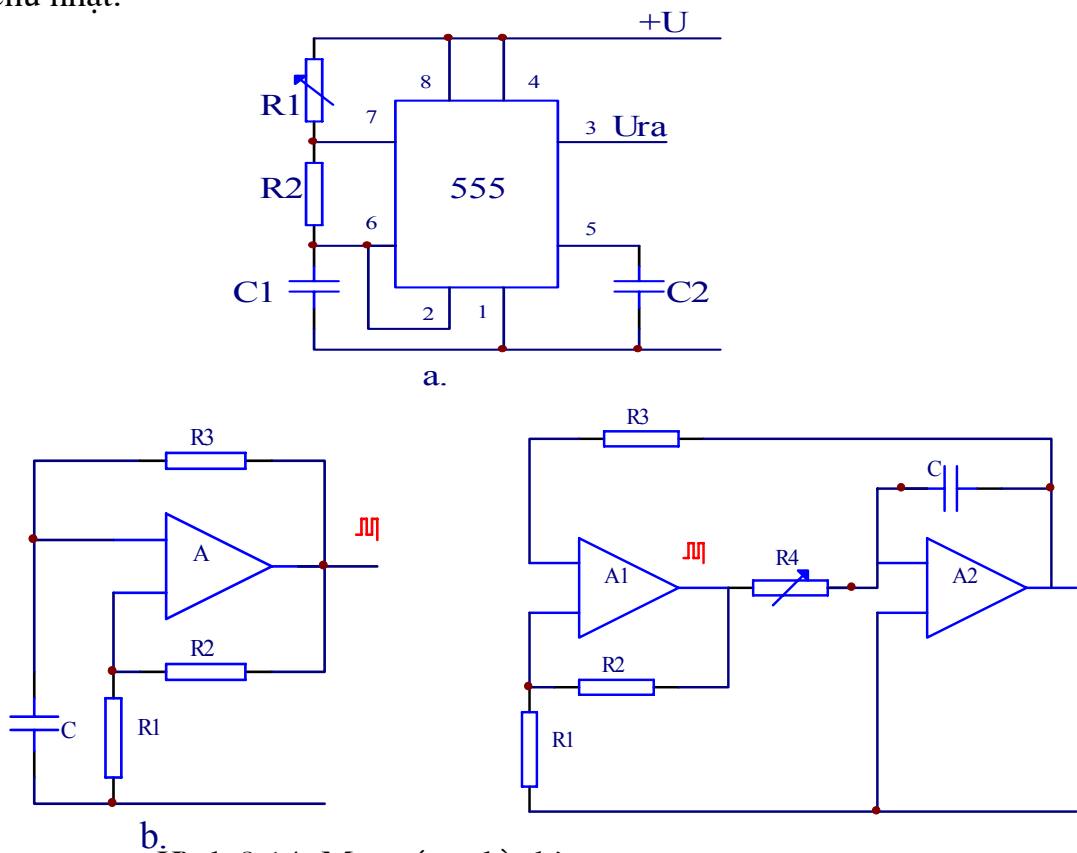


Hình 8.13: Sơ đồ phối hợp tạo xung chùm.

Các sơ đồ tạo chùm xung có thể tham khảo trong [ 7 ]. Một số sơ đồ khâu tạo chùm xung mô tả trên hình 8.14.

Vi mạch 555 tạo xung đồng hồ hình 8.14a cho ta chất lượng xung khá tốt và sơ đồ cũng tương đối đơn giản. Sơ đồ này thường hay gặp trong các mạch tạo chùm xung.

Trong thiết kế mạch điều khiển, thường hay sử dụng KĐTT. Do đó để đồng dạng về linh kiện, khâu tạo chùm xung cũng có thể sử dụng KĐTT, như các sơ đồ trên hình 8.14b,c. Tuy nhiên, ở đây sơ đồ dao động đa hài hình 8.14b có ưu điểm hơn về mức độ đơn giản, do đó được sử dụng khá rộng rãi trong các mạch tạo xung chữ nhật.



Hình 8.14: Một số sơ đồ chùm xung.

a. Sơ đồ dùng vi mạch 555; b. Đa hài bằng KĐTT;  
c. Tạo bằng mạch KĐTT

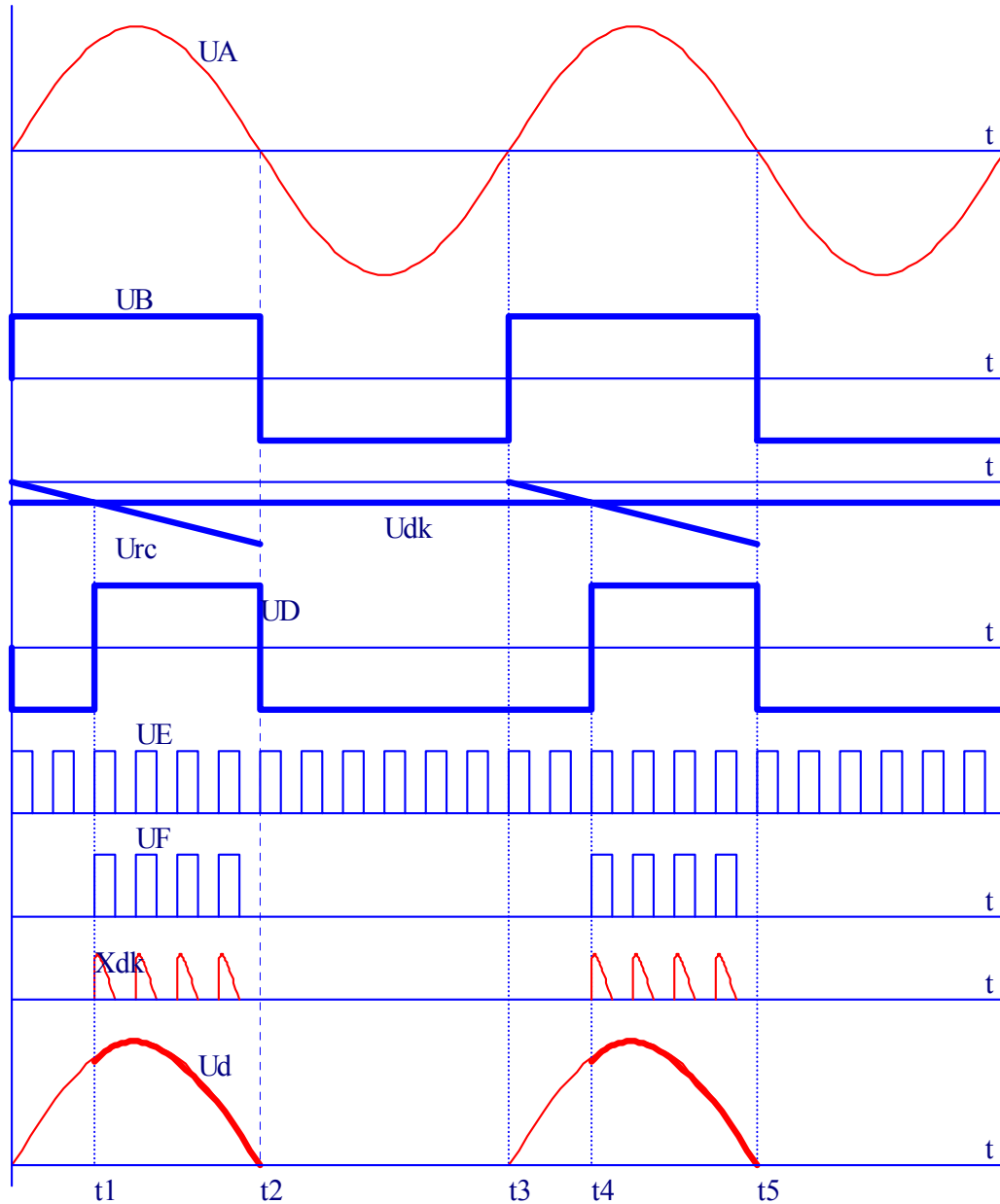


Hình 8.15 Mạch điều khiển Tiristor  
a. mạch tạo xung điều khiển đơn, b. mạch tạo chùm xung điều khiển

Sau khi chọn xong các khâu cơ bản, vẽ mạch hoàn chỉnh .

Ví dụ: sơ đồ đồng pha chọn hình 8.10d, so sánh chọn hình 8.11b, sơ đồ khuếch đại chọn hình 8.12c, sơ đồ tạo chùm xung hình 8.14b, ta có sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển Tiristo mô tả trên hình 8.15

Khi đã có mạch điều khiển tiến hành giải thích hoạt động của toàn bộ mạch và hiệu chỉnh những chỗ chưa hợp lý.



Hình 8.16. Giải đồ các đường cong mạch điều khiển.

Hoạt động của mạch điều khiển hình 8.15 có thể giải thích theo giản đồ các đường cong trên hình 8.16 như sau:

Điện áp vào tại điểm A ( $U_A$ ) có dạng hình sin, trùng pha với điện áp anod của Tiristo T, qua khuếch đại thuật toán (KĐTT) A1 cho ta chuỗi xung chữ nhật đối xứng UB. Phần áp dương của điện áp chữ nhật UB qua điôt D1 tới A2 tích phân thành điện áp tựa  $U_{rc}$ . Điện áp âm của điện áp UB làm mở thông tranzitor Tr1, kết quả là A2 bị ngắn mạch (với  $U_{rc} = 0$ ) trong vùng UB âm. Trên đầu ra của A2 chúng ta có chuỗi điện áp răng cưa  $U_{rc}$  gián đoạn.

Điện áp  $U_{rc}$  được so sánh với điện áp điều khiển  $U_{đk}$  tại đầu vào của A3. Tổng đại số  $U_{rc} + U_{đk}$  quyết định dấu điện áp đầu ra của KĐTT A3. Trong khoảng  $0 \div t_1$  với  $U_{đk} > U_{rc}$  điện áp UD có điện áp âm. Trong khoảng  $t_1 \div t_2$  điện áp  $U_{đk}$  và  $U_{rc}$  đổi ngược lại, làm cho UD lật lên dương. Các khoảng thời gian tiếp theo giải thích điện áp UD tương tự.

Mạch đa hài tạo chùm xung A4 cho ta chuỗi xung tần số cao, với điện áp UE trên hình 8.16. Dao động đa hài cần có tần số hàng chục kHz ở đây chỉ mô tả định tính.

Hai tín hiệu UD, UE cùng được đưa tới khâu AND hai cổng vào. Khi đồng thời có cả hai tín hiệu dương UD, UE (trong các khoảng  $t_1 \div t_2$ ,  $t_4 \div t_5$ ) chúng ta sẽ có xung ra UF. Các xung ra UF làm mở thông các tranzitor, kết quả là chúng ta nhận được chuỗi xung nhọn  $X_{dk}$  trên biến áp xung, để đưa tới mở Tiristo T.

Điện áp  $U_d$  sẽ xuất hiện trên tải từ thời điểm có xung điều khiển đầu tiên, tại các thời điểm  $t_2$ ,  $t_4$  trong chuỗi xung điều khiển, của mỗi chu kỳ điện áp nguồn cấp, cho tới cuối bán kỳ điện áp dương anod.

Hiện nay đã có nhiều hãng chế tạo ra các vi xử lý chuyên dụng để điều khiển tiristo, có thể tìm hiểu các loại vi xử lý này trong [8], nói chung các vi xử lý điều khiển tiristo rất tiện lợi, tuy nhiên những linh kiện loại này chưa được phổ biến lắm trên thị trường.

### *1.8.2 Tính toán các thông số của sơ đồ mạch điều khiển.*

Việc tính toán mạch điều khiển thường được tiến hành từ tầng khuếch đại ngược trở lên. Công suất cho tầng khuếch đại để tính là thông số của cực điều khiển Tiristo ( $U_{dk}$ ;  $I_{dk}$ ).

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

- Điện áp điều khiển Tiristo  $U_{dk}$ ;
- Dòng điện điều khiển  $I_{dk}$ ;
- Tần số xung  $f_x$ ;



- Độ rộng xung điều khiển  $t_x$ ;
- Mức sụt biên độ xung  $s_x$
- Độ mất đối xứng cho phép  $\Delta\alpha$ ;
- Điện áp nguồn nuôi mạch điều khiển  $U$ .

#### 1. Tính biến áp xung

- Chọn vật liệu làm lõi (lõi biến áp ở đây có thể bằng lá thép kỹ thuật điện, hoặc thường làm bằng lõi pherit)

- Tính thể tích lõi thép cần có:

$$V = Q.l = \frac{\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot s_x \cdot U \cdot I_2}{\Delta B^2} \quad (8 - 62)$$

Trong đó:  $\mu_{tb}$  - độ từ thẩm trung bình

$$\mu_{tb} = \frac{\Delta B}{\mu_0 \cdot \Delta H} \quad (8 - 63)$$

$$\mu_0 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (H/m)};$$

$Q$  - tiết diện lõi sắt;

$l$  - chiều dài trung bình đường sức từ;

Từ thể tích lõi sắt, tra bảng chọn được lõi có các kích thước cần thiết.

- Tính thông số dây quấn biến áp xung:

Số vòng dây quấn sơ cấp

$$W_1 = \frac{U \cdot t_x}{Q \cdot \Delta B} \quad (8 - 64)$$

Số vòng dây quấn thứ cấp

$$W_2 = \frac{W_1}{k_{ba}} \quad (8 - 65)$$

Tiết diện dây quấn được tính

$$S = \frac{I}{J} \quad (8 - 66)$$

Đối với các loại biến áp xung để điều khiển Tiristo, vì độ rộng xung điện áp hẹp nên chúng ta có thể chọn mật độ dòng điện  $J$  khá lớn.

Đường kính dây:

$$d = \sqrt{4S/\pi} \quad (8 - 67)$$

2. Tính tăng khuyếch đại cuối cùng.

Sau khi lựa chọn xong các linh kiện của tầng khuếch đại cuối cùng chúng ta có các thông số cơ bản của mạch này.

Điện áp nguồn nuôi xung  $U_x$ ;

Dòng điện collector  $I_c$ ;

Hệ số khuếch đại dòng điện của Tranzitor  $\beta$ ;

Điện trở vào của tầng khuếch đại được chọn:

$$R_b \geq \frac{U_v}{I_b} \quad (8-68)$$

Trong đó:  $U_v$  - điện áp vào được lấy từ tầng so sánh đưa sang;

$I_b$  - dòng điện bazơ của Tranzitor khuếch đại

$$I_b = \frac{I_0}{\beta} \quad (8-69)$$

với  $I_c$  là dòng điện sơ cấp biến áp xung  $I_c = I_{dk}/k_{bax}$ .

### 3. Tính chọn tầng so sánh.

Tầng so sánh cũng được tính trên cơ sở những linh kiện trong sơ đồ đã được chọn.

Nếu tầng so sánh được chọn là sơ đồ hình 8.8a, thì các điện trở hạn chế collector  $R_3$  và bazơ  $R_1$  được chọn:

$$R_3 \geq \frac{E}{I_0} \quad (8-70)$$

$$R_1 = R_2 \geq \frac{U_v}{I_b} \quad (8-71)$$

Nếu tầng so sánh được chọn là các sơ đồ hình 8.8b;c, thì các điện trở hạn

$$R_1 = R_2 \geq \frac{U_v}{I_v} \quad (8-72)$$

chế đầu vào được tính:

$U_v, I_v$  - điện áp vào lấy từ khâu đồng pha (và điều khiển), dòng điện vào theo thông số của KĐTT, thông thường thông số dòng điện vào của các IC rất khó tra, nên người ta thường chọn các điện trở này vào khoảng  $(10 \div 50) \text{ k}\Omega$

### 4. Tính các thông số của khâu đồng pha.

Các thông số cơ bản của khâu đồng pha được tính, trên cơ sở chọn xong

các linh kiện bán dẫn.

Trong đại đa số các sơ đồ đồng pha (hình 8.8a;b;c;d), việc tạo điện áp tựa được tiến hành bằng cách nạp tụ theo mạch R - C. Thông số của các mạch R - C được tính theo

$$T_{rc} = R_2 \cdot C \quad (8 - 73)$$

trong đó:  $R_2, C$  - các thông số điện trở và tụ điện trong mạch nạp tụ (trên các sơ đồ hình 8.8).

Để cho các đường răng cưa có đỉnh nhọn tại cuối các bán kỳ, thì  $T_{rc}$  nên chọn cỡ khoảng  $T_{rc} = (0,003 \div 0,005)$  s. Từ trị số  $T_{rc}$  vừa chọn, ta tiến hành tính chọn  $R_2$  và  $C$  bằng cách chọn trước  $C$  sau đó tính  $R_2$ .

Các thông số điện áp xoay chiều đồng pha được chọn khoảng  $(5 \div 10)V$

### 8.9. Thiết kế tủ điện.

Tủ điện thiết kế phải đảm bảo chất lượng cao về kỹ thuật, mỹ thuật công nghiệp.

*Chất lượng kỹ thuật của tủ điện được thể hiện ở các yêu cầu sau:*

Kích thước hợp lý so với các thiết bị cần lắp.

Bố trí linh kiện hợp lý về không gian.

Các linh kiện bố trí theo nguyên tắc trọng lượng nghĩa là những thiết bị nặng bố trí dưới thấp, những thiết bị nhẹ bố trí trên cao.

Các thiết bị bố trí theo nguyên tắc tỏa nhiệt, nghĩa là những thiết bị tỏa nhiệt ít được bố trí dưới thấp còn những thiết bị tỏa nhiệt nhiều được bố trí trên cao.

