

TRẦN VĂN THỊNH

TÍNH TOÁN THIẾT KẾ
THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Chương 1

THIẾT KẾ CHỈNH LƯU

I – TÓM TẮT LÝ THUYẾT

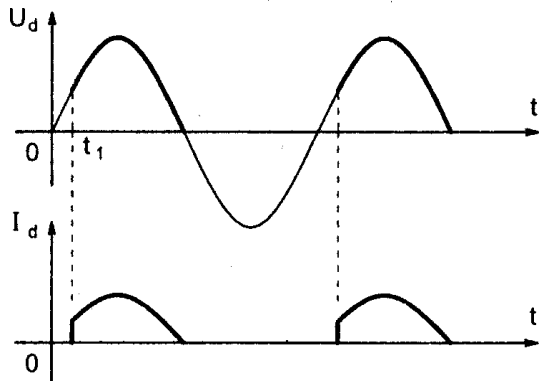
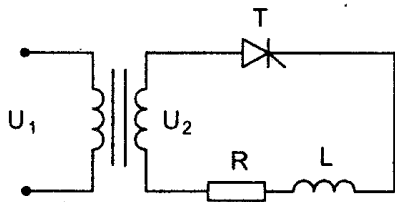
Để cấp nguồn cho tải một chiều, cần thiết kế các bộ chỉnh lưu. Các bộ chỉnh lưu biến đổi năng lượng điện xoay chiều thành một chiều. Các loại bộ biến đổi này có thể là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Để giảm công suất vô công, người ta thường mắc song song ngược với tải một chiều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

1.1. Các sơ đồ chỉnh lưu

Theo dạng nguồn cấp xoay chiều, 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.

Chỉnh lưu có thể là loại chỉnh lưu có và không điều khiển, trong khuôn khổ tài liệu này chỉ giới thiệu khái quát loại có điều khiển. Theo hình dạng các sơ đồ chỉnh lưu, với chuyển mạch tự nhiên có thể phân loại chỉnh lưu thành các loại sơ đồ sau.

1. Chỉnh lưu một nửa chu kì



Hình 1.1. Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì

Ở sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì hình 1.1, sóng điện áp ra một chiều sẽ bị gián đoạn trong một nửa chu kì, khi điện áp anod của van bán dẫn âm. Do vậy, khi sử dụng sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì, chất lượng điện áp xấu, trị số điện áp tải trung bình lớn nhất (khi không điều khiển) được tính:

$$U_{do} = 0,45.U_2 \quad (1.1)$$

Chất lượng điện áp rất xấu và cũng cho hệ số sử dụng biến áp xấu:

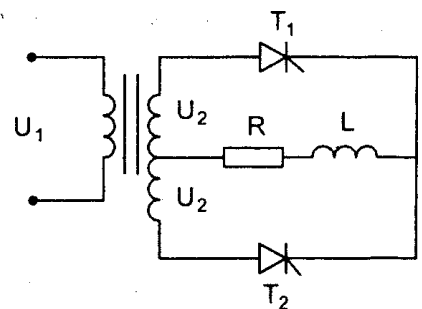
$$S_{ba} = 3,09.U_d.I_d \quad (1.2)$$

Đánh giá chung về loại chỉnh lưu này 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 kì theo các phương án sau.

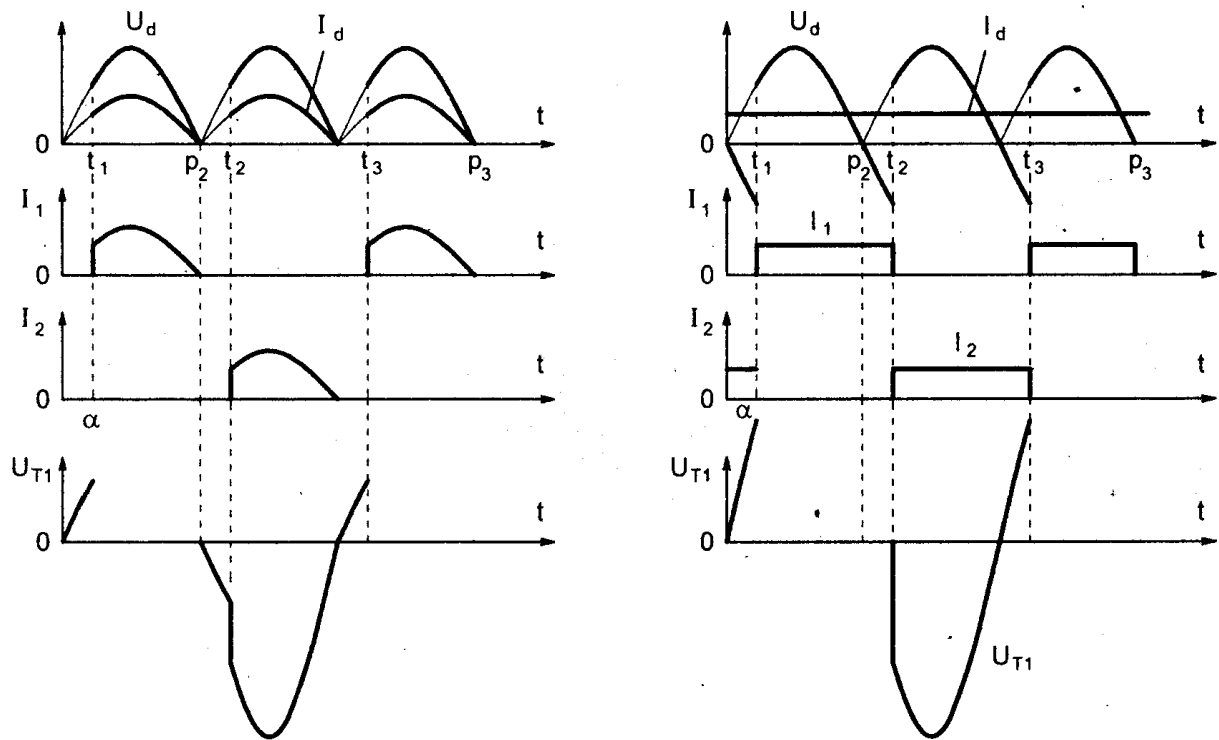
2. Chỉnh lưu cả chu kì với biến áp có trung tính