- Có các lỗ thông gió cần thiết: đa số các thiết bị điện tử công suất cần tỏa nhiệt nhiều nên thường phải bố trí quạt làm mát. Thiết bị cần làm mát nhất trong trường hợp này là các van bán dẫn, bởi vì các van bán dẫn tỏa nhiệt lớn và rất nhạy với nhiệt độ.

Mạch điều khiển cần được bảo vệ tốt, tránh nhiệt độ cao, người ta thường bố trí cách ly với van và biến áp.

Bố trí theo nguyên tắc chức năng, nghĩa là những thiết bị có chức năng giống nhau thường được bố trí gần nhau.

Các thiết bị thao tác, đo lường, tín hiệu cần được bố trí ở mặt trước hoặc những vị trí thuận tiện

*Chất lượng mỹ thuật phải đảm bảo các yêu cầu:*

Hình dáng đẹp.

Màu sắc hài hoà không quá sặc sỡ, không quá tối, thường gặp màu ghi sáng, trắng ngà, xanh nhạt.....

Thiết bị bố trí ngay ngắn có hàng, có cột.

Dây nối phải đặt trong máng dây hoặc được bó thành bó gọn ghẽ.

### 8.9 Ví dụ tính toán bộ nguồn chỉnh lưu .

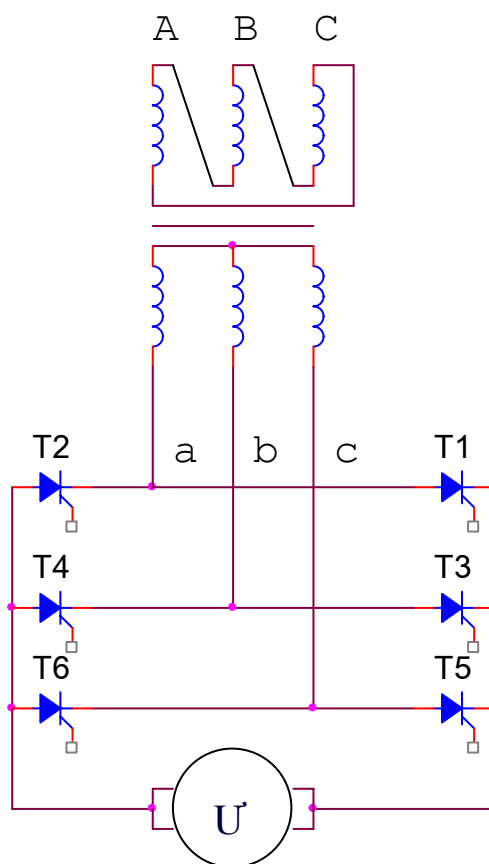
Thiết kế bộ nguồn chỉnh lưu một chiều cấp điện cho động cơ điện một chiều kích từ độc lập .

Thông số động cơ :  $U_{dm}=400$  (V) ;  $n_{dm}=980$  (vòng/phút) ;  $P=27$ (Kw);  
 $\eta=0,85$  ; số đôi cực  $p=2$ .

#### 8.9.1 Lựa chọn sơ đồ thiết kế .

Sau khi phân tích đánh giá về chỉnh lưu ,từ các ưu nhược điểm của các sơ đồ chỉnh lưu ,với tải và động cơ điện một chiều với công suất vừa phải như trên thì sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển đối xứng là hợp lí hơn cả ,bởi lẽ ở công suất này để tránh lệch tải biến áp ,không thể thiết kế theo sơ đồ một pha ,sơ đồ tia 3 pha sẽ làm mất đối xứng điện áp nguồn .Nên sơ đồ thiết kế ta chọn là sơ đồ cầu 3 pha có điều khiển đối xứng .

Sơ đồ được biểu diễn trên hình 8 -17 dưới đây :



Hình 8 -17 :Sơ đồ nguyên lí mạch động lực

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

$$I_{udm} = \frac{P}{\eta \cdot U_{dm}} = 79,41 \text{ (A)} .$$

$U_{2a}; U_{2b}; U_{2c}$  - Sức điện động thứ cấp máy biến áp nguồn .

$E$  - Sức điện động của động cơ .

$R, L$  - Điện trở và điện cảm trong mạch .

$$R = 2 \cdot R_{ba} + R_u + R_k + R_{dt} .$$

$$L = 2 \cdot L_{ba} + L_u + L_k .$$

$R_k, L_k$  là điện trở và điện kháng của máy biến áp qui đổi về thứ cấp :

$$R_{ba} = R_2 + R_1 \cdot \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^2$$

$$L_{ba} = L_2 + L_1 \cdot \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^2 .$$

$R_k, L_k$  là điện trở và điện kháng cuộn lọc .

$R_{dt}$  điện trở mạch phản ứng động cơ được tính gần đúng như sau :

$$R_u = 0,5 \cdot (1 - \eta) \cdot \frac{U_{udm}}{I_{udm}} \text{ (}\Omega\text{)} = 0,5 \cdot (1 - 0,85) \cdot \frac{220}{53,476} = 0,31 \text{ (}\Omega\text{)} .$$

$L_u$  là điện cảm mạch phản ứng động cơ được tính theo công thức

$U_{manxki\_Lindvit}$  :

$$L_u = \gamma \cdot \frac{U_{dm} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot p \cdot n_{dm} \cdot I_{dm}} = 0,25 \cdot \frac{220 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 950 \cdot 53,476} = 0,00345 \text{ (H)} = 3,45 \text{ (mH)}$$

Trong đó  $\gamma = 0,25$  là hệ số lấy cho động cơ có cuộn bù .

#### 1.10.2 **Tính chọn Thyristor :**

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

+)Điện áp ngược lớn nhất mà Thyristor phải chịu :

$$U_{nmax} = K_{nv} \cdot U_2 = K_{nv} \cdot \frac{U_d}{K_u} = \frac{\pi}{3} \cdot 400 = 418,879 \text{ (V)} .$$

$$\text{Trong đó :} \quad K_{nv} = \sqrt{6} \quad K_u = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi}$$

Điện áp ngược của van cần chọn :

$$U_{nv} = K_{dtU} \cdot U_{nmax} = 1,8 \cdot 418,879 = 753,98 \text{ Lấy bằng } 754 \text{ (V)}$$

Trong đó :

$K_{dtU}$  - hệ số dự trữ điện áp ,chọn  $K_{dtU}=1,8$  .

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

$$I_{lv} = I_{hd} = K_{hd} \cdot I_d = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{79,41}{\sqrt{3}} = 45,847 \text{ (A)}$$

(Do trong sơ đồ cầu 3 pha ,hệ số dòng hiệu dụng : $K_{hd} = \frac{1}{\sqrt{3}}$  ) .

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

$$I_{dm} = K_i \cdot I_{lv} = 3,2 \cdot 45,847 = 147 \text{ (A)}$$

( $K_i$  là hệ số dự trữ dòng điện và chọn  $K_i=3,2$ )

từ các thông số  $U_{nv}$  , $I_{dmv}$  ta chọn 6 Thyristor loại SCI50C80 do Mỹ sản xuất có các thông số sau :

Điện áp ngược cực đại của van :  $U_n = 800 \text{ (V)}$

Dòng điện định mức của van :  $I_{dm} = 150 \text{ (A)}$

Đỉnh xung dòng điện :  $I_{pik} = 2800 \text{ (A)}$

Dòng điện của xung điều khiển :  $I_{dk} = 0,1 \text{ (A)}$

Điện áp của xung điều khiển :  $U_{dk} = 3,0 \text{ (V)}$

Dòng điện rò :  $I_r = 15 \text{ (mA)}$

Sụt áp lớn nhất của Thyristor ở trạng thái dẫn là :  $\Delta U = 1,6 \text{ (V)}$

Tốc độ biến thiên điện áp :  $\frac{dU}{dt} = 200 \text{ (V/}\mu\text{s)}$

Tốc độ biến thiên dòng điện :  $\frac{dI}{dt} = 180 \text{ (A/}\mu\text{s)}$

Thời gian chuyển mạch :  $t_{cm} = 80 \text{ (}\mu\text{s)}$

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

### 8.9.3 *Tính toán máy biến áp chỉnh lưu .*

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

+)Tính các thông số cơ bản :

1-Tính công suất biểu kiến của Máy biến áp :

$$S = K_s \cdot P_d = K_s \cdot \frac{P}{\eta} = 1,05 \cdot \frac{27000}{0,85} = 33353 \text{ (VA)}$$

2-Điện áp pha sơ cấp máy biến áp :

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

### 3-Điện áp pha thứ cấp của máy biến áp

Phương trình cân bằng điện áp khi có tải :

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

Trong đó :

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

$\Delta U_v = 1,6 \text{ (V)}$  là sụt áp trên Thyristor

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

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

Chọn sơ bộ :

$$\Delta U_{ba} = 6\% \cdot U_d = 6\% \cdot 400 = 24 \text{ (V)}$$

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

$$U_{d0} = \frac{U_d + 2 \cdot \Delta U_v + \Delta U_{dn} + 2 \cdot \Delta U_{ba}}{\cos \alpha_{\min}} = \frac{400 + 2 \cdot 1,6 + 0 + 24}{\cos 10^\circ} = 433,79 \text{ (V)}$$

Điện áp pha thứ cấp của máy biến áp :

$$U_2 = \frac{U_d}{k_u} = \frac{433,79}{3 \cdot \sqrt{6}} = 185,45 \text{ (V)}$$

4-Dòng điện hiệu dụng sơ cấp của máy biến áp :

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d = \sqrt{\frac{2}{3}} 79,41 = 64,84 \text{ (A)}$$

5-Dòng điện hiệu dụng sơ cấp máy biến áp :

$$I_1 = K_{ba} I_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2 = \frac{185,45}{380} \cdot 64,84 = 34,64 \text{ (A)}$$

\*) Tính sơ bộ mạch từ (Xác định kích thước bản mạch từ)

6-Tiết diện sơ bộ trụ .

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

Trong đó :

$k_Q$  là hệ số phụ thuộc phương thức làm mát , lấy  $k_Q = 6$  .

$m$  là số trụ của máy biến áp

$f$  là tần số xoay chiều , ở đây  $f = 50 \text{ (Hz)}$

Thay số ta được :

$$Q_{Fe} = 6 \cdot \sqrt{\frac{33353}{3.50}}$$

7-Đường kính trụ :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Fe}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.89,469}{\pi}} = 10,67 \text{ (cm)}$$

Chuẩn đoán đường kính trụ theo tiêu chuẩn  $d = 11 \text{ (cm)}$

8-Chọn loại thép  $\exists 330$  các lá thép có độ dày 0,5 mm

Chọn mật độ từ cảm trong trụ  $B_t = (T)$

9-Chọn tỷ số  $m = \frac{h}{d} = 2,3$  , suy ra  $h = 2,3 \cdot d = 2,3 \cdot 11 = 25,3 \text{ (cm)}$

Ta chọn chiều cao trụ là 25 cm

\*)Tính toán dây quấn .

10- Số vòng dây mỗi pha sơ cấp máy biến áp .

$$W_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B_T} = \frac{380}{4,44 \cdot 50 \cdot 89,469 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0} = 191,3 \text{ (vòng)}$$

Lấy  $W_1 = 191$  vòng

11- Số vòng dây mỗi pha thứ cấp máy biến áp :

$$W_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot W_1 = \frac{185,45}{380} \cdot 191 = 93,2 \text{ (vòng)}$$

Lấy  $W_2 = 93$  vòng

12- Chọn sơ bộ mật độ dòng điện trong máy biến áp .

Với dây dẫn bằng đồng ,máy biến áp khô ,chọn  $J_1 = J_2 = 2,75 \text{ (A/mm}^2\text{)}$

13- Tiết diện dây dẫn sơ cấp máy biến áp .

$$S_1 = \frac{I_1}{J_1} = \frac{31,64}{2,75} = 11,5 \text{ (mm}^2\text{)}$$

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

Chuẩn hoá tiết diện theo tiêu chuẩn :  $S_1 = 12,30 \text{ (mm}^2\text{)}$

Kích thước dây dẫn có kẻ cách điện

$$S_{lcd} = a_1 \cdot b_1 = 1,81 \cdot 6,9 = (\text{mm} \times \text{mm})$$

14- Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn sơ cấp .

$$J_1 = \frac{I_1}{S_1} = \frac{31,64}{12,3} = 2,57 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

15- Tiết diện dây dẫn thứ cấp của máy biến áp .



$$S_2 = \frac{I_2}{J_2} = \frac{64,84}{2,75} = 23,58 \text{ (mm}^2\text{)}$$

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

Chuẩn hoá tiết diện theo tiêu chuẩn :  $S_2 = 23,6 \text{ (mm}^2\text{)}$

Kích thước dây dẫn có kẻ cách điện :  $S_{2cd} = a_2.b_2 = 3,28.7,4 \text{ (mm x mm)}$

16- Tính lại mật độ dòng điện trong cuộn thứ cấp .

$$J_2 = \frac{I_2}{S_2} = 2,74 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

\*)Kết cấu dây dẫn sơ cấp :

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

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

$$W_{11} = \frac{h - 2.h_g}{b_1} \cdot k_c = \frac{25 - 2.1,5}{0,69} \cdot 0,95 = 30 \text{ (vòng)}$$

Trong đó :

$k_c = 0,95$  là hệ số ép chặt .

$h$  là chiều cao trụ .

$h_g$  là khoảng cách từ gông đến cuộn dây sơ cấp .

Chọn sơ bộ khoảng cách cách điện gông là 1,5 cm .

19- Tính sơ bộ số lớp dây ở cuộn sơ cấp :

$$n_{11} = \frac{W_1}{W_{11}} = \frac{191}{30} = 6,3 \text{ (lớp)}$$

20- Chọn số lớp  $n_{11} = 7$  lớp .Như vậy có 191 vòng chia thành 7 lớp ,Chọn 6 lớp đầu vào có 28 vòng ,lớp thứ 7 có  $191 - 6.28 = 23 \text{ (vòng)}$

21- Chiều cao thực tế của cuộn sơ cấp :

$$h_1 = \frac{W_{11}.b}{k_c} = \frac{28.0,69}{0,95} = 20,34 \text{ (cm)}$$

22- Chọn ống quấn dây làm bằng vật liệu cách điện có bề dày :  $S_{01} = 0,1 \text{ cm}$ .

23- Khoảng cách từ trụ tới cuộn dây sơ cấp  $a_{01} = 1,0 \text{ cm}$  .

24- Đường kính trong của ống cách điện .

$$D_t = d_{Fe} + 2.a_{01} - 2.S_{01} = 11 + 2.1 - 2.0,1 = 12,8 \text{ (cm)}$$

25- Đường kính trong của cuộn sơ cấp .

$$D_{t1} = D_t + 2.S_{01} = 12,8 + 2.0,1 = 13 \text{ (cm)}$$

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

27- Bề dày cuộn sơ cấp .

$$B_{d1} = (a_1 + cd_{11}).n_{11} = (1,81 + 0,1).7 = 1,337 \text{ (cm)}$$

28- Đường kính ngoài của cuộn sơ cấp .

$$D_{n1} = D_{t1} + 2.B_{d1} = 13 + 2.1,337 = 15,674 \text{ (cm)}$$

29- Đường kính trung bình của cuộn sơ cấp .

$$D_{tb1} = \frac{D_{t1} + D_{n1}}{2} = \frac{13 + 15,674}{2} = 14,337 \text{ (cm)}$$

30- Chiều dài dây quấn sơ cấp .

$$l_1 = W_1 \cdot \pi \cdot D_{tb1} = \pi \cdot 191 \cdot 14,337 = 86,02 \text{ (m)}$$

31- Chọn bề dày cách điện giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp :  $cd_{01} = 1,0 \text{ cm}$

\*) Kết cấu dây quấn thứ cấp .

32- Chọn sơ bộ chiều cao cuộn thứ cấp .

$$h_1 = h_2 = 20,34 \text{ (cm)}$$

33- Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp .

$$W_{12} = \frac{h_2}{b_2} k_c = \frac{20,34}{0,74} 0,95 = 26 \text{ (vòng)}$$

34- Tính sơ bộ số lớp dây quấn thứ cấp .

$$n_{12} = \frac{W_2}{W_{12}} = \frac{93}{26} = 3,6 \text{ (lớp)}$$

35- Chọn số lớp dây quấn thứ cấp  $n_{12} = 4$  lớp . Chọn 6 lớp đầu có 24 vòng , lớp thứ 4 có  $93 - 4.24 = 21$  (vòng)

36- Chiều cao thực tế của cuộn thứ cấp

$$h_2 = \frac{W_{12}}{k_c} \cdot b = \frac{24}{0,95} \cdot 0,74 = 18,69 \text{ (cm)}$$

37- Đường kính trong của cuộn thứ cấp.

$$D_{t2} = D_{n1} + 2.a_{12} = 15,674 + 2.1 = 17,674 \text{ (cm)}$$

38- Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp :  $cd_{22} = 0,1 \text{ (mm)}$

39- Bề dày cuộn sơ cấp .

$$B_{d2} = (a_2 + cd_{22}) \cdot n_{12} = (0,328 + 0,01) \cdot 4 = 1,352 \text{ (cm)}$$

40- Đường kính ngoài của cuộn thứ cấp .

$$D_{n2} = D_{t2} + 2.B_{d2} = 17,674 + 2.1,352 = 20,378 \text{ (cm)}$$

41- Đường kính trung bình của cuộn thứ cấp .

$$D_{tb2} = \frac{D_{t2} + D_{n2}}{2} = \frac{17,674 + 20,378}{2} = 19,026 \text{ (cm)}$$

42- Chiều dài dây quấn thứ cấp .

$$l_2 = \pi \cdot W_2 \cdot D_{tb2} = \pi \cdot 93 \cdot 19,026 = 55,5597 \text{ (m)}$$

43- Đường kính trung bình các cuộn dây .