Theo sơ đồ hình 1.2, biến áp phải có hai cuộn dây thứ cấp với thông số giống hệt nhau, có thể coi đây là hai sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì hình 1.1 hoạt động dịch pha nhau 180° . Ở mỗi nửa chu kì có một van dẫn cho dòng điện chạy qua. Cho nên ở cả hai nửa chu kì sóng điện áp tải trùng với điện áp cuộn dây có van dẫn. Điện áp tải đập mạch trong cả hai nửa chu kì, với tần số đập mạch bằng hai lần tần số điện áp xoay chiều ($f_{dm} = 2f_1$). 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



Hình 1.2. Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kì với biến áp có trung tính

điện áp của van T_1 mô tả trên hình 1.3a khi tải thuần trở và trên hình 1.3b khi tải điện cảm lớn.



Hình 1.3. Các đường cong điện áp, dòng điện các va và điện áp của Tiristor T_1

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

$$U_d = U_{do} \cdot (1 + \cos \alpha) / 2. \quad (1.3)$$

Trong đó:

U_{do} - Điện áp chỉnh lưu khi không điều khiển và bằng $U_{do} = 0,9 \cdot U_2$

α - Góc mở của các Tiristor.

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

$$U_d = U_{do} \cdot \cos \alpha \quad (1.4)$$

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

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

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

Một số ưu, nhược điểm của sơ đồ

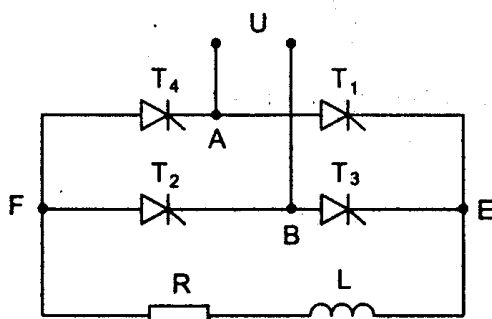
So với chỉnh lưu nửa chu kỳ, loại chỉnh lưu này có chất lượng điện áp tốt hơn. Dòng điện chạy qua van không quá lớn, tổng điện áp rơi trên van nhỏ. Đối với chỉnh lưu có điều khiển, thì sơ đồ hình 1.2 nói chung và việc điều khiển các van bán dẫn ở đây tương đối đơn giản. Tuy vậy, việc chế tạo biến áp 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, làm cho việc lựa chọn van bán dẫn khó hơn.

3. Chỉnh lưu cầu một pha

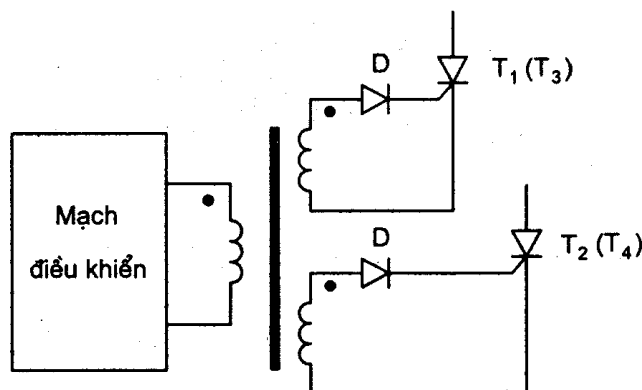
Chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển có hai cách mắc sơ đồ: sơ đồ điều khiển đối xứng (bốn tiristor), sơ đồ điều khiển không đối xứng (hai điốt, hai tiristor)

a) Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng được cấu tạo từ bốn tiristor mắc theo sơ đồ hình 1.4.



Hình 1.4. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng



Hình 1.5. Phương án cấp xung chỉnh lưu cầu một pha

Hoạt động của sơ đồ này khái quát có thể mô tả như sau. Trong nửa chu kỳ ($U_{AB} > 0$) điện áp anod của Tiristor T_1 dương (catod T_2 âm), nếu có xung điều khiển cho cả hai van T_1, T_2 đồng thời, thì các van này sẽ được dẫn để đặt điện áp lưới lên tải. Điện áp tải một chiều còn trùng với điện áp xoay chiều chừng nào các Tiristor còn dẫn (khoảng dẫn của các Tiristor phụ thuộc vào tính chất của tải). Đến nửa chu kỳ sau, điện áp đổi dấu ($U_{AB} < 0$), anod của Tiristor T_3 dương catod T_4 âm, nếu có xung điều khiển cho cả hai van T_3, T_4 đồng thời, thì các van này sẽ được dẫn, để đặt điện áp lưới lên tải, với điện áp một chiều trên tải có chiều trùng với nửa chu kỳ trước.