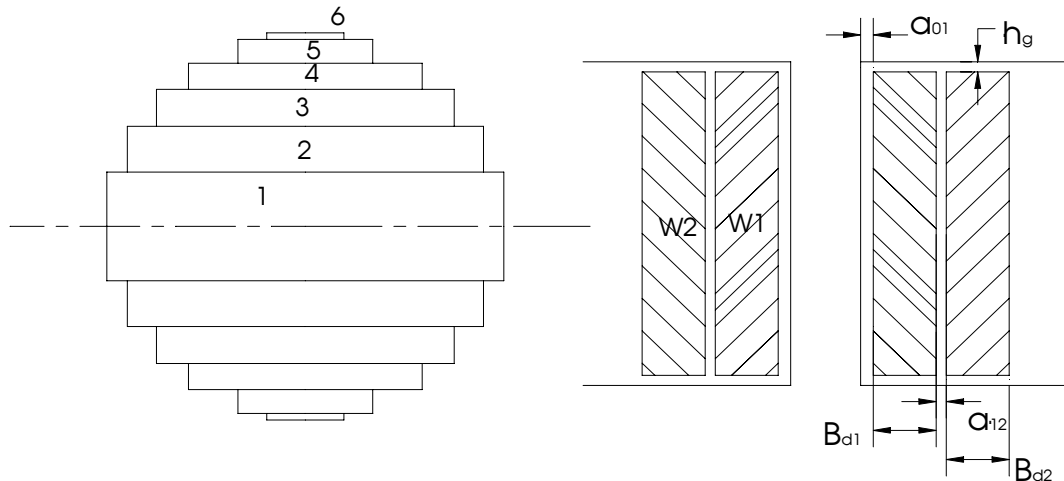
$$D_{12} = \frac{D_{t1} + D_{n2}}{2} = \frac{13 + 20,378}{2} = 16,689 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow r_{12} = \frac{D_{12}}{2} = 8,344 \text{ (cm)}$$

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

\*) Tính kích thước mạch từ .

45- Với đường kính trụ  $d = 11 \text{ cm}$  ,ta có số bậc là 6 trong nửa tiết diện trụ .



Hình 1.29 Các bậc thang ghép thành trụ

46- Toàn bộ tiết diện bậc thang của trụ .

$$Q_{bt} = 2 \cdot (1,6 \cdot 10,5 + 1,1 \cdot 9,5 + 0,7 \cdot 8,5 + 0,6 \cdot 7,5 + 0,4 \cdot 6,5 + 0,7 \cdot 4) = 86,2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

47- Tiết diện hiệu quả của trụ .

$$Q_T = k_{hq} \cdot Q_{bt} = 0,95 \cdot 86,2 = 81,89 \text{ (cm}^2\text{)}$$

48- Tổng chiều dày các bậc thang của trụ .

$$d_t = 2 \cdot (1,6 + 1,1 + 0,7 + 0,6 + 0,4 + 0,7) = 10,2 \text{ (cm)}$$

49- Số lá thép dùng trong các bậc .

$$\text{Bậc 1} \quad n_1 = \frac{16}{0,5} \cdot 2 = 64 \text{ lá}$$

$$\text{Bậc 2} \quad n_2 = \frac{11}{0,5} \cdot 2 = 44 \text{ lá}$$

$$\text{Bậc 3} \quad n_3 = \frac{7}{0,5} \cdot 2 = 28 \text{ lá}$$

$$\text{Bậc 4} \quad n_4 = \frac{6}{0,5} \cdot 2 = 24 \text{ lá}$$

$$\text{Bậc 5} \quad n_5 = \frac{4}{0,5} \cdot 2 = 16 \text{ lá}$$

$$\text{Bạc 6} \quad n_6 = \frac{7}{0,5} \cdot 2 = 28 \text{ lá}$$

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

Chiều dày của gông bằng chiều dày của trụ :  $b = d_t = 10,2 \text{ cm}$

Chiều cao của gông bằng chiều rộng tập lá thép thứ nhất của trụ :  $a = 10,5 \text{ cm}$

Tiết diện gông  $Q_{bg} = a \times b = 107,1 \text{ (cm}^2\text{)}$

50- Tiết diện hiệu quả của gông .

$$Q_g = k_{hq} \cdot Q_{bg} = 0,95 \cdot 107,1 = 101,7 \text{ (cm}^2\text{)}$$

51- Số lá thép dùng trong một gông .

$$h_g = \frac{b}{0,5} = \frac{102}{0,5} = 204 \text{ (lá)}$$

52- Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ .

$$B_T = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot Q_T} = \frac{380}{4,44 \cdot 50 \cdot 191 \cdot 81,89 \cdot 10^{-4}} = 1,094 \text{ (T)}$$

53- Mật độ từ cảm trong gông .

$$B_g = B_T \cdot \frac{Q_T}{Q_g} = 1,094 \cdot \frac{81,89}{101,7} = 0,88 \text{ (T)}$$

54- Chiều rộng cửa sổ .

$$c = 2 \cdot (a_{01} + B_{d1} + a_{12} + B_{d2}) + a_{22} = 2 \cdot (1 + 1,337 + 1 + 1,352) + 2 = 11,378 \text{ (cm)}$$

55- Tính khoảng cách giữa hai tâm trục .

$$c' = c + d = 11,378 + 11 = 22,378 \text{ (cm)}$$

56- Chiều rộng mạch từ .

$$L = 2 \cdot c + 3 \cdot d = 2 \cdot 11,378 + 3 \cdot 11 = 55,756 \text{ (cm)}$$

57- Chiều cao mạch từ .

$$H = h + 2 \cdot a = 25 + 2 \cdot 10,5 = 46 \text{ (cm)}$$

\*) Tính khối lượng của sắt và đồng .

58- Thể tích của trụ .

$$V_T = 3 \cdot Q_T \cdot h = 3 \cdot 81,89 \cdot 25 = 6141,75 \text{ (cm}^3\text{)}$$

59- Thể tích của gông .

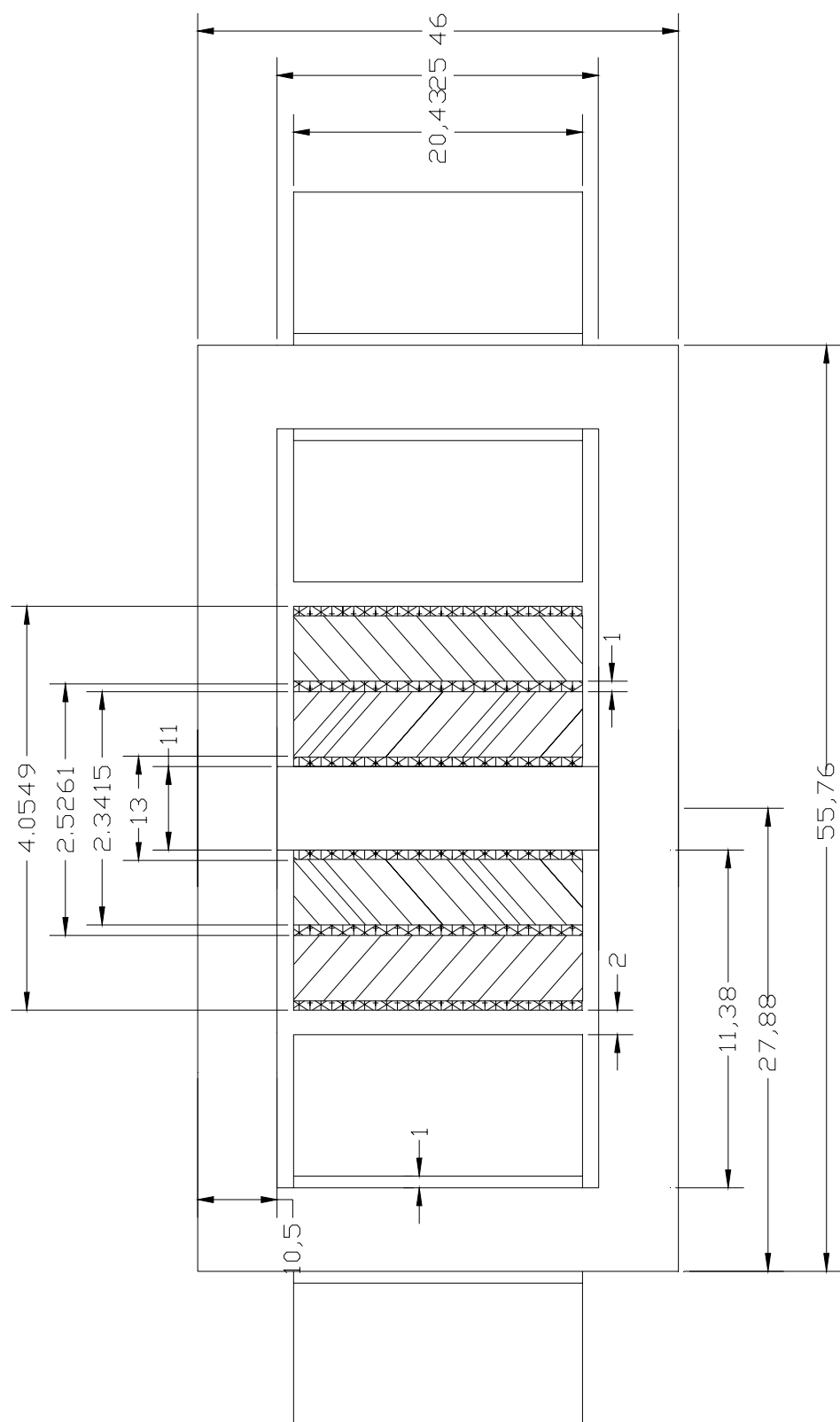
$$V_g = 2 \cdot Q_g \cdot L = 2 \cdot 107,1 \cdot 55,756 = 11942,94 \text{ (cm}^3\text{)}$$

60- Khối lượng của trụ .

$$M_T = V_T \cdot m_{Fe} = 6,412 \cdot 7,85 = 48,21 \text{ (Kg)}$$

61- Khối lượng của gông .

$$M_g = V_g \cdot m_{Fe} = 11,94294 \cdot 7,85 = 93,752 \text{ (Kg)}$$



Hình 1.30 Sơ đồ kết cấu máy biến áp

62- Khối lượng của sắt .

$$M_{Fe} = M_T + M_g = 48,21 + 93,752 = 141,962 \text{ (Kg)}$$

63- Thể tích đồng .

$$V_{Cu} = 3 \cdot (S_1 \cdot L_1 + S_2 \cdot L_2) = 3 \cdot (12,3 \cdot 10^{-4} \cdot 86,02 \cdot 10 + 23,6 \cdot 10^{-4} \cdot 55,5597 \cdot 10) \\ = 7,1077 \text{ (dm}^3\text{)}$$

64- Khối lượng của đồng .

$$M_{Cu} = V_{Cu} \cdot m_{Cu} = 7,1077 \cdot 8,9 = 63,26 \text{ (Kg)}$$

\*) Tính các thông số của máy biến áp .

65- Điện trở của cuộn sơ cấp máy biến áp ở  $75^\circ \text{C}$  .

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l_1}{S_1} = 0,02133 \cdot \frac{86,02}{12,3} = 0,149 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Trong đó  $\rho_{75} = 0,02133 \text{ (}\Omega\text{)}$

66- Điện trở cuộn thứ cấp máy biến áp ở  $75^\circ \text{C}$  .

$$R_2 = \rho \cdot \frac{l_2}{S_2} = 0,02133 \cdot \frac{55,5597}{23,6} = 0,0502 \text{ (}\Omega\text{)}$$

67- Điện trở của máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$R_{BA} = R_2 + R_1 \left( \frac{W_2}{W_1} \right)^2 = 0,0502 + 1,49 \left( \frac{93}{191} \right)^2 = 0,085 \text{ (}\Omega\text{)}$$

68- Sụt áp trên điện trở máy biến áp .

$$\Delta U_r = R_{BA} \cdot I_d = 0,085 \cdot 79,41 = 6,75 \text{ (V)}$$

69- Điện kháng máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$X_{BA} = 8 \cdot \pi^2 \cdot (W)^2 \cdot \left( \frac{r}{h_{qd}} \right) \cdot \left( a_{12} + \frac{B_{d1} + B_{d2}}{3} \right) \cdot \omega \cdot 10^{-7} \\ = 8 \cdot \pi^2 \cdot 93^2 \cdot \left( \frac{8,837}{20,34} \right) \cdot \left( 0,01 + \frac{1,337 + 1,352}{3} \right) \cdot 314 \cdot 10^{-7} \\ = 0,176 \text{ (}\Omega\text{)}$$

70- Điện cảm máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$L_{BA} = \frac{X_{BA}}{\omega} = \frac{0,176}{314} = 0,00056 \text{ (H)} = 0,56 \text{ (mH)}$$

71- Sụt áp trên điện kháng máy biến áp .

$$\Delta U_x = \frac{3}{\pi} X_{BA} \cdot I_d = \frac{3}{\pi} 0,176.79,41 = 13,35 \text{ (V)}$$

$$R_{dt} = \frac{3}{\pi} \cdot X_{BA} = 0,168 \text{ (}\Omega\text{)}$$

72- Sụt áp trên máy biến áp .

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{\Delta U_r^2 + \Delta U_x^2} = \sqrt{6,75^2 + 12,67^2} = 13,45 \text{ (V)}$$

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

$$\begin{aligned} U &= U_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} - 2 \cdot \Delta U_v - \Delta U_{BA} \\ &= 433,79 \cdot \cos 10^\circ - 2 \cdot 1,6 - 19,46 = 405 \text{ (V)} \end{aligned}$$

74- Tổng trở ngắn mạch qui đổi về thứ cấp .

$$Z_{BA} = \sqrt{R_{BA}^2 + X_{BA}^2} = \sqrt{0,085^2 + 0,176^2} = 0,195 \text{ (}\Omega\text{)}$$

75- Tổn hao ngắn mạch trong máy biến áp .

$$\Delta P_n = 3 \cdot R_{BA} \cdot I^2 = 3 \cdot 0,085 \cdot 64,84^2 = 1072,1 \text{ (W)}$$

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P_n}{S} \cdot 100 = \frac{1072,1}{33353} \cdot 100 = 3,12 \%$$

76- Tổn hao có tải có kể đến 15% tổn hao phụ .

$$P_0 = 1,3 \cdot n_f \cdot (M_T \cdot B_T^2 + M_g \cdot B_g^2) = 1,3 \cdot 1,15 \cdot (48,21 \cdot 1,094^2 + 93,752 \cdot 0,88^2)$$

$$P_0 = 194,8 \text{ (W)}$$

$$\Delta P\% = \frac{P_0}{S} \cdot 100 = 0,58 \%$$

77- Điện áp ngắn mạch tác dụng .

$$U_{nr} = \frac{R_{BA} \cdot I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{64,84 \cdot 0,085}{185,45} \cdot 100 = 2,97 \%$$

78- Điện áp ngắn mạch phản kháng .

$$U_{nx} = \frac{x_{BA} \cdot I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{64,84 \cdot 0,176}{185,45} \cdot 100 = 6,15 \%$$

79- Điện áp ngắn mạch phần trăm .

$$U_n = \sqrt{U_{nr}^2 + U_{nx}^2} = \sqrt{2,97^2 + 6,15^2} = 6,83 \text{ (V)}$$

80- Dòng điện ngắn mạch xác lập .

$$I_{2nm} = \frac{U_2}{Z_{BA}} = \frac{185,45}{0,187} = 991,7 \text{ (A)}$$

81- Dòng điện ngắn mạch tức thời cực đại .

$$I_{\max} = \sqrt{2} \cdot I_{2m} \left( 1 + e^{\frac{\pi \cdot u_{nr}}{u_{nx}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 991,1 \cdot \left( 1 + e^{\frac{\pi \cdot 0,0297}{0,0584}} \right) = 1686,5 \text{ (A)}$$

$$< I_{\text{pik}} = 2800 \text{ (A)}$$

$I_{\text{pik}}$  :Đỉnh xung max của Thyristor .

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

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

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

$$\frac{di_c}{dt} \max = \frac{\sqrt{6} \cdot U_2}{2 \cdot L_{BA}} = \frac{\sqrt{6} \cdot 185,45}{2 \cdot 0,53 \cdot 10^{-3}} = 428545,2 \text{ (A/s)}$$

$$\frac{di_c}{dt} \max = 0,43 \text{ (A/}\mu\text{s)} < \frac{di_c}{dt} \text{cp} = 100 \text{ (A/}\mu\text{s)}$$

Vậy máy biến áp thiết kế sử dụng tốt .