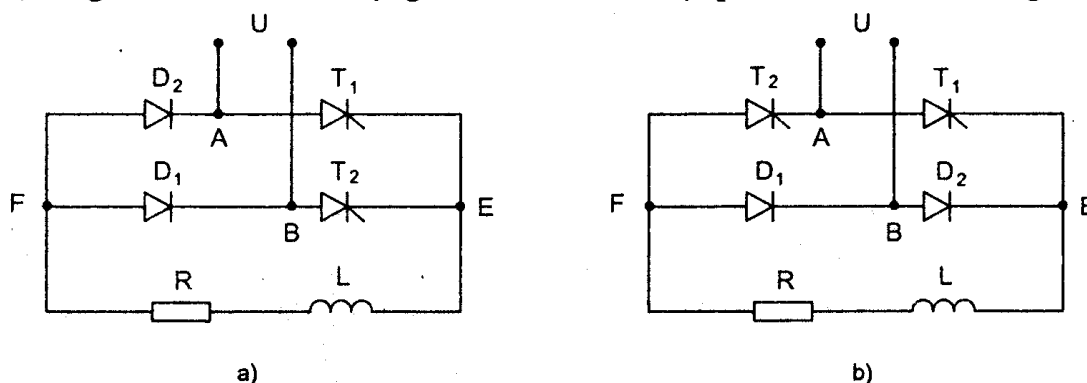
Chỉnh lưu cầu một pha hình 1.4 có chất lượng điện áp ra hoàn toàn giống như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính như sơ đồ hình 1.2. Hình dạng các đường cong điện áp, dòng điện tải, dòng điện các van bán dẫn tương tự như trên hình 1.3a.b. Trong sơ

đồ này, dòng điện chạy qua van giống như sơ đồ hình 1.2, nhưng điện áp ngược van phải chịu nhỏ hơn $U_{nv} = \sqrt{2} \cdot U_2$.

Việc điều khiển đồng thời các Tiristor T_1, T_2 và T_3, T_4 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 1.5. Chi tiết việc điều khiển chỉnh lưu cầu một pha giới thiệu ở mục VI.3.

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

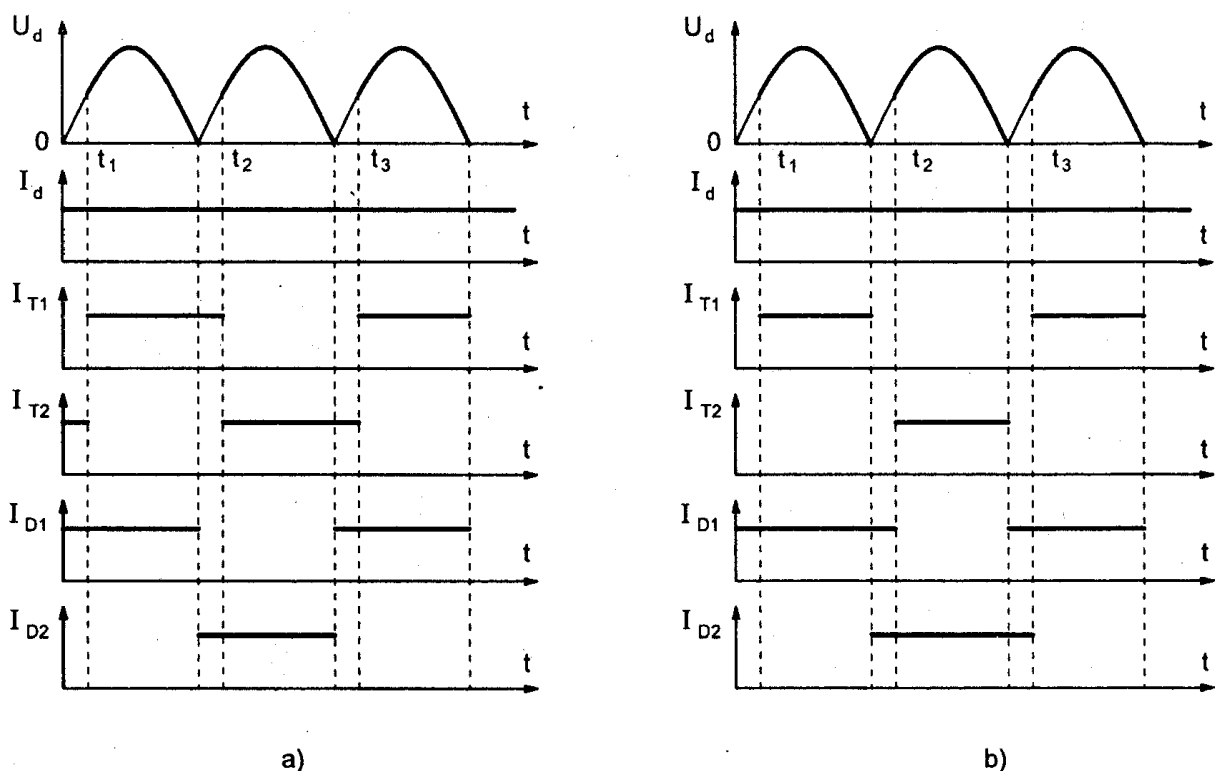
Điều khiển các Tiristor trong sơ đồ hình 1.4, đôi lúc gặp khó khăn khi cần mở tiristor đồng thời, nhất là khi công suất xung không đủ lớn. Để tránh việc phải mở đồng thời các van như ở trên, mà chất lượng điện áp chùng mực nào đó vẫn có thể đáp ứng được, người ta có thể sử dụng chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.



Hình 1.6. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng có thể thực hiện bằng hai phương án khác nhau như hình 1.6. Giống nhau ở hai sơ đồ này là: chúng đều có hai Tiristor và hai diode; mỗi lần cấp xung điều khiển chỉ cần một xung; điện áp một chiều trên tải có hình dạng (xem hình 1.7a,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.