83- Hiệu suất thiết bị chỉnh lưu .

$$\eta = \frac{U_d \cdot I_d}{S} = \frac{400 \cdot 79,41}{33353} = 95 \%$$

#### 8.9.4 *Thiết kế cuộn kháng lọc* .

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

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

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

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

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

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

Ta có :

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{U_{d \min}}{U_{do}} = \arccos \frac{U_{d \min}}{2,34 \cdot U_2} \quad (4.3)$$

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

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{U_{ddm} - I_{udm} R_{u\Sigma}}{U_{d \min} - I_{udm} \cdot R_{u\Sigma}} =$$

$$U_{d \min} = \frac{1}{D} \cdot [U_{d \min} + (D - 1) \cdot I_{udm} \cdot R_{u\Sigma}]$$



$$U_{d \min} = \frac{1}{D} \cdot [2,34 \cdot U_2 \cdot \cos \alpha_{\min} + (D-1) \cdot I_{udm} \cdot (R_u + R_{BA} + R_{dt})]$$

$$= \frac{1}{20} \cdot \left[ 2,34 \cdot U_2 \cdot \cos \alpha_{\min} + (20-1) \cdot I_{udm} \cdot \left( R_u + R_{BA} + \frac{3}{\pi} \cdot X_{BA} \right) \right]$$

Thay số

$$U_{d \min} = \frac{1}{20} \cdot \left[ 2,34 \cdot 185,45 \cdot \cos \alpha_{\min} + (20-1) \cdot 79,412 \cdot \left( 0,378 + 0,085 + \frac{3}{\pi} \cdot 0,176 \right) \right]$$

$$U_{d \min} = 64,8 \text{ (V)}$$

Thay số vào (4.3) ta được

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{U_{d \min}}{U_{do}} = \arccos \frac{64,8}{2,34 \cdot 185,45} = 80,9^\circ$$

## 2. Xác định các thành phần sóng hài .

Để thuận tiện cho việc khai triển chuỗi Fourier ta chuyển gốc toạ độ sang điểm  $\theta_1$  (Hình 1.1 b), khi đó điện áp tức thời trên tải khi Thyristor  $T_1$  và  $T_4$  dẫn

$$U_d = U_{ab} = \sqrt{6} \cdot U_2 \cdot \cos \left( \theta - \frac{\pi}{6} + \alpha \right)$$

Với  $\theta = \Omega \cdot t$

Điện áp tức thời trên tải điện  $U_d$  không sin và tuần hoàn với chu kỳ

$$\tau = \frac{2\pi}{P} = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$$

Trong đó  $P=6$  : Là số xung đập mạch trong một chu kỳ điện áp lưới .

Khai triển chuỗi Fourier của điện áp  $U_d$  :

$$U_d = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_n \cdot \cos 6 \cdot k \theta + b_n \cdot \sin 6 \cdot k \theta) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} U_{nm} \cdot \sin(6 \cdot k \theta + \phi_k)$$

Trong đó

$$*) a = \frac{2}{\tau} \int_0^{\tau} U_d \cdot \cos 6k\theta d\theta = \frac{6}{\pi} \int_0^{\tau} \sqrt{6} U_2 \cdot \cos \left( \theta - \frac{\pi}{6} + \alpha \right) \cdot \cos 6k\theta d\theta$$

$$a_n = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \frac{-2}{(6k)^2 - 1} \cdot 2 \cdot \sin \frac{\pi}{6} \cos \alpha = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \frac{-2}{(6k)^2 - 1} \cdot \cos \alpha$$

$$\begin{aligned}
 *) \quad b_n &= \frac{2}{\tau} \int_0^{\tau} U_d \cdot \cos 6k\theta d\theta = \frac{6}{\pi} \int_0^{\tau} \sqrt{6} U_2 \cdot \cos(\theta - \frac{\pi}{6} + \alpha) \cdot \cos 6k\theta d\theta \\
 &= \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \frac{12}{(6k)^2 - 1} \cdot 2 \cdot \sin \frac{3\pi}{6} \sin \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \frac{12k}{(6k)^2 - 1} \cdot \cos \alpha
 \end{aligned}$$

$$\text{Ta có } \frac{a_o}{2} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \cos \alpha$$

Vậy ta có biên độ của điện áp :

$$U_{k,n} = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$U_{k,n} = 2 \cdot \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \frac{1}{(6k)^2 - 1} \sqrt{\cos^2 \alpha + (6k)^2 \sin^2 \alpha}$$

$$U_{k,n} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{do} \cdot \frac{1}{(6k)^2 - 1} \sqrt{1 + (6k)^2 \tan^2 \alpha}$$

$$U_d \approx \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot \cos \alpha + \sum_n U_{km} \cdot \sin(6\theta - \varphi_1)$$

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

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

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

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

Ta có

$$U_d + u_{\sim} = E + R_{u\Sigma} \cdot I_d + R_{u\Sigma} \cdot i_{\sim} + L \frac{di_{\sim}}{dt}$$

Cân bằng hai vế

$$U = R \cdot i_{\sim} + L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt} \quad \text{vì } R \cdot i_{\sim} \ll L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt} \quad \text{nên } U = L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt}$$

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

$$U_{\sim} = U_{1m} \cdot \sin(6\theta + \varphi) \text{ nên}$$

$$I = \frac{1}{L} \int U_{\sim} dt = \frac{U_{1m}}{\rho \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \cos(6\theta + \varphi_1) = I_m \cdot \cos(6\theta + \varphi_1)$$

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

Suy ra

$$L \geq \frac{U_{1m}}{6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 0,1 \cdot I_{dm}}$$

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

Trong đó

$$U_{1m} = 2 \cdot \frac{U_{do} \cos \alpha_{\max}}{6^2 - 1} \sqrt{1 + 6^2 \tan^2 \alpha_{\max}}$$

$$U_{1m} = 2 \cdot \frac{2,34 \cdot 184,45 \cdot \cos 80,9^\circ}{36 - 1} \sqrt{1 + 36 \tan^2 80,9^\circ} = 146,95$$

Thay số :

$$L = \frac{147,78}{6 \cdot 2 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 0,1 \cdot 79,41} = 0,00986 \text{ (H)} = 9,8 \text{ (mH)}$$

Điện cảm mạch phản ứng đã có :

$$L_{uc} = L_u + 2 \cdot L_{BA} = 6,1 + 2 \cdot 0,53 = 7,16 \text{ (mH)}$$

Điện cảm cuộn kháng lọc .

$$L_k = L - L_{uc} = 9,86 - 7,16 = 2,70 \text{ (mH)}$$

#### 4. Thiết kế kết cấu cuộn kháng lọc .

Các thông số ban đầu :

$$\text{Điện cảm yêu cầu của cuộn kháng lọc} \quad L_k = 2,7 \text{ (mH)}$$

$$\text{Dòng điện định mức chạy qua cuộn kháng} \quad I_m = 79,41 \text{ (A)}$$

$$\text{Biên độ dòng điện xoay chiều bậc 1} \quad I_{1m} = 10\% I_{dm} = 7,94 \text{ (A)}$$

- 1- Do dòng điện cuộn kháng lớn và điện trở bé do đó ta có thể coi tổng trở của cuộn kháng xấp xỉ bằng điện kháng của cuộn kháng .

$$Z_k = X_k = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_k = 2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 50 \cdot 2,70 \cdot 10^{-3} = 5,09 \text{ (}\Omega\text{)}$$

- 2- Điện áp xoay chiều rơi trên cuộn kháng lọc .

$$\Delta U = Z \cdot \frac{I_{1dm}}{\sqrt{2}} = 5,09 \cdot \frac{7,94}{\sqrt{2}} = 28,58 \text{ (V)}$$

- 3- Công suất của cuộn kháng lọc .

$$S = \Delta U \cdot \frac{I_{dm}}{\sqrt{2}} = 28,58 \cdot \frac{7,94}{\sqrt{2}} = 160,46 \text{ (VA)}$$

4- Tiết diện cực từ chính của cuộn kháng lọc .

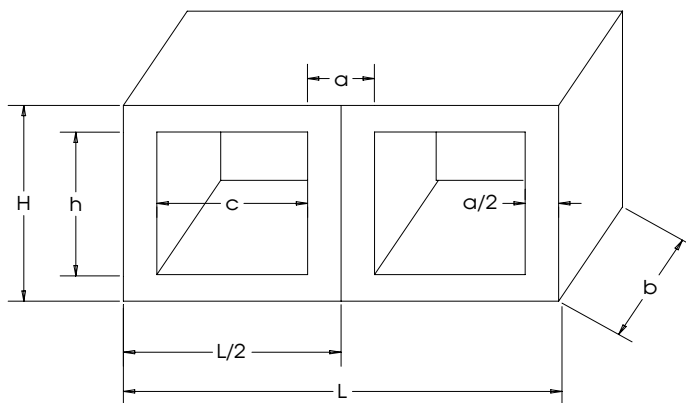
$$Q = k_Q \cdot \sqrt{\frac{s}{f}} = 5 \cdot \sqrt{\frac{160,46}{6.50}} = 3,656 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$K_Q$  là hệ số phụ thuộc phương thức làm mát ,khi làm mát bằng không khí tự nhiên  $k_Q = 5$  .

Chuẩn hoá tiết diện trụ theo kích thước có sẵn :

Chọn  $Q = 4,25 \text{ (cm}^2\text{)}$

5- Với tiết diện trụ  $Q = 4,25 \text{ (cm}^2\text{)}$



Hình 1.31 Kết cấu mạch từ cuộn kháng

Chọn loại thép  $\Xi 330A$  ,tấm thép dày 0,35 mm

$a = 20 \text{ (mm)}$

$b = 25 \text{ (mm)}$

6- Chọn mật độ từ cảm trong trụ :  $B_T = 0,8 \text{ T}$

7- Khi có thành phần dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn cảm thì trong cuộn cảm sẽ xuất hiện một sức điện động  $F_k$  :

$$F_k = 4,44 \cdot w \cdot f' \cdot B_T \cdot Q$$

Gần đúng ta có thể viết :  $E_k = \Delta U = 28,58 \text{ (V)}$

$$W = \frac{\Delta U}{4,44 \cdot f' \cdot B_T \cdot Q} = \frac{28,58}{4,44 \cdot 6.50 \cdot 0,8 \cdot 4,25 \cdot 10^{-4}} = 63,1 \text{ (vòng)}$$

Lấy  $w = 63$  vòng

8- Ta có dòng điện chạy qua cuộn kháng .

$$i(t) = I_d + i_{lm} \cos(6\theta + \varphi_1)$$

Dòng điện hiệu dụng chạy qua cuộn kháng .

$$I_k = \sqrt{I_d^2 + \left(\frac{I_{lm}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{79,41^2 + \left(\frac{7,94}{\sqrt{2}}\right)^2} = 79,61 \text{ (A)}$$

9- Chọn mật độ dòng điện qua cuộn kháng .

$$S_1 = \frac{I_k}{J} = \frac{79,61}{2,75} = 28,95 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Chọn dây dẫn tiết diện hình chữ nhật ,cách điện cấp B ,chọn  $S_k = 29,90 \text{ mm}^2$

Với kích thước dây :

$$a_k \times b_k = 3,80 \times 8,00 \text{ (mm x mm)}$$

Tính lại mật độ dòng :

$$j = \frac{I_k}{S_k} = \frac{79,61}{29,9} = 2,66 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

11- Chọn tỷ số lắp dây :

$$K_{ld} = \frac{w.S_k}{Q_{cs}} = 0,7$$

12- Diện tích cửa sổ

$$Q_{cs} = \frac{w.S_k}{k_{ld}} = \frac{63.29,9}{0,7} = 26,91 \text{ (cm}^2\text{)}$$

13- Tính kích thước mạch từ .

$$Q_{cs} = c \times h$$

$$\text{Chọn } m = \frac{h}{a} = 3$$

Suy ra  $h = 3.a = 3.20 = 60 \text{ (mm)}$

$$c = \frac{Q_{cs}}{h} = \frac{26,91}{6,0} = 4,5 \text{ cm} = 45 \text{ mm}$$

14- Chiều cao mạch từ .

$$H = h + a = 60 + 20 = 80 \text{ (mm)}$$

15- Chiều dài mạch từ .

$$L = 2.c + 2.a = 2.45 + 2.20 = 130 \text{ (mm)}$$

16- Chọn khoảng cách từ gông tới cuộn dây

$$h_g = 2 \text{ mm}$$

17- Tính số vòng trên một lớp

$$w_1 = \frac{h - 2.h_g}{b_k} = 7 \text{ (vòng)}$$

18- Tính số lớp dây quấn .

$$n_1 = \frac{w}{w_1} = \frac{63}{7} = 9 \text{ (lớp)}$$

19- Chọn khoảng cách cách điện giữa dây quấn với trụ:  $a_{01} = 3\text{mm}$

Cách điện giữa các lớp:  $cd_1 = 0,1\text{mm}$

20- Bề dày cuộn dây:

$$B_d = (a_k + cd_1) \cdot n_1 = (3,8 + 0,1) \cdot 9 = 35,1(\text{mm})$$

21- Tổng bề dày cuộn dây:

$$B_{d\Sigma} = B_d + a_{01} = 35,1 + 3 = 38,1(\text{mm})$$

22- Chiều dài của vòng dây trong cùng:

$$l_1 = 2(a+b) + 2 \cdot \pi a_{01} = 2(20+25) + 2 \cdot \pi \cdot 3 = 108,8 \text{ (mm)}$$

23- Chiều dài của vòng dây ngoài cùng:

$$l_2 = 2(a+b) + 2 \cdot \pi \cdot (a_{01} + B_d) = 2 \cdot (20+25) + 2 \cdot \pi (3+35,1) = 329,4(\text{mm})$$

24- Chiều dài trung bình của một vòng dây

$$l_{tb} = (l_1 + l_2) / 2 = (108,8 + 329,4) / 2 = 219,1(\text{mm})$$

25- Điện trở của dây quấn ở  $75^\circ$

$$R = \rho_{75} \cdot l_{tb} / s_k = 0,02133 \cdot 219,1 \cdot 10^{-3} \cdot 63 / 29,9 = 0,0098(\Omega)$$

với  $\rho_{75} = 0,02133 (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$  Điện trở suất của đồng ở  $75^\circ \text{C}$

ta thấy điện trở rất bé nên giả thiết ban đầu bỏ qua điện trở là đúng

26- Thể tích sắt

$$V_{fe} = 2 \cdot a \cdot b \cdot h + 2 \cdot a / 2 \cdot b \cdot l = a \cdot b \cdot (2h + l) = 0,125(\text{dm}^3)$$

27- Thể tích sắt

$$M_{fe} = V_{fe} \cdot \rho_{fe} = 0,944 \text{ (kg)}$$

trong đó  $\rho_{fe}$  là khối lượng riêng của sắt  $\rho_{fe} = 7,85 \text{ (kg/dm}^3 \text{)}$

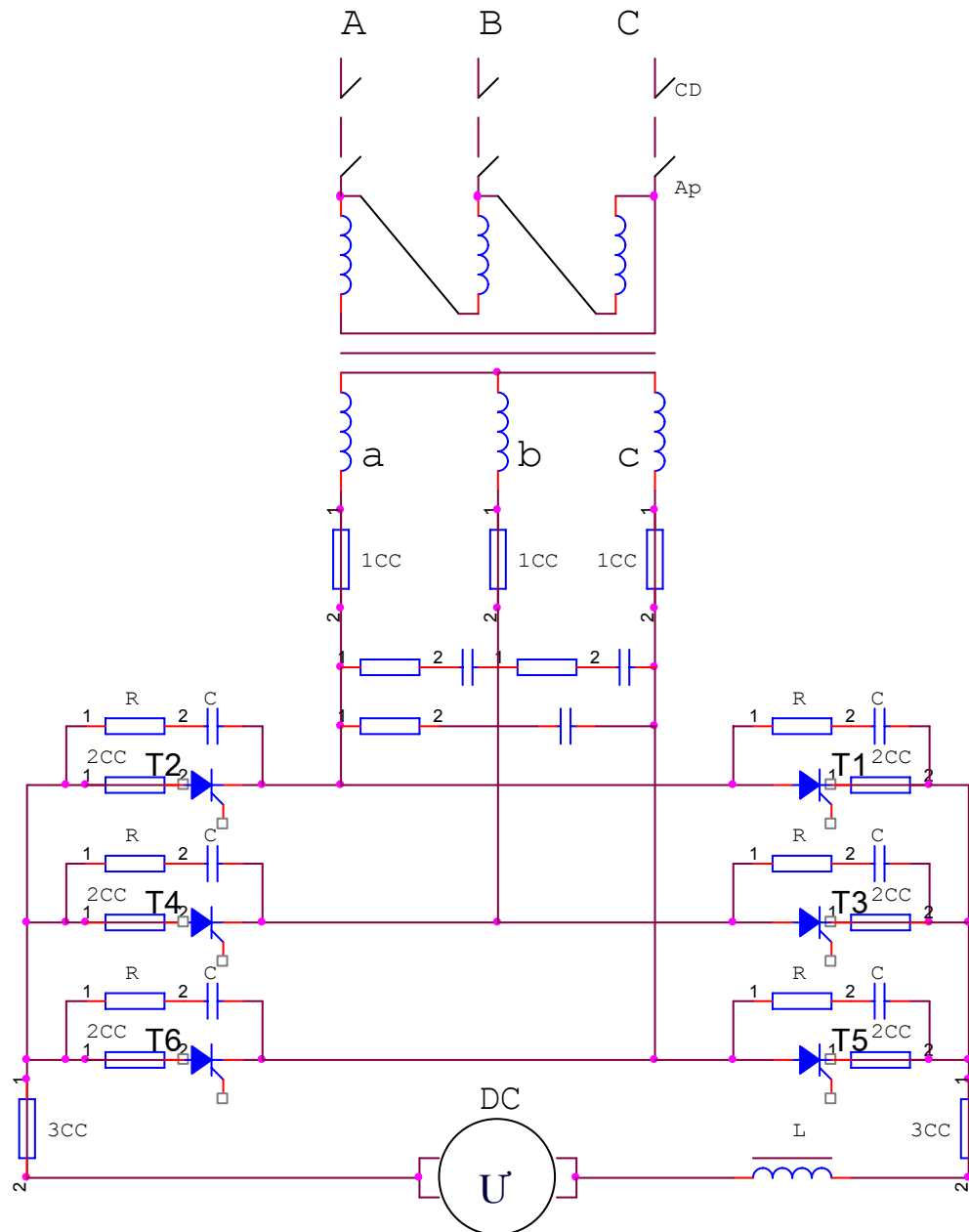
28- Khối lượng đồng:

$$M_{cu} = V_{cu} \cdot \rho_{cu} = s_k \cdot l_{tb} \cdot w \cdot \rho_{cu} = 3,7 \text{ (kg)}$$

Trong đó:  $\rho_{cu} = 8,9 \text{ (kg/dm}^3 \text{)}$ .