Trên sơ đồ hình 1.6a (với minh họa bằng các đường cong hình 1.7a) khi điện áp anod T_1 dương và catod D_1 âm có dòng điện tải chạy qua T_1, D_1 đến khi điện áp đổi dấu (với anod T_2 dương) mà chưa có xung mở T_2 , năng lượng của cuộn dây tải L được xả ra qua D_2, T_1 . Như vậy việc chuyển mạch của các van không điều khiển D_1, D_2 xảy ra khi điện áp bắt đầu đổi dấu. Tiristor T_1 sẽ bị khoá khi có xung mở T_2 . Kết quả là chuyển mạch các van có điều khiển được thực hiện bằng việc mở van kế tiếp. Từ những giải thích trên thấy rằng, các van bán dẫn được dẫn trong một nửa chu kỳ. Về trị số, dòng điện trung bình chạy qua van bằng $I_{tb} = (1/2) I_d$, dòng điện hiệu dụng của van $I_{hd} = 0,71 \cdot I_d$.



Hình 1.7. Giải đồ các đường cong
a) Cho hình 1.6a ; b) Cho hình 1.6b

Theo sơ đồ hình 1.6b (với minh họa bằng các đường cong hình 1.7b), khi điện áp lưới đặt vào anod và catod của các tiristor thuận chiều và có xung điều khiển, thì việc dẫn của các van hoàn toàn giống như sơ đồ hình 1.6a. Khi điện áp đổi dấu, năng lượng của cuộn dây L được xả ra qua các diốt D_1 , D_2 , các van này đóng vai trò của diốt ngược. Chính do đó mà các Tiristor sẽ tự động khoá khi điện áp đổi dấu. Từ đường cong dòng điện các van trên hình 1.7b có thể thấy rằng, ở sơ đồ này dòng điện qua tiristor nhỏ hơn dòng điện qua các diốt.

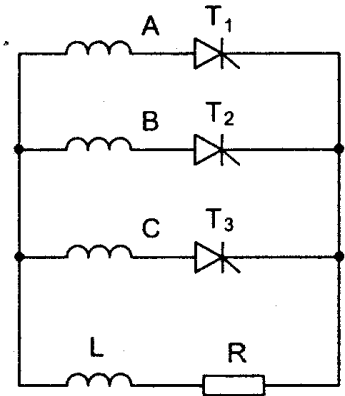
Nhìn chung, các loại chỉnh lưu cầu một pha có chất lượng điện áp tương đương như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính. Chất lượng điện một chiều như nhau, dòng điện làm việc của van bằng nhau, nên việc ứng dụng chúng cũng tương đương nhau. Mặc dù vậy chỉnh lưu cầu một pha có ưu điểm hơn ở chỗ: 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 nên đối với tải điện áp thấp hiệu suất bộ chỉnh lưu thấp, chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng điều khiển phức tạp hơn.

Các sơ đồ chỉnh lưu một pha cho 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 phải sử dụng các sơ đồ có số pha nhiều hơn.

4. Chỉnh lưu tia ba pha

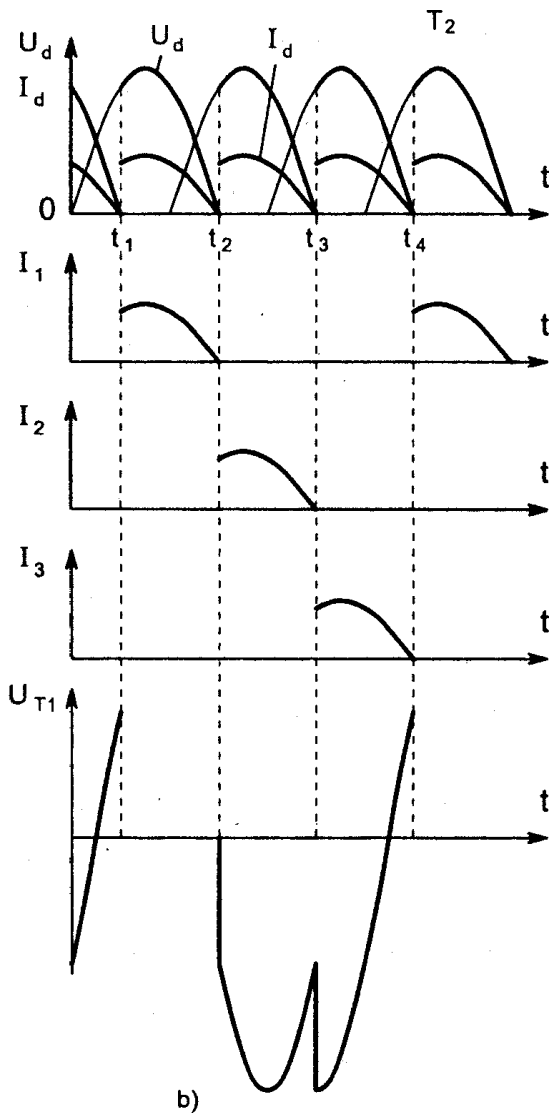
Chỉnh lưu tia ba pha có cấu tạo từ một biến áp ba pha với thứ cấp đấu sao có trung tính, ba van bán dẫn nối cùng cực tính để nối tới tải, ba đầu còn lại của van bán dẫn nối tới các pha biến áp. Tải được nối giữa đầu nối chung của van bán dẫn với trung tính như giới thiệu trên hình 1.8a.

Khi biến áp có ba pha đấu sao (Y) trên mỗi pha A, B, C nối một van như hình 1.8a, ba catod đấu chung cho 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° theo các đường cong điện áp pha, có điện áp của một pha dương hơn điện áp của hai pha kia trong khoảng thời gian $1/3$ chu kỳ (120°). Từ đó thấy rằng, tại mỗi thời điểm chỉ có điện áp của một pha dương hơn hai pha kia.

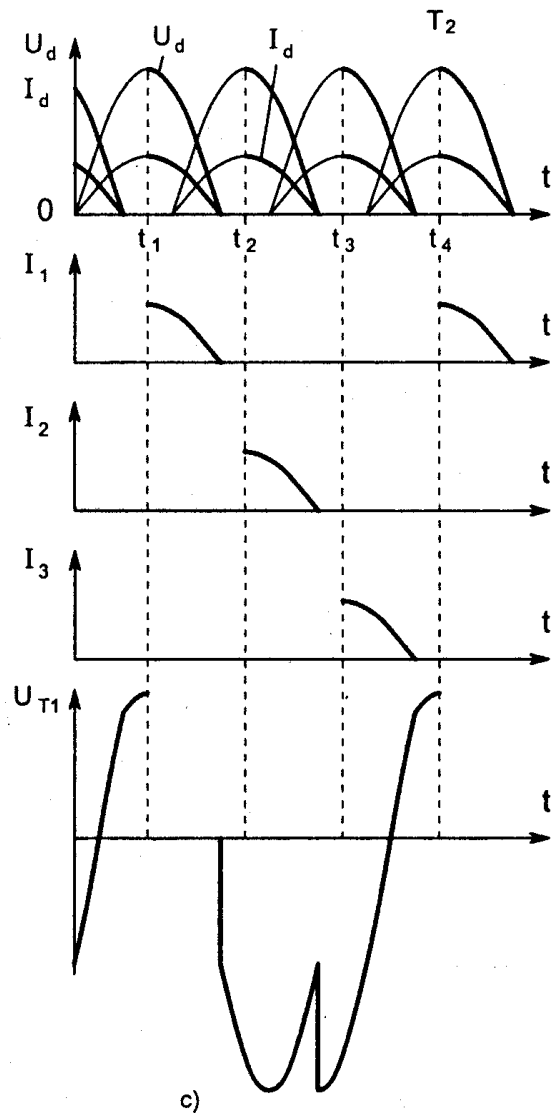


a)

Hình 1.8a. Sơ đồ động lực chỉnh lưu tia ba pha



b)



c)

Hình 1.8. Chỉnh lưu tia ba pha

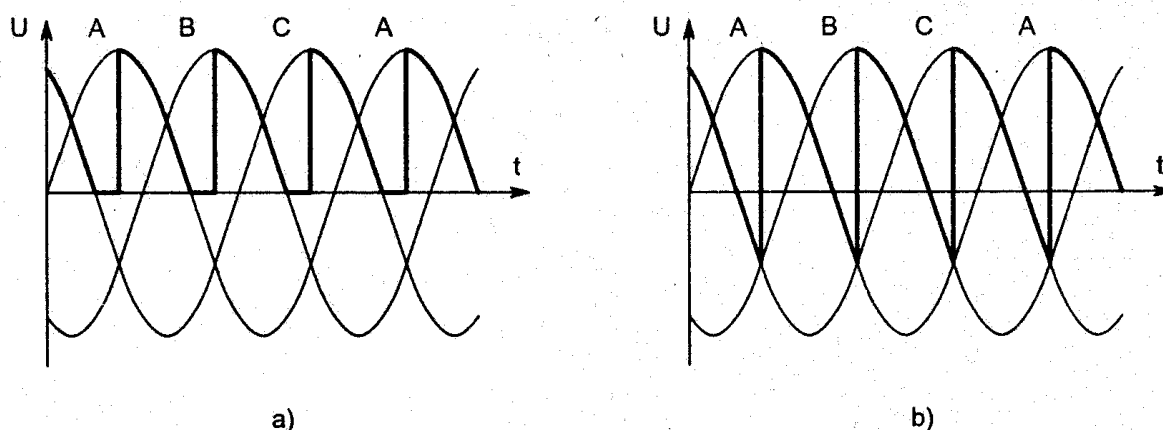
b) Giảm đồ các đường cong khi góc mở $\alpha = 30^\circ$ tải thuần trở ; c) Giảm đồ các đường cong khi $\alpha = 60^\circ$

Nguyên tắc điều khiển các tiristor ở đây là: khi anod của tiristor nào dương hơn tiristor đó mới được kích mở. Thời điểm điện áp của hai pha giao nhau được coi là góc thông tự nhiên của các tiristor. Các tiristor chỉ được mở 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°).

Theo hình 1.8b, c, tại mỗi thời điểm nào đó chỉ có một tiristor dẫn, như vậy dòng điện tải liên tục, mỗi tiristor dẫn trong 1/3 chu kỳ (đường cong I_1, I_2, I_3 trên hình 1.8b), còn nếu điện áp tải gián đoạn thì thời gian dẫn của các tiristor nhỏ hơn. Tuy nhiên, trong cả hai trường hợp dòng điện trung bình của các tiristor đều bằng $(1/3)I_d$. Trong khoảng thời gian tiristor dẫn, dòng điện của tiristor bằng dòng điện tải, trong khoảng tiristor khoá dòng điện tiristor bằng 0. Điện áp của tiristor phải chịu bằng điện dây giữa pha có tiristor khoá với pha có tiristor đang dẫn. Ví dụ trong khoảng $t_2 \div t_3$ tiristor T_1 khoá còn T_2 dẫn do đó tiristor T_1 phải chịu một điện áp dây U_{AB} , đến khoảng $t_3 \div t_4$ các tiristor T_1, T_2 khoá, còn T_3 dẫn lúc này T_1 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 Tiristor. Nếu góc mở Tiristor nhỏ hơn $\alpha \leq 30^\circ$, các đường cong U_d, I_d liên tục hình 1.8b, khi góc mở lớn hơn $\alpha > 30^\circ$ điện áp và dòng điện tải gián đoạn (đường cong U_d, I_d trên hình 1.8c).