#### 8.10.5. Tính chọn các thiết bị bảo vệ mạch động lực

1. Sơ đồ mạch động lực có các thiết bị bảo vệ .



Hình 8.32 .Mạch động lực có các thiết bị bảo vệ .

## 2. Bảo vệ quá nhiệt độ cho các van bán dẫn:

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

+Tính toán cánh tản nhiệt

+ Tổn thất công suất trên 1 Tiristo:

$$\Delta p = \Delta U. I_{lv} = 73,4 \text{ (w)}$$

+ Diện tích bề mặt tỏa nhiệt:

$$S_m = \Delta p / k_m \cdot \tau$$

Trong đó:

$\Delta p$  - tổn hao công suất (w)

$\tau$  - độ chênh lệch so với môi trường.

chọn nhiệt độ môi trường  $T_{mt} = 40^0 \text{ c}$ . Nhiệt độ làm việc cho phép của Tiristo

$T_{cp} = 125^0 \text{ c}$ . Chọn nhiệt độ trên cánh tỏa nhiệt  $T_{lv} = 80^0 \text{ c}$

$$\tau = T_{lv} - T_{mt} = 40^0 \text{ c}$$

$K_m$  hệ số tỏa nhiệt bằng đối lưu và bức xạ. Chọn  $K_m = 8 \text{ [ w/m}^2 \cdot ^0 \text{ C ]}$

$$\text{vậy } s_m = 0,2294 \text{ (m}^2 \text{)}$$

chọn loại cánh tỏa nhiệt có 12 cánh, kích thước mỗi cánh  $a \times b = 10 \times 10 \text{ (cm x cm)}$ .

$$\text{Tổng diện tích tỏa nhiệt của cánh } S = 12 \cdot 10 \cdot 10 = 2400 \text{ (cm}^2 \text{)}$$

### 3. Bảo vệ quá dòng điện cho van:

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

+ Chọn 1 aptomat có:

$$I_{dm} = 1,1 I_{ld} = 69,8 \text{ ( A )} = 70 \text{ ( A )}$$

$$U_{dm} = 220 \text{ ( v )}$$

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

Chỉnh định dòng ngắt mạch

$$I_{nm} = 2,5 I_{ld} = 137 \text{ ( A )}$$

Dòng quá tải

$$I_{qt} = 1,5 I_{ld} = 82,5 \text{ ( A )}$$

Chọn cầu giao có dòng định mức

$$I_{qt} = 1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{dl} = 1,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 31,64 = 70 \text{ ( A )}$$

cầu dao dùng để tạo khe hở an toàn khi sửa chữa hệ thống truyền động

+ Dùng dây chảy tác động nhanh để bảo vệ ngắt mạch các Tiristo, ngắt mạch đầu ra của bộ chỉnh lưu

Nhóm 1cc:

dòng điện định mức dây chảy nhóm 1 cc

$$I_{1cc} = 1,1 \cdot I_2 = 1,1 \cdot 64,83 = 73,31 \text{ ( A )}$$



Nhóm 2 cc:

dòng điện định mức dây chảy nhóm 2cc

$$I_{2cc} = 1,1 \cdot I_{hd} = 1,1 \cdot 45,847 = 50,43 \text{ (A)}$$

Nhóm 3 cc:

dòng điện định mức dây chảy nhóm 3cc

$$I_{3cc} = 1,1 \cdot I_d = 1,1 \cdot 79,41 = 87,35 \text{ (A)}$$

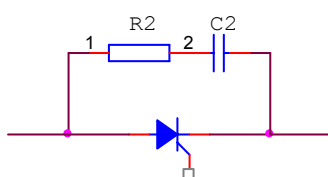
vậy chọn cầu nhảy nhóm: 1cc loại 80 A

2cc loại 50 A

3cc loại 100 A

#### 4. Bảo vệ quá điện áp cho van:

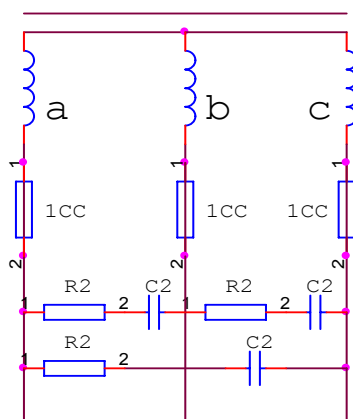
Bảo vệ quá điện áp do quá trình đóng cắt Tiristo được thực hiện bằng cách mắc R- C song song với Tiristo. Khi có sự chuyển mạch các điện tích tích tụ trong các lớp bán dẫn phóng ra ngoài tạo ra dòng điện ngược trong khoảng thời gian ngắn, sự biến thiên nhanh chóng của dòng điện ngược gây ra sức điện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



Hình 8.34 .Mạch R\_C bảo vệ quá điện áp do chuyển mạch .

Theo kinh nghiệm  $R_1 = (5 \div 30) \Omega$  ;  $C_1 = (0,25 \div 4) \mu F$

Chọn tài liệu [4] :  $R_1 = 5,1\Omega$  ;  $C_1 = 0,25 \mu F$

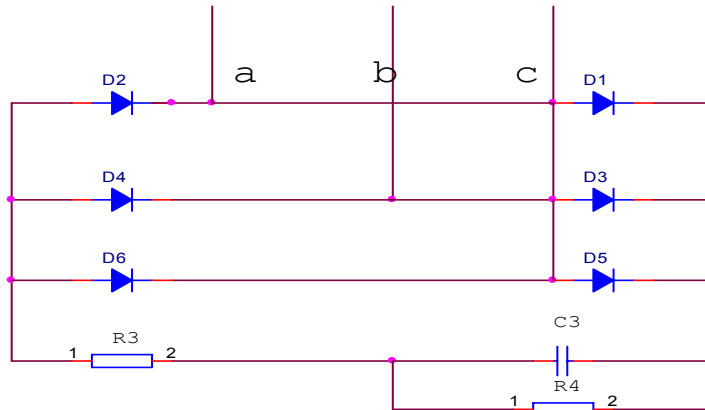


Hình 8.35 .Mạch RC bảo vệ quá điện áp từ lưới .

+Bảo vệ xung điện áp từ lưới điện ta mắc mạch R-C như hình 8.35 nhờ có mạch lọc này mà đỉnh xung gần như nằm lại hoàn toàn trên điện trở đường dây .

Trị số RC được chọn theo tài liệu [4] : $R_2= 12,5 \Omega$  ; $C_2 = 4 \mu F$

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



Hình 8.36 Mạch cầu ba pha dùng điôt tải RC bảo vệ do cắt MBA non tải

Thông thường giá trị tự chọn trong khoảng  $10 \div 200 \mu F$

Chọn theo tài liệu [4] : $R_3 = 470 \Omega$  ;  $C_3 = 10 \mu F$

Chọn giá trị điện trở  $R_4= 1,4 (K\Omega)$

#### 8.10.6 Tính toán các thông số của mạch điều khiển

Sơ đồ một kênh điều khiển chỉnh lưu cầu 3 pha được thiết kế theo sơ đồ hình

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

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

- + Điện áp điều khiển Tiristo:  $U_{dk}=3,0 (v)$
- +Dòng điện điều khiển Tiristo :  $I_{dk}=0,1 (A)$
- + Thời gian mở Tiristo:  $t_m=80 (\mu s)$
- + Độ rộng xung điều khiển  $t_x=167 (\mu s)$ - tương đương 3<sup>o</sup>điện
- + Tần số xung điều khiển:  $f_x=3 (k Hz)$ .
- + Độ mất đối xứng cho phép  $\Delta\alpha=4^0$
- + Điện áp nguồn nuôi mạch điều khiển  $U= \pm 12 (v)$
- + Mức sụt biên độ xung:  $s_x = 0,15$

#### 1. Tính biến áp xung:

+ Chọn vật liệu làm lõi là sắt Ferit HM. Lõi có dạng hình xuyến, làm việc trên một phần của đặc tính từ hoá có:  $\Delta B = 0,3$  (T),  $\Delta H = 30$  (A/m) [1], không có khe hở không khí.

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

+ Điện áp cuộn thứ cấp máy biến áp xung:  $U_2 = U_{dk} = 3,0$  (V)

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

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

+ Dòng điện thứ cấp biến áp xung:

$$I_2 = I_{dk} = 0,1 \text{ (A)}$$

+ Dòng điện sơ cấp biến áp xung:

$$I_1 = I_2 / m = 0,1 / 3 = 0,033 \text{ (A)}$$

+ Độ từ thẩm trung bình tương đối của lõi sắt:

$$\mu_{tb} = \Delta B / \mu_0 \cdot \Delta H = 8 \cdot 10^3$$

trong đó :

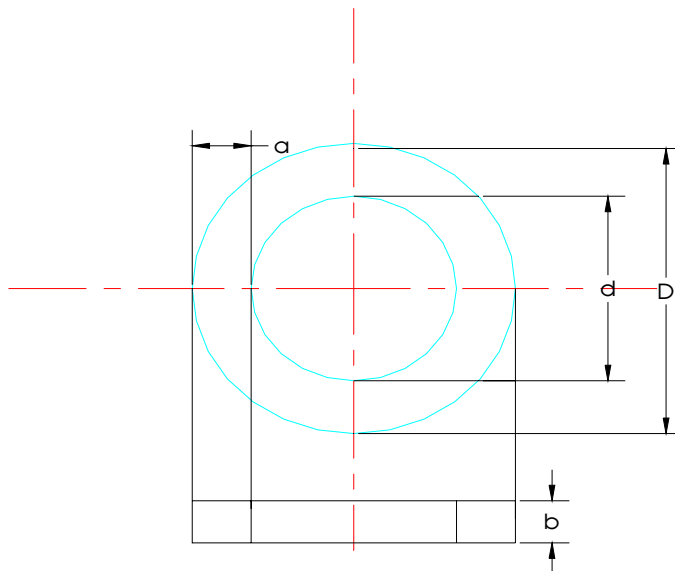
$$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ (H/m)} \text{ là độ từ thẩm của không khí}$$

Thể tích của lõi thép của lõi thép cần có:

$$V = Q \cdot L = (\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot s_x \cdot U_1 \cdot I_1) / \Delta B^2$$

$$\text{Thay số } V = 0,834 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{)} = 0,834 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Chọn mạch từ có thể tích  $V = 1,4 \text{ (cm}^3\text{)}$ . Với thể tích đó ta có kích thước mạch từ như sau: [1]



Hình 1.37 .Hình chiếu lõi biến áp xung .

$$a = 4,5 \text{ mm}$$

$$b = 6 \text{ mm}$$

$$Q = 0,27 \text{ cm}^2 = 27 \text{ mm}^2$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$D = 21 \text{ mm}$$

Chiều dài trung bình mạch từ ;  $l = 5,2 \text{ (cm)}$

Bảng thông số các loại lõi thép xuyên tròn

Bảng 8.5

Loại lõi thép	Kích thước (mm)				Số liệu cần tra cứu				
	d	a	b	D	Q (cm <sup>2</sup> )	l (cm)	Q <sub>cs</sub> (cm <sup>2</sup> )	P (g)	Q.Q <sub>cs</sub> (cm <sup>4</sup> )
OA-12/14-3	12	1	3	14	0,03	4,1	1,13	0,96	0,034
-14/17-3	14	1,5	3	17	0,045	4,86	1,54	1,71	1,069
-16/20-3	16	2	3	20	0,06	5,56	2	2,65	0,121
-18/23-4	18	2,5	4	23	0,1	6,45	2,55	5	0,25
-20/25-5	20	2,5	5	25	0,125	7,1	3,14	6,9	0,39
-20/25-6,5	20	2,5	6,5	25	0,162	7,1	3,14	9,1	0,51
-22/30-5	22	4	5	30	0,2	8,2	3,82	12,7	0,75
-22/30-6,5	22	4	6,5	30	0,26	8,2	3,82	16,5	0,99
-25/35-5	25	5	5	35	0,25	9,42	4,9	18,3	1,23
-25/40-5	25	7,5	5	40	0,375	10,2	4,9	27,6	1,84
-25/40-6,5	25	6	8	40	0,49	10,2	4,9	36	2,4
-28/40-8	28	6	8	40	0,48	10,7	6,1	40	2,95
-28/40-10	28	6	10	40	0,6	10,7	6,1	50	3,7
-32/45-8	32	6,5	8	45	0,52	12,1	8	58,5	5,7
-32/50-8	32	9	8	50	0,72	12,9	8	58,5	5,7
-36/56-10	36	10	10	56	1	14,4	10,2	112	10,2
-40/56-16	40	8	16	56	1,28	15	12,5	150	16

+ Số vòng quấn dây sơ cấp biến áp xung:

Theo định luật cảm ứng điện từ :

$$U_1 = w_1 \cdot Q \cdot dB/dt = w_1 \cdot Q \cdot \Delta B/t_x$$

$$w_1 = U_1 t_x / \Delta B \cdot Q = 186 \text{ (vòng)}$$

+ Số vòng dây thứ cấp

$$W_2 = w_1 / m = 186/3 = 62 \text{ (vòng)}$$

+ Tiết diện dây quấn thứ cấp:

$$S_1 = I_1 / J_1 = 33,3 \cdot 10^{-3} / 6 = 0,0056 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Chọn mật độ dòng điện  $j_1 = 6 \text{ (A/mm}^2\text{)}.$

+ Đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4S_1}{\pi}} = 0,084 \text{ (mm)}$$

Chọn  $d = 0,1 \text{ (mm)}.$

+ Tiết diện dây quấn thứ cấp:

$$S_2 = I_2 / J_2 = 0,1/4 = 0,025 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

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

+ Đường kính dây quấn thứ cấp:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4S_2}{\pi}} = 0,178 \text{ (mm)}$$

Chọn dây có đường kính  $d_2 = 0,18 \text{ (mm)}$ .

+ Kiểm tra hệ số lấp đầy:

$$K_{ld} = \frac{S_1.W_1 + S_2.W_2}{(\pi + \frac{d^2}{4})} = \frac{d_1^2.W_1 + d_2^2.W_2}{d} = 0,03$$

Như vậy, cửa sổ đủ diện tích cần thiết

## 2. Tính tầng khuếch đại cuối cùng:

Chọn Tranzitor công suất loại  $T_{r3}$  loại 2SC9111 làm việc ở chế độ xung có các thông số:

Tranzitor loại npn, vật liệu bán dẫn là Si .

Điện áp giữa Colecto và Bazơ khi hở mạch Emito:  $U_{CBO} = 40 \text{ (v)}$

Điện áp giữa Emito và Bazơ khi hở mạch Colecto:  $U_{EBO} = 4 \text{ (v)}$

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

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

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

Hệ số khuếch đại :  $\beta = 50$

Dòng làm việc của colecto :  $I_{c3} = I_1 = 33,3 \text{ (mA)}$ .

Dòng làm việc của Bazơ :  $I_{B3} = I_{c3} / \beta = 33,3 / 50 = 0,66 \text{ (A)}$

Ta thấy rằng với loại Tiristo đã chọn có công suất điều khiển khá bé  $U_{dk} = 3,0 \text{ (v)}$ ,  $I_{dk} = 0,1 \text{ (A)}$ , Nên dòng colecto – Bazơ của Tranzito  $I_{r3}$  khá bé, trong trường hợp này ta có thể không cần Tranzito  $I_2$  mà vẫn có đủ công suất điều khiển Tranzito.

Chọn nguồn cấp cho biến áp xung:  $E = + 12 \text{ ( V)}$  ta phải mắc thêm điện trở  $R_{10}$  nối tiếp với cực emitor của  $I_{r3}$ ,  $R_{11}$ .

$$R_{10} = (E - U_1) / I_1 = 90 \text{ (}\Omega\text{)}$$

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

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

+ Điện áp ngược lớn nhất :  $U_N = 25 \text{ (v)}$ ,

+ Điện áp để cho điôt mở thông :  $U_m = 1 \text{ (v)}$

## 3- Chọn cổng AND:

Toàn bộ mạch điện phải dùng 6 cổng AND nên ta chọn hai IC 4081 họ

CMOS. Mỗi IC 4081 có 4 cổng ADN, các thông số:

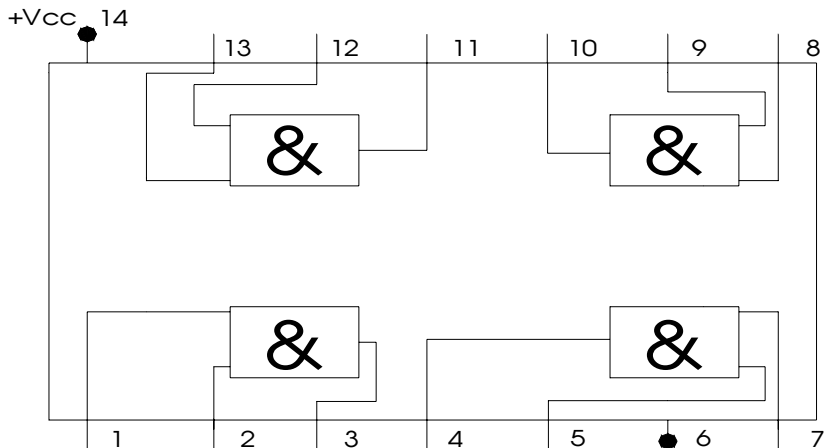
Nguồn nuôi IC :  $V_{cc} = 3 \div 9$  (V), ta chọn:  $V_{cc} = 12$  (V).