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 1.9b (tương tự như vậy là đường cong U_d trên hình 1.8b). Trên hình 1.9 mô tả một ví dụ so sánh các đường cong điện áp tải khi góc mở $\alpha = 60^\circ$ tải thuần trở hình 1.9a và tải điện cảm hình 1.9b



Hình 1.9. Đường cong điện áp tải khi góc mở $\alpha = 60^\circ$
a) Tải thuần trở ; b) Tải điện cảm

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:

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

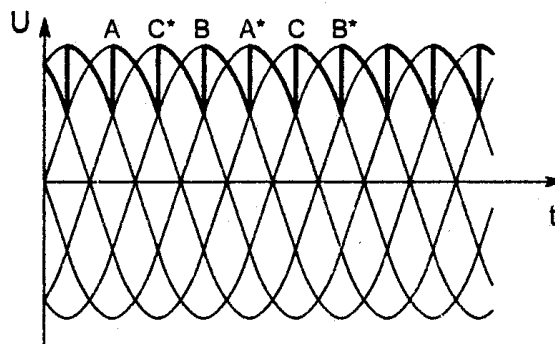
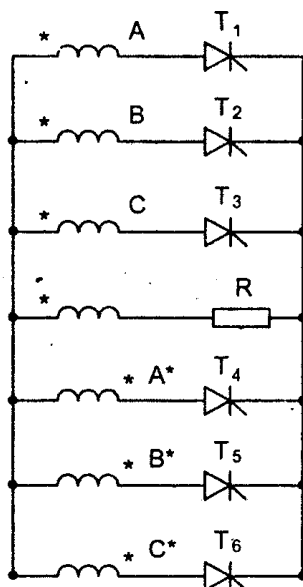
Trong đó : $U_{do} = 1,17.U_{2f}$ – điện áp chỉnh lưu tia ba pha khi van là điốt.

U_{2f} – điện áp pha thứ cấp biến áp.

Nhận xét : So với chỉnh lưu một pha, 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. Dòng điện mỗi cuộn dây thứ cấp là dòng một chiều, do 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 1.2). 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 sao (Y), có dây trung tính phải lớn hơn dây pha vì theo sơ đồ hình 1.8a dây trung tính chịu dòng điện tải.

5. Chỉnh lưu tia sáu pha

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 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 1.10a.



Hình 1.10. Chỉnh lưu tia sáu pha
a) Sơ đồ động lực ; b) Đường cong điện áp tải.

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° như mô tả trên hình 1.10b. Dạng sóng điện áp tải được điều khiển ở phần dương hơn của các điện áp pha với đập mạch bậc sáu. Với dạng sóng điện áp như trên, chất lượng điện áp một chiều được coi là tốt nhất.

Nhận xét : Theo dạng sóng điện áp ra (phần nét đậm trên giản đồ hình 1.10b) thấy rằng mỗi van dẫn trong khoảng $1/6$ chu kỳ. So với các sơ đồ khác, chỉnh lưu tia sáu pha có dòng điện chạy qua van bán dẫn bé nhất. Do đó, sơ đồ chỉnh lưu tia sáu pha có ưu điểm khi dòng tải rất lớn (chỉ cần có van nhỏ có thể chế tạo bộ nguồn với dòng tải lớn). Tuy nhiên, biến áp ba pha sáu cuộn dây thứ cấp chế tạo phức tạp hơn, do đó sơ đồ này ít dùng trong thực tế.

6. Chỉnh lưu cầu ba pha

Giống như chỉnh lưu cầu một pha, chỉnh lưu cầu ba pha có hai dạng sơ đồ: chỉnh lưu điều khiển đối xứng (sáu tiristor) và chỉnh lưu điều khiển không đối xứng (ba diốt, ba tiristor).