Nhiệt độ làm việc :  $-40^{\circ} \text{C} \div 80^{\circ} \text{C}$

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

Dòng điện nhỏ hơn 1mA

Công suất tiêu thụ  $P=2,5$  (nW/1 cổng).



Hình 1.38 .Sơ đồ chân IC 4081

#### 4- Chọn tụ $C_3$ và $R_9$ :

Điện trở  $R_9$  dùng để hạn chế dòng điện đưa vào Bazơ của Tranzitor  $I_{r3}$ , chọn  $R_{11}$  thỏa mãn điều kiện :

$$R_9 \geq U/I_{r3} = 6,757 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$\text{Chọn } R_9 = 6,8 \text{ (k}\Omega\text{)}$$

$$\text{Chọn } C_3. R_9 = t_x = 167 \text{ (}\mu\text{s)}. \text{ Suy ra } C_3 = t_x/R_9$$

$$C = 167/6,8 \cdot 10^{-3} = 0,024 \text{ (}\mu\text{F)}. \text{ chọn } C_3 = 0,022 \text{ (}\mu\text{F)}.$$

#### 5-Tính chọn bộ tạo xung chùm :

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

Thông số của TL084 :

Điện áp nguồn nuôi :  $V_{cc} = \pm 18$  (V) chọn  $V_{cc} = \pm 12$  (V)

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

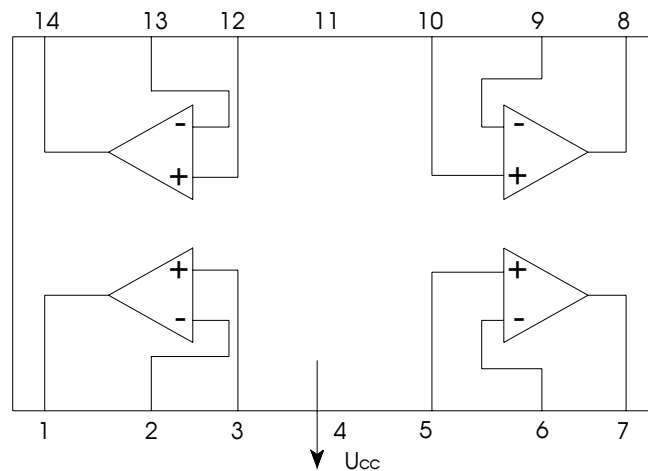
Nhiệt độ làm việc :  $T = -25 \div 85^{\circ} \text{C}$

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

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

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

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



Hình 1.39 .Sơ đồ chân IC TL084

Mạch tạo chùm xung có tần số  $f = 1/2f_x = 3 \text{ (kHz)}$  hay chu kỳ của xung chùm

$$T = 1/f = 334 \text{ (}\mu\text{s)}$$

$$\text{ta có : } T = 2 \cdot R_8 \cdot C_2 \cdot \ln(1 + 2 \cdot R_6/R_7)$$

$$\text{Chọn } R_6 = R_7 = 33(\mu\text{s}) \cdot \text{thì } T = 2,2 R_8 \cdot C_2 = 334 \text{ (}\mu\text{s)}$$

$$\text{vậy : } R_8 \cdot C_2 = 151,8 \text{ (}\mu\text{s)}$$

$$\text{Chọn tụ } C_2 = 0,1\mu\text{s} \text{ có điện áp } U = 16 \text{ (V)} ; R_8 = 1,518 \text{ (}\Omega\text{)}.$$

Để thuận tiện cho việc điều chỉnh khi lắp mạch thì ta chọn  $R_8$  là biến trở 2

K $\Omega$

#### 6- **Tính chọn tăng so sánh:**

Khuếch đại thuật toán đã chọn loại TL 084

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

Trong đó nếu nguồn nuôi  $V_{cc} = \pm 12 \text{ (V)}$  Thì điện áp vào  $A_3$  là  $U_v \approx 12 \text{ (v)}$ .

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

Do đó ta chọn  $R_4 = R_5 = 15 \text{ (K}\Omega\text{)}$  khi đó dòng vào  $A_3$  :

$$I_{vmax} = 12/ (15 \cdot 10^3) = 0,8 \text{ (mA)}$$

#### 7- **Tính chọn khâu đồng pha:**

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

$$\text{Chọn tụ } C_1 = 0,1 \text{ (}\mu\text{F)} \text{ thì điện trở } R_3 = T_r/ C_1 = 0,005 / 0,1 \cdot 10^{-6}.$$

$$\text{Vậy : } R_3 = 50 \cdot 10^3 \text{ (}\Omega\text{)} = 50 \text{ (k}\Omega\text{)}.$$

Để thuận tiện cho việc điều chỉnh khi lắp ráp mạch  $R_3$ . Thường chọn là biến trở lớn hơn  $50\text{ k}\Omega$  chọn Tranzito  $T_{n1}$  loại A564 có các thông số:

Tranzito loại pnp làm bằng Si

Điện áp giữa Colecto và Bazơ khi hở mạch Emito:  $U_{CBO}=25(\text{v})$

Điện áp giữa Emito và Bazơ khi hở mạch Colecto:  $U_{EBO}=7(\text{v})$

Dòng điện lớn nhất ở Colecto có thể chịu đựng :  $I_{c\max} = 100\text{ (mA)}$ .

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

Hệ số khuếch đại :  $\beta = 250$

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

Điện trở  $R_2$  để hạn chế dòng điện đi vào bazơ tranzito  $T_{n1}$  được chọn như sau:

Chọn  $R_2$  thỏa mãn điều kiện :

$$R_2 \geq U_{N\text{Max}}/I_B \approx 12/0,4 \cdot 10^{-3} = 30\text{ (k}\Omega\text{)}$$

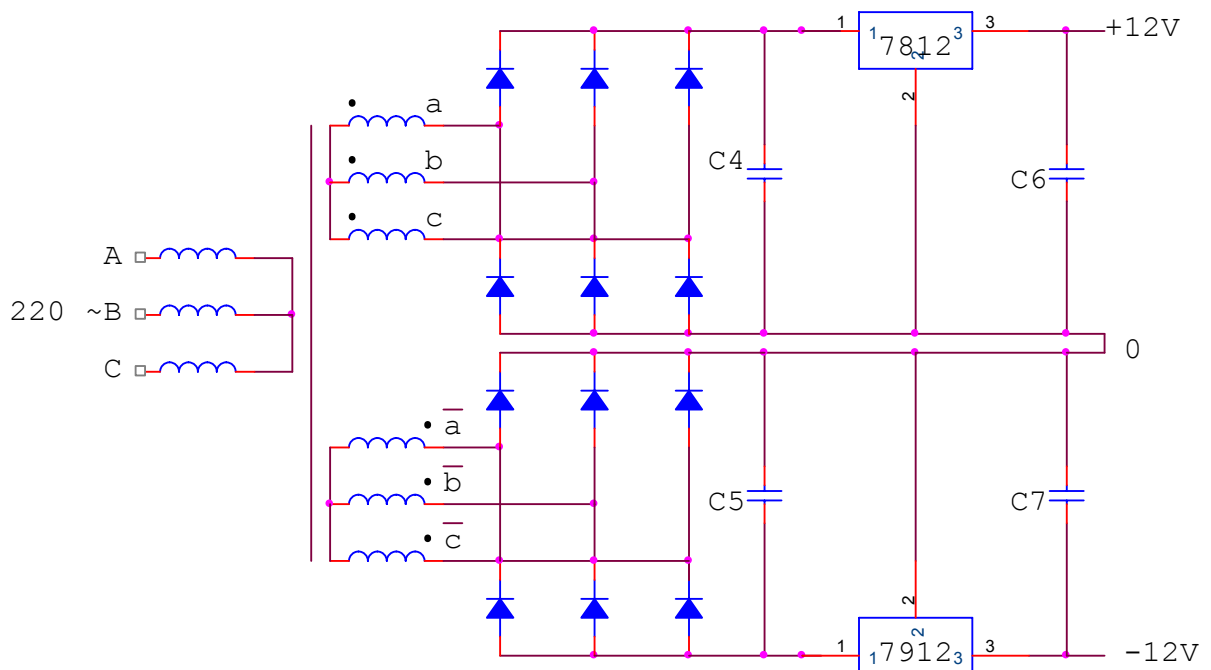
Chọn  $R_2 = 30\text{ (k}\Omega\text{)}$

Chọn điện áp xoay chiều đồng pha :  $U_A=9(\text{v})$ .

Điện trở  $R_1$  để hạn chế dòng điện đi vào khuếch đại thuật toán  $A_1$ , thường chọn  $R_1$  sao cho dòng vào khuếch đại thuật toán  $I_v < 1\text{mA}$ . Do đó

$$R_1 > U_A/I_v = 9/1 \cdot 10^{-3} = 9\text{ (K}\Omega\text{)}$$

Chọn  $R_1 = 10\text{ (k}\Omega\text{)}$ .



Hình 8.40 .Sơ đồ nguyên lí tạo nguồn nuôi  $\pm 12\text{V}$



### 8- *Tạo nguồn nuôi:*

Ta cần tạo ra nguồn điện áp  $\pm 12$  (V) để cấp cho biến áp xung, nuôi IC, các bộ điều chỉnh dòng điện, tốc độ và điện áp đặt tốc độ.

Ta dùng mạch chỉnh lưu cầu 3 pha dùng điôt, điện áp thứ cấp máy biến áp nguồn nuôi:  $U_2 = 12/2,34 = 5,1$  (v) ta chọn  $U_2 = 9$  (v)

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

Điện áp đầu vào :  $U_V = 7 \div 35$  (V).

Điện áp đầu ra :  $U_{ra} = 12$  (V) với IC 7812.

$U_{ra} = -12$  (V) với IC 7912

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

Tụ điện  $C_4, C_5$  dùng để lọc thành phần sóng dài bậc cao.

Chọn  $C_4 = C_5 = C_6 = C_7 = 470$  ( $\mu$ F) ;  $U = 35$  V

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

1- Ta thiết kế máy biến áp dùng cho cả việc tạo điện áp đồng pha và tạo nguồn nuôi, chọn kiểu máy biến áp 3 pha 3 trụ, trên mỗi trụ có 3 cuộn dây, một cuộn sơ cấp và hai cuộn thứ cấp.

2- Điện áp lấy ra ở thứ cấp máy biến áp làm điện áp đồng pha lấy ra thứ cấp làm nguồn nuôi:  $U_2 = U_{2dph} = U_N = 9$  (V).

3- Dòng điện thứ cấp máy biến áp đồng pha:

$I_{2dph} = 1$  ( m A)

4- Công suất nguồn nuôi cấp cho biến áp xung:

$P_{dph} = 6 \cdot U_{2dph} \cdot I_{2dph} = 6 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,054$  (w) .

5- Công suất tiêu thụ ở 6 IC TL 084 sử dụng làm khuếch thuật toán ta chọn hai IC TL 084 để tạo 6 cổng AND.

$P_{81c} = 8 \cdot P_{IC} = 8 \cdot 0,68 = 5,12$  (w)

6- Công suất BAX cấp cho cực điều khiển Tiristo.

$P_x = 6 \cdot U_{dk} \cdot I_{dk} = 6 \cdot 3 \cdot 0,1 = 1,8$  (W)

7- Công suất sử dụng cho việc tạo nguồn nuôi.

$P_N = P_{dph} + P_{81c} + P_x$

$P_N = 0,056 + 5,12 + 1,8 = 6,976$  ( W) .

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

$S = 1,05 \cdot (P_{dph} + P_N) = 1,05 \cdot (0,054 + 6,976) = 7,38$  ( VA).

8- Dòng điện thứ cấp máy biến áp:

$I_2 = S / 6 \cdot U_2 = 7,38 / 6 \cdot 9 = 0,137$  (A)

9- Dòng điện sơ cấp máy biến áp :

$$I_1 = S / 3.U_2 = 7,38/3. 220 = 0,0112(A)$$

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

$$Q_t = k_Q \cdot \sqrt{\frac{S}{m.f}} = 1,33 (cm^2)$$

Trong đó:  $k_Q = 6$ - hệ số phụ thuộc phương thức làm mát.

$m = 3$ - số trụ của biến áp .

$f = 50$ - tần số điện áp lưới.

chuẩn hoá tiết diện trụ theo bảng [7]

$$Q_t = 1,63 (cm^2).$$

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

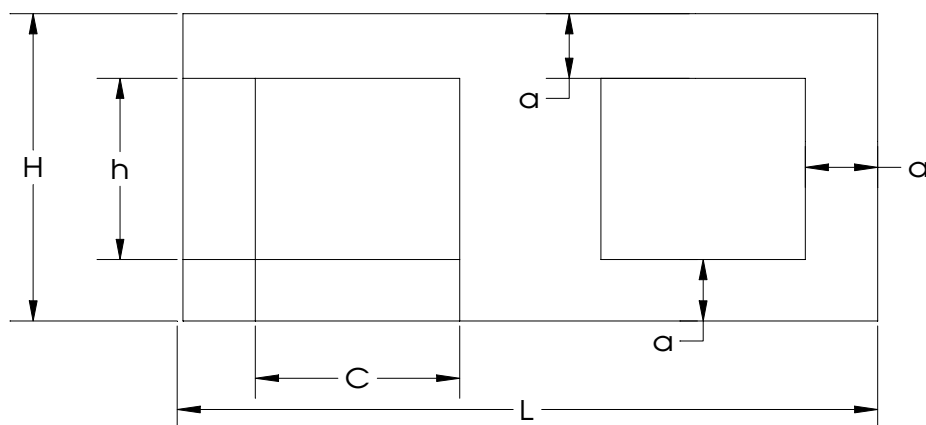
Số lượng lá thép : 68 lá

$$a = 12mm$$

$$b = 16mm$$

$$h = 30mm$$

hệ số ép chặt  $k_c = 0,85$  .



Hình 1.41 .Kích thước mạch từ biến áp

11- Chọn mật độ từ cảm  $B = 1T$  ở trong tụ ta có số vòng dây sơ cấp :

$$w_1 = \frac{U_1}{4,44.f.B.Q_t} = 6080 (vòng)$$

12- Chọn mật độ dòng điện  $J_1 = J_2 = 2,75 (A/mm^2)$

Tiết diện dây quấn sơ cấp:

$$S_1 = \frac{S}{3.U_1.J_1} = 0,0043 (mm^2)$$

đường kính dây quấn sơ cấp :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4.S_1}{\pi}} = 0,074 (mm)$$

Chọn  $d_1 = 0,1$  mm để đảm bảo độ bền cơ. Đường kính có kể cách điện:

$$d_{lcd} = 0,12 \text{ (mm)}.$$

13- Số vòng dây quấn thứ cấp :

$$W_2 = W_1 \cdot U_2 / U_1 = 249 \text{ (vòng)}$$

14- Tiết diện dây quấn thứ cấp :

$$S_2 = S / (6 \cdot U_2 \cdot J_2) = 0,053 \text{ (mm}^2\text{)}$$

15- Đường kính dây quấn thứ cấp :

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = 0,260 \text{ (mm)}$$

Chuẩn hoá đường kính :  $d_2 = 0,26$  (mm)

đường kính có kể đến cách điện :  $d_{2cd} = 0,31$  (mm)

16- Chọn hệ số lấp đầy :  $k_{ld} = 0,7$  .

$$\text{với } k_{ld} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (d_{lcd}^2 \cdot w_1 + d_{2cd}^2 \cdot w_1)}{k_{ld} \cdot h} = 8,3 \text{ (mm)}$$

chọn  $c = 12$  mm.

18- chiều dài mạch từ :

$$L = 2 \cdot c + 3 \cdot a = 2 \cdot 12 + 3 \cdot 12 = 60 \text{ (mm)}.$$

19- chiều cao mạch từ:

$$H = h + 2 \cdot a = 30 + 2 \cdot 12 = 54 \text{ (mm)}.$$

20- Tính chọn điôt cho bộ chỉnh lưu nguồn nuôi :

+ Dòng điện hiệu dụng qua điôt :

$$I_{D,HD} = \frac{I_2}{\sqrt{2}} = 0,099 \text{ (A)}$$

+ Điện áp ngược lớn nhất mà điôt phải chịu :  $U_{Nmax} = \sqrt{6} \cdot U_2 = 22 \text{ (v)}$

+ Chọn điôt có dòng định mức:

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

Chọn điôt có điện áp ngược lớn nhất :

$$U_n = k_u \cdot U_{Nmax} = 2 \cdot 22 = 44 \text{ (V)}$$

Chọn điôt loại KII208A có các thông số:

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

+ điện áp ngược cực đại của điôt:  $U_N = 100 \text{ (v)}$ .

Thông số Diod công suất

ý nghĩa các cột

Ký hiệu của Diod.

$I_{max}$ - Dòng điện chỉnh lưu cực đại.

$U_n$  - Điện áp ngược của Diod.

$I_{pik}$  - Đỉnh xung dòng điện.

$\Delta U$  - Tổn hao điện áp ở trạng thái mở của Diod

$I_{th}$  - Dòng điện thử cực đại.

$I_r$  - Dòng điện rò ở nhiệt độ 25°C.

$T_{cp}$  - Nhiệt độ cho phép.