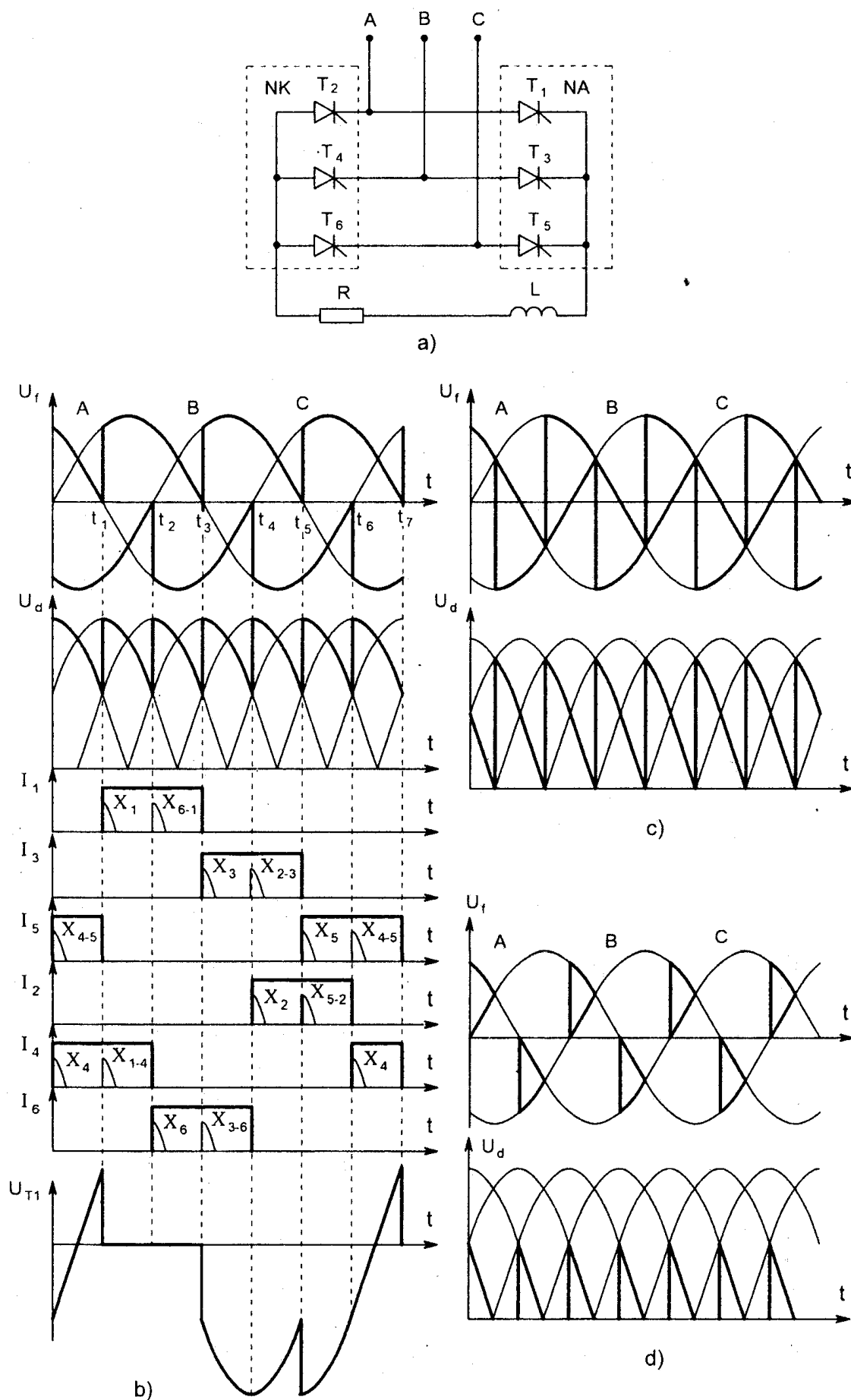
a) Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng hình 1.11a có thể coi như hai sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha mắc ngược chiều nhau, nhóm anod (NA) ba Tiristor T_1, T_3, T_5 tạo thành một chỉnh lưu tia ba pha cho điện áp dương, nhóm catod (NK) T_2, T_4, T_6 tạo thành một chỉnh lưu tia cho điện áp âm, hai chỉnh lưu này ghép lại thành cầu ba pha.

Theo hoạt động của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, dòng điện chạy qua tải là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, do đó tại mỗi thời điểm cần mở Tiristor đòi hỏi cấp hai xung điều khiển đồng thời (một xung ở nhóm NA, một xung ở nhóm NK). Ví dụ tại thời điểm t_1 trên hình 1.11b cần mở Tiristor T_1 của pha A phía NA cấp xung X_1 , đồng thời tại đó cấp thêm xung $X_4 \rightarrow X_{1-4}$ cho Tiristor T_4 của pha B phía NK. 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 (vấn đề này sẽ nhắc kỹ lại ở VI.3).

Khi cấp đúng các xung điều khiển, dòng điện sẽ được chạy từ pha có điện áp dương hơn về pha có điện áp âm hơn. Ví dụ trong khoảng $t_1 \div t_2$ pha A có điện áp dương hơn, pha B có điện áp âm hơn, dòng điện được chạy từ A về B qua T_1, T_4 .

Khi góc mở van nhỏ hoặc điện cảm lớn, trong mỗi khoảng dẫn của một van của nhóm này (NA hay NK) thì sẽ có hai van của nhóm kia đổi chỗ cho nhau. Điều này có thể thấy rõ trong khoảng $t_1 \div t_3$ như trên hình 1.11b Tiristor T_1 nhóm NA dẫn, nhưng trong nhóm NK T_4 dẫn trong khoảng $t_1 \div t_2$ còn T_6 dẫn tiếp trong khoảng $t_2 \div t_3$.



Hình 1.11. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.

a) Sơ đồ động lực ; b) Giải đồ các đường cong cơ bản khi $\alpha = 30^\circ$;

c, d) Điện áp tải khi góc mở $\alpha = 60^\circ$ và $\alpha = 90^\circ$.

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 T_1 (đường cong cuối cùng của hình 1.11b) trong khoảng $t_1 \div t_3$ van T_1 dẫn điện áp bằng 0, trong khoảng $t_3 \div t_5$ van T_3 dẫn lúc này T_1 chịu điện áp ngược U_{BA} , đến khoảng $t_5 \div t_7$ van T_5 dẫn T_1 sẽ chịu điện áp ngược U_{CA} .

Khi điện áp tải liên tục, như đường cong U_d trên hình 1.11b trị số điện áp tải được tính theo công thức (1 -4).