Bảng 8.6

Ký hiệu	$I_{max}$ A	$U_n$ V	$I_{pik}$ A	$\Delta U$ V	$I_{th}$ A	$I_r$ A	$T_{cp}$ °C
1	2	3	4	5	6	7	8
KYZ70	20	50	300	1,1	20	100 $\mu$ A	150
MR2000	20	50	400	1,1	63	100 $\mu$ A	175
1N1192A	20	100	350	1,5	70		200
1N2448R	20	150		1,1	20		200
1N1159	20	200	200	1,2	20	1mA	100
KY740/200	20	200	300	1,1	20	10 $\mu$ A	155
KY718	20	270	140	1,1	20	100 $\mu$ A	
1N2282	20	300	400	1,5	50	5 mA	150
KY719	20	360	140	1,1	20	10 $\mu$ A	150
SKN20/04	20	400	375	1,55	60	300 $\mu$ A	180
1N2284	20	500	400	1,5	50	5 mA	150

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
1n2455r	20	600		1,1	20	5 mA	150
1N2456R	20	700		1,1	20	5mA	150
20ETS08FP	20	800	250	1,1	20	100 μA	150
SKN20/08	20	800	375	1,55	60	300 μA	180
CR20-100	20	1000	350	1,1	20	10 μA	200
1N2287	20	1000	400	1,5	50	5mA	150
SKR20/12	20	1200	375	1,55	60	4mA	180
SKN20/13	20	1300	375	1,55	60		150
SKN20/16	20	1600	375	1,55	60	4mA	180
D20PM18C	20	1800	320	1,55	60		180
1N2155	25	100	400	0,6	25	4,5mA	200
HD25/02-4	25	200	300	1,4	55	2mA	180
1N1195	25	300	125	1,4	30	10μA	190
1N2158	25	400	400	0,6	25		200
BYY53/500	25	500	425	1,1	25	1,5mA	200
VTA600/T	25	600	250	1,5	25		150
BYY54/700	25	700	425	1,1	25	100μA	200
DS17-08A	25	800	300	1,36	55	10μA	180
BYY54/900	25	900	425	1,15	25	1,5mA	200
ARS257	25	1000	400	1,0	25	5μA	175
SR2512	25	1200		1,8	380		
BYY54/1400	25	1400	425	1,15	25	1,5mA	200

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
H25-1600	25	1600	300	0,9	76		
DA25AF18C	25	1800	375	1,5	75		
25FXF12	25	3000	500	1,7	80		
7721	30	100	200	1,3	80	1mA	175
HER3004N	30	300	400	1,0	15	10μA	175
1N3663R	30	400	400	1,4	78		175
S6460P-G	30	500	400	1,2	30	100μA	170
SW08PCR030	30	800	350	1,64	130		175
SW12PCR020	30	1200	245	1,77	120		175
GD16N14	30	1400	282	1,09			175
RM15TC3H	30	2400	500	1,2	30		125
40HFR10	40	100	595	1,3	40		190
C40-020R	40	200	800	1,1	40	100μA	200
S30430	40	300	800	1,2	100		190
NTE5990	40	400	500	1,2	40		
40HF50	40	500	500	1,4	40		180
RP6040	40	600	700	1,5	120		150
CR40-080	40	800	800	1,1	40	100μA	200
BYX52-900	40	900	800	1,8	150		175
ECG6003	40	1000	500	1,2	40		175
SR30D24R	40	1200	800	1,4	120		130
40EPS16S	40	1600	400	1,1	40	100μA	150

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
H40-1850	40	1850	480	1,3	126		
D44U08U	44	800kV	850				
S5020PF	50	200	800	1,0	50	2mA	200
HT5006S	50	500	500	1,0		250μA	175
R5080PF	50	800	800	1,0	50	40μA	200
1N1691	50	1000	700	1,2			165
1N2135	60	400	700	1,4	60		175
1N2137R	60	500	700	1,4	60		175
60JC15	60	600	550	1,5	150	10mA	175
CR60-080	60	800	900	1,1	60	100μA	200
60NC15	60	1000	850	1,5	180	10mA	175
60EFS16	60	1600	950	1,07	60	100μA	150
IRKE61-20	60	2000	1500	1,35	186		
CR80-010	80	100	1500	1,2	80	100μA	200
SKKE81/04	80	400	2000	1,55	200		125
D100U06B	80	800	1900				
CR80-120	80	1200	1500	1,2	80	100μA	200
SKKE81/16	80	1600	2000	1,55	300		125
SKKE81/22	80	2200	2000	1,6	300		125
1N2427	100	100	950	1,1	50		175
MDR100A30	100	300	1600	1,2	310		150
1N3291RA	100	400	2000	1,25	100		130

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
100HF60	100	600	1500	1,7	500		180
H100-100	100	1000	1500	1,2	314		
SKN100/16	100	1600	1700	1,55	400	1mA	180
100EXD21	100	2500	200	1,5	320		150
G5B3	120	100	1800	1,2	200		150
G5G3	125	400	1800	1,2	200		150
R4280	125	800	200	1,2	200	200μA	150
S42110	125	1100	1800	1,2	200		150
SKN100/18	125	1800	1800	1,6	400	1mA	180
D126A45B	126	4500	2300				160
45LF10	150	100	3100	1,33	471		
1N1476	150	300		1,5	150	60mA	190
1N3089	150	500	3000	1,2	150		200
CR150-060	150	600	3000	1,1	150	1mA	200
150KSR80	150	800	3100	1,33	471		175
R43100TS	150	1000	2500	1,1	200	200μA	200
D150N32B	150	3200	3300	2,2	700		150
200HFR20M	200	200	3700	1,45	628		180
200HFR40MBV	200	400	4400	1,5	628		180
S200-06	200	600	4000	1,1	200	20mA	150
T23	200	800	3800	1,3	200		150
S200-10	200	1000	4000	1,1	200	20mA	150
SD200R16PSV	200	1600	4700	1,4	630		180



Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
R6012620XXYA	200	2600	5500	1,7	800		190
CR250-010	250	100	5000	1,1	250	2mA	200
1N3976	250	200	4000	0,6	250		150
A197D	250	400	5000	1,6	740		125
1N2063	250	500	4500	1,25	250		135
ST9-60	250	600	5000	1,2	250		125
H250-800	250	800	3900	1,2	785		150
IRKE250-18	250	1800	6180	1,29	785		150
D291S45T	290	4500					
HD310/04-6	300	400	3400	1,6	945	15mA	180
300U60A	300	600	5700	1,4	942		175
H300-800	300	800	4800	1,4	942		190
H300-1000	300	1000	4800	1,4	942		190
300FXD11	300	3000	7000	2,15	1500		
400R40	400	400	7800	1,62	400		200
A390M	400	600	7000	1,4	1200		200
R6200840	400	800	6000	1,5	800		190
FD400DL200	400	1000	10000	1,55	1200		150
SKN400/30	400	3000	9000	1,45	1200	3mA	160
DSF11060SG80	400	6000	4200	3,8			135
SH04C500	500	400	5500	0,85		50mA	180
HD500/07-6	500	700	6000	1,5	1600	25mA	180
500R90	500	900	8000	1,45	500		200

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
SH14C500	500	1400	5500	0,85		50mA	160
FD500DV80	500	4000	8000	2,0	1600	30mA	150
A437D	600	400	10000	1,8	1800	50mA	125
SD600N08PC	600	800	9400	1,36	1500	35mA	180
FD500E24	600	1200	10000	1,85	1900	30mA	150
FD500E32	600	1600	10000	1,85	1900	30mA	150
SD600N20PTC	600	2000	13000	1,3	1500	35mA	180
SH04C700	700	400	8000	0,85		50mA	170
SH10C700	700	1000	8000	0,85		50mA	170
SD700C30L	700	3000	7500	1,7	1000	50mA	150
SH04C800	800	400	9000	0,8		40mA	150
FD900-8	800	800	6000	1,1	500	40mA	190
HD75/16-4	800	1400	1000	1,4			180
800YD26	800	2000	1300	1,55	2500	30mA	150
800FXD25	800	3000	1300	1,55	2500	30mA	150
R720010IXOO	900	100	8500	1,6	1500	50mA	
A620CC	900	400	9500	1,6	1000		150
R7200809	900	800	1500	1,6	1500	50mA	200
R7201409	900	1400	1500	1,6	1500	50mA	
NLA430A	1000	100	10000	1,42	3100	50mA	200
SW04CXC300	1000	400	6000	0,95		15mA	200
DS804SE07	1000	700	9000	1,3	1200	50mA	175
A430P	1000	1000	10000	1,42	3000	50mA	200

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
SW16CXC380	1000	1600	6000	1,0		15mA	180
FD100FH50(A)	1000	2500	25000	1,9	2500	80mA	125
DS2012SF55	1000	5500	13500	2,1	3400	75mA	150
R7200112XXOO	1200	100	12500	1,2	1500	50mA	
A330E	1200	500	11000	1,7	4000	50mA	200
SD1100C08L	1200	800	13000	1,3	1500	15mA	180
R7201012	1200	1000	12500	1,2	1500	50mA	200
6RT109TS	1200	1800	18000	2,7	3000		150
SD800C30L	1200	3000	14000	1,7	2000	50mA	150
A570B	1500	200	18000	0,96		50mA	200
A570M	1500	600	18000	0,96		50mA	200
A440S	1500	700	21000	1,4	4000	75mA	200
A440PD	1500	1400	21000	1,4	4000	75mA	200
A780DB	1500	4200	20000	1,15			170
A621A	2000	100	25000	1,1	2000		175
A621PB	2000	1200	25000	1,1	2000		175
SKN200/16	2000	1600	25000	1,3	1800	50mA	175
RA205420XX	2000	5400	24000	1,45	3000	200mA	150
DS2004PD10	2500	1000	25000	1,3	3400		175
RA203825XX	2500	3800	28000	1,25	3000	200mA	150
JD4000-2	3000	200	50000	1,1	5000	200mA	150
JD4000-25	3000	2500	50000	1,1	5000	200mA	150
SKN4000/01	4000	100	60000	1,35	1400	100mA	180

Ký hiệu	I <sub>max</sub> A	U <sub>n</sub> V	I <sub>pik</sub> A	ΔU V	I <sub>th</sub> A	I <sub>r</sub> A	T <sub>cp</sub> °C
SKN4000/06	4000	600	60000	1,35	1400	100mA	180
SW02CXC22C	5440	200	52000	1,11	6800	60mA	190
SW14CXC22C	5440	1400	52000	1,1	6800	60mA	190
SKN6000/02	6000	100	60000	1,3	1400	100mA	180
AR609LTX6	6000	600	50000				
RBS80270XX	7000	200	60000	0,9		100mA	180
SKWD7000/06	7000	600	120000	1,75	45000		180
SD8500C02R	9570	200	84100	0,97	10000	200mA	200
SD8500C06R	9570	600	84100	0,97	10000	200mA	200
SW30CX635	16000	3000		1,87			160
FD500GV90	500000	4500		3,0			125

Thông số một số Tiristor

ý nghĩa các cột

Ký hiệu

V<sub>n</sub> - Điện áp ngược cực đại

I<sub>dm</sub> - Dòng điện làm việc cực đại.

I<sub>pik</sub> - Dòng điện đỉnh cực đại.

I<sub>g</sub> - Dòng điện xung điều khiển.

U<sub>g</sub> - Điện áp xung điều khiển.

*Bảng 8.7*

I<sub>h</sub> - Dòng điện tự giữ.

I<sub>r</sub> - Dòng điện rò.

ΔU - Sụt áp trên Tiristor ở trạng thái dẫn.

dU/dt - Đạo hàm điện áp.

t<sub>cm</sub> - Thời gian chuyển mạch (mở và khoá).

T<sub>max</sub> - Nhiệt độ làm việc cực đại.

Ký hiệu	U <sub>n</sub> Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ED102YG	30	1.0m	10	200μ	0,8	5,0m	50μ	1,7	20	10μ	125
EQ102AG	100	1,0m	10	200μ	0,8	5,0m	50μ	1,7	20	10μ	125
SFQR1B42	100	100m	4,4	200μ	0,8	3m	100μ	2,5	50		100
DRA01C	200	100n	4,0	20m	0,8	3m		2,5			90
SFQR1G42	400	100m	4,4	200μ	0,8	3m	100μ	2,5	50		100
2N5719	80	200m	5	20μ	0,6	2m	100μ	1,4	100	30μ	150
2N5721	200	200m	5	200μ	0,6	2m	100μ	1,4	100	30μ	150
2N886	60	350m	20	020μ	0,6	1n	20μ	1,5			100
2N2681A	100	350m	2	20μ	0,7	500μ	100μ	1,2	200	10μ	155
2N2688A	200	350m	2	20μ	0,7	500μ	100μ	1,2	200	10μ	155
GA100	30	400m	8	3,5m	0,7	10m	10μ	1,5	40	1,5μ	150
GB200A	60	400m	200	200μ	0,75	5m	10m	1,5	40	300n	150
GA201	100	400m	200	200μ	0,75	5m	10m	1,5	40	300n	150

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
CR04AM8	400	400m	10	100μ	0,8	3m	500μ	1,2			125
E0100YD	30	500m	10	200μ	0,8	5m	50μ	1,7	20	10μ	125
AA114	60	500m	5	200μ	600m	2m	100N	1,5	50	20μ	150
PQ109AN	100	500m	8	1μ	0,8	5m	1μ	1,95	25	200μ	125
ECG5404	200	500m	6	200μ	0,8	5m		1,7	30		125
C103Q	15	0,8	8	200μ	0,8	5m	50μ	1,5	20		125
EC103Y1	30	0,8	20	50μ	0,8	5m	100μ	1,7	25	60μ	110
BRY55-100	100	0,8	8	500μ	0,8	5m	100μ	1,7	20	30μ	125
N203C	300	0,8	8	200μ	0,8	5m	50μ	2,5	40	25μ	125
EC103D	400	0,8	20	200μ	0,8	5m	50μ	1,7	40	60μ	100
C206Y	30	1,2	10	200μ	0,8	5m	200μ	1,6	20	15μ	100
C205A	100	1,2	10	200μ	0,8	5m	200μ	1,6	20	15	100
S1D	400	1,2	20	200μ	0,8	5m	100μ	1,6	50		110
TCR22-2	50	1,5	20	200μ	0,8	5m	200μ	1,7	75	50μ	125
MCR22-4	200	1,5	15	200μ	0,8	5m	200μ	1,7	25	40μ	125
TCR22-6	400	1,5	160	200μ	0,8	5m	200μ	1,7	25	40v	125
TCR22-8	600	1,5	160	200μ	0,8	5m	200μ	1,7	30	50μ	110
SH2B4	100	2	22	1,5m	0,8	12m	200μ	2,2	30	15μ	110
M23C	200	2	20	1m	0,8	2m	100μ	2,2	40	15μ	125
2P4M	400	2	20	200μ	0,8	3m	100μ	2,2	10	30μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
TL6006	600	2	73	15m	3	20m	2m	2,2	100	80μ	110
NMB140	60	4	20	200μ	0,8	3m	100μ	2,2	8	40μ	110
C106A	100	4	20	200μ	0,8	3m	100μ	2,2	8	40μ	110
T107B1	200	4	15	500μ	0,8	6m	10μ	2,5	8	40μ	110
TC106C2	300	4	20	200μ	0,8	3m	100μ	2,2	100	100μ	125
TLS106-6	600	4	35	200μ	1	5m	300μ	1,9	10	40μ	110
TXN804	800	4	60	15m	1,5	30m	2m	1,6	50	50μ	110
NS005	50	5	50	25m	1,5	40m	500μ	1,8	200		110
BT258X200R	200	5	75	200v	1,5	6m	500v	1,5	50	100μ	125
2N4201	500	5	100	100m	2	3m	2m	2,6	250	20μ	100
TIC108S	700	5	20	1m	0,7	10m	400μ	1,7	80	13μ	150
TXN1006(A)	1000	5	84	15m	1,5	30m	2m	1,6	200	70μ	110
2N4441	50	8	80	60m	2,5	70m	2m	2,0	50	15v	100
TXS807-1(A)	100	8	80	5m	2	6m	2m	1,6	5	50μ	100
C122D	400	8	90	25m	1,5	30m	500μ	1,8	50	50μ	100
S6008FS21	600	8	100	200μ	0,8	6m	100μ	1,6	5	50μ	110
2N1843	50	10	125	100m	3	7m	1m	2,5	30		100
C127A	100	10	160	60m	1,5	40m	2m	1,7	200	35μ	125
10RIA20	200	10	200	60m	2	100m	10m	1,6	300	110μ	125
BTW42-600RC	600	10	150	50m	1,5	75m	3m	2	1000	35μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
SKT10/100	1000	10	250	100m	3	150m	4m	1,6	500	80μ	125
S1015L	100	15	150	20m	1,5	35m	1m	1,6	100	35μ	110
T12N400COE	400	15	220	40m	2	100m	5m	2,8	200	50μ	125
S8015L	800	15	150	30m	2	40m	4m	1,7	100	35μ	110
T15.1N1200UOB	1200	15	250	50m	2	10m	5m	1,95	60	60μ	125
2N682A	50	18	250	40m	3	50m	1m	2,1	200		125
T15.1N400UOB	400	18	270	40m	2	100m	5m	1,95	50	60μ	125
T15.1N900UOB	900	18	270	40m	2	100m	5m	1,95	50	60μ	125
S0320L	30	20	225	25m	2	40m	1m	1,6	150	35μ	110
MCR3918-3	100	20	240	40m	1,5	50m	5m	1,5	50	20μ	100
CR20F12	600	20	300	50m	3		4m	1,8	50		125
C139N20M	800	20	200	180m	3	150m	4m	4	200	10μ	125
BTW92-1000R	1000	20	400	10m	3,5	200m	5m	2,3	300		125
SC20C120	1200	20	360	50m	3	30m	5m	1,8	200		125
T40000161800	50	25	250	40m	3	100m	6,5m	2,3	50	75μ	125
C231A3	100	25	250	9m	1,5	50m	1m	1,9	50	25μ	125
TYN685(A)	200	25	200	25m	1,5	40m	3m	1,4	50	50μ	125
HT25/04OG2	400	25	400	50m	2,5	100m	10m	1,8	200	130μ	125
S7412M	600	25	180	180m	3	150m	4m	2	200	10μ	125
T25N900COC	900	25	640	120m	1,4	200m	15m	1,9	400	100μ	125



Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
BTW69-1000N	1000	25	525	80m	3	150m	6m	2	500	100μ	125
25RIA120M	1200	25	370	60m	2	100m		1,8	300	110μ	125
HT25/14OJ1	1400	25	400	50m	2,5	100m	3m	1,8	1000	60μ	125
H30TL02LOO	200	30	680	150m	2,5				1000		125
HT30/06OJ1	600	30	700	100m	1,2	150m	8m	1,65	1000	150μ	125
N029RH10	1000	30	500	100m	3	160m	5m	1,93	200		125
C228B	200	35	300	40m	2,5	75m	3m	1,9	50	20μ	125
16RCF30A	300	35	250	40m	2	20m	1m	2,3	25	12μ	125
TS435	400	35	250	80m	3	20m	6m	2,2	50	100μ	125
T35N500BOF	500	35	1100	120m	1,4	200m	20m	2	1000	120μ	125
C35P	1000	35	225	40m	2,5	10m	4m	2	25	30μ	125
T35N1800BOF	1800	35	1100	120m	1,4	200m	20m	2	1000	120μ	125
40RIF40W15	400	40	733	150m	2,5	200m	15m	2,4	500	15μ	125
S4012MH	600	40	415	50m	2,5	75m	3m	1,9	500	50μ	125
HT40/08OJ4	800	40	900	110m	3	200m	6m	1,65	1000	150μ	125
SKT40/14C	1400	40	700	100m	3	200m		1,0	200	100μ	125
ACR44U08LE	800	44	550	200m	3	25m	10m	2,7	600	6μ	125
ACR44U16LE	800	44	550	200m	3	25m	10m	2,7	600	6μ	125
HT48/02G4	200	45	460	60m	3	100m	10m	2,22	200	110μ	125
T46N200COC	200	46	1000	150m	2,5	200m	10m	1,9	400	60μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
T46N600COC	600	46	1000	150m	2,5	200m	10m	1,9	400	60μ	125
50RIA5MS90	50	50	1250	100m	2,5	200m	15m	1,6	200	110μ	125
S1050J	100	50	650	40m	1,5	50m	1m	1,8	425	35μ	125
BTW48-200M	200	50	500	60m	3,0	30m	5m	1,8	200	50μ	125
S4050J	400	50	650	40m	1,5	50m	1m	1,8	425	35μ	125
50RIF60W20	600	50	1000	150m	2,5	200m	15m	2,0	500	15μ	125
XT2116-801	800	50	800	100m	3,0	35m	10m	2,0	300	120μ	125
SC50C100	1000	50	900	70m	3,0	30m	5m	1,9	200		125
TF600M4EJ	400	60	1100	150m	5		50m	3,65	500	100μ	125
T60N600BOC	600	60	1400	150m	1,4	200m	25m	1,8	400	180μ	125
CS35-08104	800	60	1200	110m	3,0	200m	6m	1,6	1000	150μ	125
T60N1000VOF	1000	60	1400	150m	1,4	200m	25m	1,8	1000	180μ	125
36RC2A	20	80	850	700m	2,5	20m	6,5m	2,2			125
050AAGOF	50	80	1200	100m	3,0	200m	5,0m	2,5	200	100μ	125
81RM10	100	80	1600	150m	2,5	500m	17m	2,5	200	20μ	125
50RCS20	200	80	1200	110m	3,0	200m	6,5m	1,8	25		125
C48C300	300	80	800	75m	3,0	100m	4m	3,1	100	80μ	125
C45D	400	80	800	75m	3,0	100m	4m	3,1	100	80μ	125
36RA50	500	80	1200	200m	2,5	500m	15m	2,5	200	60μ	125
HTS80/06UG1	600	80	1300	150m	3,0	100m	15m	2,13	200	20μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
36REH80	800	80	1000	200m	2,5	500m	15m	2,4	30	90μ	125
36RC100A	1000	80	1000	70m	2,5	20m	2m	2,3	500	30μ	125
T80F10BEM	1000	80	2500	150m	2,0	250m	30m	2,4	1000	20μ	125
91RC5	50	90	1800	100m	2,0	500m	5m	1,5	200	190μ	125
91RC60	600	90	1800	100m	2,0	500m	5m	1,5	200	190μ	125
GA300	60	100	100	200μ	750m	5m	10m	1,5	15	800n	150
C152AX8	100	100	2000	150m	2,5			2,2	200		125
P027RH02EHO	200	100	350	100m	3,0	400m	10m	2,57	100	30μ	125
SH100F21A	300	100	2000	150m	2,5	200m	30m	1,9	200	15μ	125
P027RH04EMO	400	100	350	100m	3,0	400m	10m	2,57	100	12μ	125
FT100DY10	500	100	2000	100m	2,0		15m	2,0	100	15μ	125
P027RH06CGO	600	100	350	100m	3,0	400m	10m	2,57	100	12μ	125
N044RH08JOO	800	100	750	100m	3,0	160m	10m	2,22	400		125
P027RH10CGO	1000	100	350	100m	3,0	400m	10m	2,57	20	35μ	125
T507018044AB	100	125	1400	150m	3,0	150m	15m	3,2	200	40μ	125
08002GOD	200	125	1800	100m	3,0	200m	10m	1,4	200	100μ	125
C149D	400	125	1000	150m	3,0		12m	3,0	500	10μ	125
T125QU4DU	400	125	2500	150m	3,0	250m	30m	1,5	200		130
2N3422	600	125	3000	300m	3,0	100m	7,5m	1,8		25μ	125
T507088054AB	800	125	1400	150m	3,0	150m	15m	3,2	200	30μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
T507108074AB	1000	125	1400	150m	3,0	150m	15m	3,2	200	15μ	125
2N2503	50	150	3500	150m	3,0	50m	10m	1,4			125
151RC10	100	150	4000	150m	2,5	50m	22m	1,7	200	60μ	125
H150TB02LOO	200	150	3000	150m	1,4				1000		125
C180C	300	150	3500	150m	2,5	500m	10m	2,8	200		125
151RC40	400	150	4000	150m	2,5	50m	8m	1,7	200	80μ	125
HTS150/06VG1	600	150	2450	250m	1,5	250m	25m	2,0	200	25μ	125
SC150C80	800	150	2800	100m	3,0	100m	15m	1,6	200		125
151RB100	1000	150	3300	200m	2,5	500m	15m	2,2	200	40μ	125
T6300120	100	200	4000	150m	3,0		25m	2,1	300	100μ	125
SH200D21A	200	200	4000	150m	3,0	200m	30m	1,8	200	15μ	125
ST180S04P1V	400	200	5000	150m	3,0	600m	30m	1,8	500	100μ	125
NLC176M	600	200	2500	300m	2,5	500m	12m	3,5	200	150μ	125
NLC178S	700	200	2500	300m	2,5	500m	12m	3,5	200	150μ	125
ST180S08P2V	800	200	5000	150m	3,0	600m	30m	1,8	500	100μ	125
SH200N21D	1000	200	4000	150m	3,0	200m	20m	1,7	200	80μ	125
2N353	50	250	5000	400m	4,0	200m	15m	2,0			125
250PA10	100	250	4200	150m	2,5	500m	20m	2,3	250	60μ	125
C355B	200	250	1800	150m	3,0	200m	17m	3,0	100	20μ	125
TF225-04Q	400	250	1600	150m	3,0	60m	15m	2,3	200	7μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
250PAC50	500	250	4000	150m	2,5	500m	6m	2,1	20		125
DK2506FB	600	250	5000	200m	3,0	100m	25m	2,0	200	7μ	125
SKT250/08C	800	250	7000	200m	3,0	250m	50m	1,65	200	50μ	125
2N3362	900	250	5000	400m	4,0	200m	15m	2,0			125
300PAC10	100	300	5000	150m	2,5	500m	10m	1,8	200		125
C184C	300	300	3500	300m	3,0	500m	20m	2,8	200	10μ	125
ST303S04MFK3	400	300	8000	200m	3,0	600m	50m	2,2	500	20μ	125
304RA60	600	300	8500	150m	3,0	500m	30m	1,6	200	75μ	125
SKT130/80D	800	300	3500	200m	3,0	250m	50m	2,3	500	120μ	130
303RB100	1000	300	8000	150m	3,0	500m	30m	1,6	200	75μ	125
ST180C04C1L	400	350	5000	150m	3,0	600m	30m	2,0	1000	100μ	125
N350MH06	600	350	11500	300m	3,0	1	60m	1,51	200		125
HT360/09QH1	900	350	9900	250m	1,5	250m	40m	1,72	500	200μ	125
SKT351F10DT	1000	350	6500	250m	4,0	400m	80m	2,4	500	20μ	125
T727012524DN	100	400	6000	150m	3,0		15m	1,9	200	60μ	125
SH400F21A	300	400	7000	260m	3,5	200m	30m	1,8	200	15μ	125
SF400G26	400	400	7000	260m	3,5	300m	30m	1,8	200		125
TF440-06X	600	400	4000	200m	3,0	70m	25m	2,0	200	15μ	125
HT400/08OJ6	800	400	7500	200m	2,5	200m	40m	1,55	1000	150μ	125
TA449-10W	1000	400	4000	400m	5,0	80m	40m	2,2	1000	10μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
T7SH014554DN	100	450	8500	150m	3,0		35m	3,1	200	30μ	125
DCR654PR44DS	400	450	7800	150m	3,0		35m	2,0	300	50μ	125
C397E	500	450	7500	300m	3,0	500m	45m	3,0	200	60μ	125
ECG5386	600	450	8000	150m	3,0			2,6	300	25μ	125
C398N	800	450	7500	300m	3,0	500m	45m	3,0	200	40μ	125
HTS450/10PH6	1000	450	4466	250m	2,5	150m	40m	2,37	500	15μ	125
N490CH10	1000	495	18000	300m	3,0	1	100m	1,69	200		125
C385A	100	500	3500	300m	3,0	500m	20m	2,8	200	20μ	125
C392C	300	500	5500	300m	3,0	1	45m	4,2	200	8μ	125
ST280CH04C0	400	500	7200	150m	3,0	600m	75m	1,4	500	100μ	150
CR500AL10	500	500	10000	100m	2,5		30m	1,3	300		125
SC500C60	600	500	10000	100m	3,0	50m	25m	1,4	50		125
C385N	800	500	3500	300m	3,0	500m	20m	2,8	200	20μ	125
DCR707SR1010	1000	500	5600	200m	3,5	250m	50m	2,0	300		125
C501A	100	550	8000	150m	3,5	250m		1,5	200	200μ	125
N260KH02GOO	200	550	5700	300m	3,0	1,0	60m	2,26	300		
P370KH02CL0	200	550	12000	300m	3,0	1,0	75m	1,51	20	15μ	125
540PB30	300	550	8500	150m	3,0	500m	30m	1,7	200	80μ	125
C501D	400	550	8000	150m	3,5	250m		1,5	200	200μ	125
NLC510E	500	550	7000	150m	6,5	250m		1,5	100	200μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
T727063544DN	600	550	7000	150m	3,0		30m	2,9	300	40μ	125
NCL501S	700	550	7000	150m	6,5	250m		1,5	100	200μ	125
SKT551/08E	800	550	9000	250m	3,0	500m	50m	1,65	1000		125
550PB100	1000	550	10000	150m	3,0	500m	30m	1,7	200	120μ	125
HTS560/04PQ6	400	560	7000	250M	2,5	250m	40m	2,1	200	15μ	125
DCR604SR0404	400	580	7500	150m	3,0	250m	30m	1,62	200		125
T7S7016054DN	100	600	9000	150m	3,0		30m	2,6	300	30μ	125
N600CH02	200	600	26900	300m	3,0	1,0	100m	1,41	200		125
HT601/03QG6	300	600	7750	250m	1,5	150m	25m	1,82	200	250μ	140
TN433-04	400	600	5500	200m	3,0	50m	25m	1,3	200	100μ	125
C431E1	500	600	8000	150m	5,0		45m	2,6	200	200μ	125
N600CH06	600	600	26900	300m	3,0	1,0	100m	1,41	200		125
TN631-08	800	600	7000	200m	3,0	70m	30m	2,6	300	125μ	125
T600F10TGM	1000	600	10000	250m	2,2	250m	100m	2,4	1000	30μ	125
NL1580A	100	625	5500	150m	6,5	250m	35m	2,0	100	200μ	125
T72H084064DN	800	625	7000	150m	3,0		35m	2,4	300	20μ	125
P215CH02CL0	200	650	5000	200m	3,0	600m	30m	1,68	150		
ST300C04C0	400	650	8000	200m	3,0	600m	30m	1,66	200	10μ	125
T7S7056584DN	500	650	9500	150m	3,0		30m	2,3	300	10μ	125
P215CH06CJ0	600	650	5000	200m	3,0	600m	30m	1,68	20	25μ	125

Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
C378S	700	650	7000	250m	5,0		45m	2,6	200	20μ	125
ST300C08C3L	800	650	8000	200m	3,0	600m	50m	2,2	1000	100μ	125
PSIE600-10	1000	650	5500	150m	3,0	200m	20m	1,2	100	200μ	125
NLF395A	100	700	8000	200m	2,5	1,0	20m	2,5	200	15μ	125
C395B	200	700	8000	300m	3,0	1,0	45m	2,5	200	12μ	125
T72H044534DN	400	700	7500	150m	3,0		35m	3,1	300	50μ	125
650PBQ50	500	700	10000	200m	2,5	500m	45m	2,5	400	20μ	125
TA649-08A	800	700	8000	400m	5,0	100m	60m	2,3	1000	15μ	125
Y150103P10D	1000	700	5000	250m	2,4	70m	50m	1,4	500	150μ	125
C430ã550	100	800	9000	100m	5,0		50m	1,9	100	125μ	155
FT800DL6	300	800	14000	250m	2,5		30m	1,5	200		125
700PK50	500	800	15000	150m	2,5	500m	60m	2,3	200	250μ	125
T9G0080803DH	800	800	13000	200m	3,0	500m	60m	3,0	300	400μ	125
C411P	1000	800	11000	300m	5,0		35m	2,0	200	125μ	125
NLF390A	100	850	8000	150m	2,5	500m	20m	2,4	200	125μ	125
C440D	400	850	13000	300m	5,0		35m	1,6	200	125μ	125
CA398PA	1000	850	8000	400m	3,0		60m	2,5	400	20μ	125
C435A	100	900	800	200m	3,0	40m	45m	2,5	200	20μ	125
R180CH02CK0	200	900	8000	300m	3,0	1,0	70m	2,52	20	15μ	125
DCR804PM0404	400	900	11200	200m	3,5	250m	50m	1,62	300		125



Ký hiệu	Un Max (V)	I <sub>dm</sub> Max (A)	I <sub>pik</sub> Max (A)	I <sub>g</sub> Max (A)	U <sub>g</sub> Max (V)	I <sub>h</sub> Max (A)	I <sub>r</sub> Max (A)	ΔU Max (V)	dU/dt (V/ s)	t <sub>cm</sub> (s)	T <sub>max</sub> Max oC
N350MH06GOO	600	900	11500	300m	3,0	1,0	60m	1,51	300		
C440S	700	900	13000	150m	5,0		35m	1,7	200	125μ	125
TF709-08Z	800	900	1200	200m	3,0	100m	40m	2,0	300	30μ	125
R190CH02CG0	200	950	8500	300m	3,0	1,0	70m	2,4	20	35μ	125
C448E	500	950	10000	300m	3,0		45m	2,9	400	25μ	125
R190CH08EJ0	800	950	8500	300m	3,0	1,0	70m	2,4	100	25μ	125
DCR1053SD11	1000	950	16000	350m	3,5		150m	1,9	1000	150μ	125
P230CH02CG0	200	1000	5200	200m	3,0	600m	50m	2,12	20	35μ	125
SKT1000/04OG6	400	1000	19000	250m	5,0	500m	100m	2,0	500	100μ	125
P230CH08DG0	800	1000	5200	200m	3,0	600m	50m	2,12	50	35μ	125
HT1001/10OG6	1000	1000	23600	300m	3,0	250m	100m	1,68	200	150μ	125
TF915-01Z	100	1500	17000	200m	3,0	100m	60m	1,7	300	30μ	125
C451E1	500	1500	23000	200m	5,0		45m	1,7	400	150μ	125
FT1500EX16	800	1500	30000	350m	3,0	1,0	120m	2,1	200	30μ	125
C458S	700	2000	16000	200m	5,0		50m	2,6	400	25μ	125
N520CH04GOO	400	2200	15500	300m	3,0	1,0	60m	1,3	300		125
TBK706300HHE	600	3000	48000	250m	4,0		150m	1,0	300	400μ	125
N760FH08JOO	800	3850	33800	300m	3,0	1,0	150m	1,43	500		125
N990CH10KOO	1000	5000	37000	300m	3,0	1,0	150m	1,28	750		
N1600DH10LOO	1000	6840	64000	300m	3,0	1,0	200m	1,06	1000		125