Khi góc mở các tiristor 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 1.11d (cho trường hợp góc mở các Tiristor $\alpha = 90^\circ$ 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 1.11b, 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 tiristor theo đúng thứ tự pha, do đó gây không ít khó khăn khi chế tạo, vận hành và sửa chữa. Để đơn giản hơn người ta có thể sử dụng điều khiển không đối xứng.

b) Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng

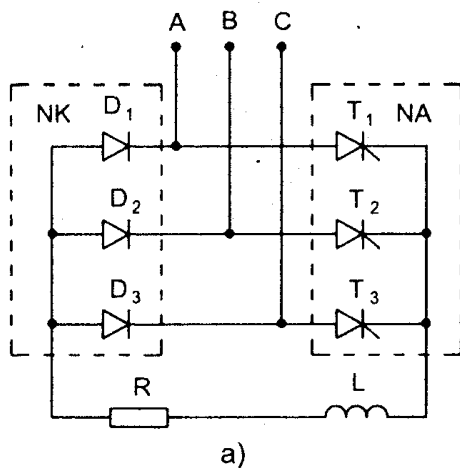
Loại chỉnh lưu này được cấu tạo từ một nhóm (NA hoặc NK) có điều khiển và một nhóm không điều khiển như mô tả trên hình 1.12a. Trên hình 1.12b mô tả giản đồ điện áp chỉnh lưu U_f , sóng điện áp tải U_d , khoảng dẫn các van bán dẫn $T_1, T_2, T_3, D_1, D_2, D_3$. Các Tiristor được dẫn từ thời điểm có xung mở cho đến khi mở Tiristor của pha kế tiếp. Ví dụ T_1 dẫn từ t_1 (thời điểm phát xung mở T_1) tới t_3 (thời điểm phát xung mở T_2). Trong trường hợp điện áp tải gián đoạn Tiristor được dẫn từ thời điểm có xung mở cho đến khi điện áp dây đổi dấu. Các diốt tự động dẫn khi điện áp đặt lên chúng thuận chiều. Ví dụ D_1 phân cực thuận trong khoảng $t_4 \div t_6$ và nó sẽ mở cho dòng điện chạy từ pha B về pha A trong khoảng $t_4 \div t_5$ và từ pha C về pha A trong khoảng $t_5 \div t_6$.

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

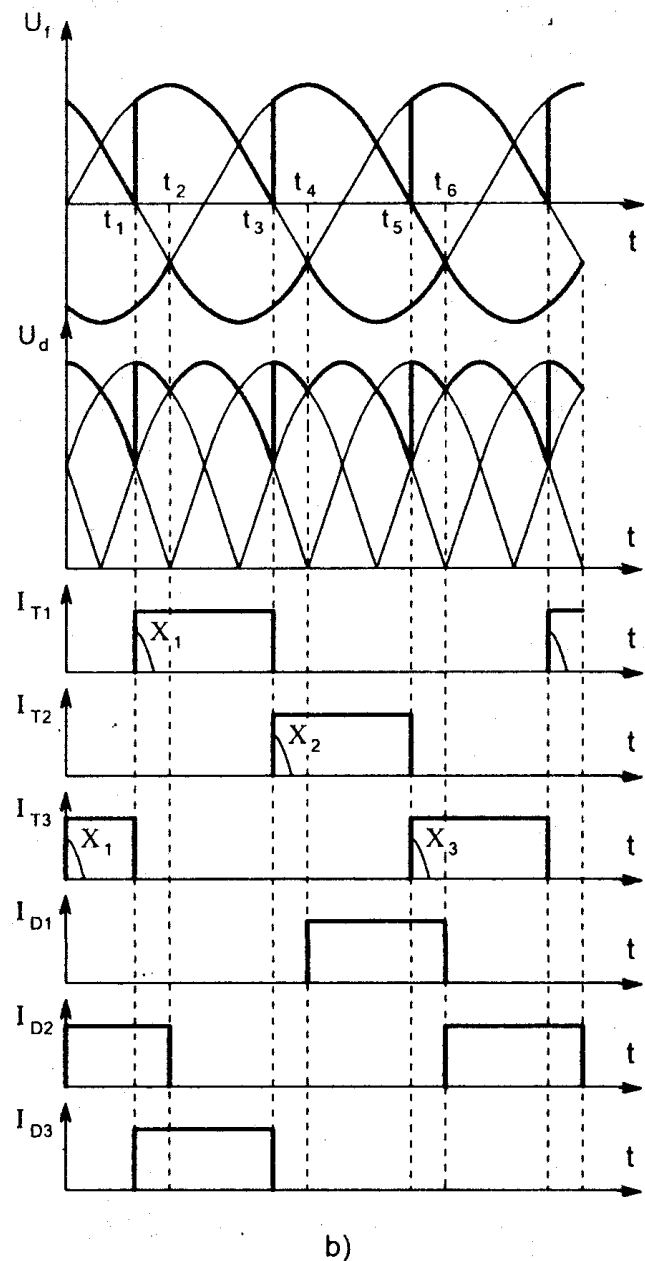
Theo dạng sóng điện áp tải, trị số điện áp trung bình trên tải bằng 0 khi góc mở đạt tới 180° . Người ta có thể coi điện áp trung bình trên tải là kết quả của tổng hai điện áp chỉnh lưu tia ba pha.

$$U_{th} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_{fmax} (1 + \cos\alpha) = \frac{3}{2\pi} U_{daymax} (1 + \cos\alpha) \quad (1-6)$$

Điều khiển các tiristor trong chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng dễ dàng hơn, nhưng các điều hoà bậc cao của tải và của nguồn lớn hơn.



Hình 1.12. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng
a) Sơ đồ động lực;
b) Giảm đồ các đường cong

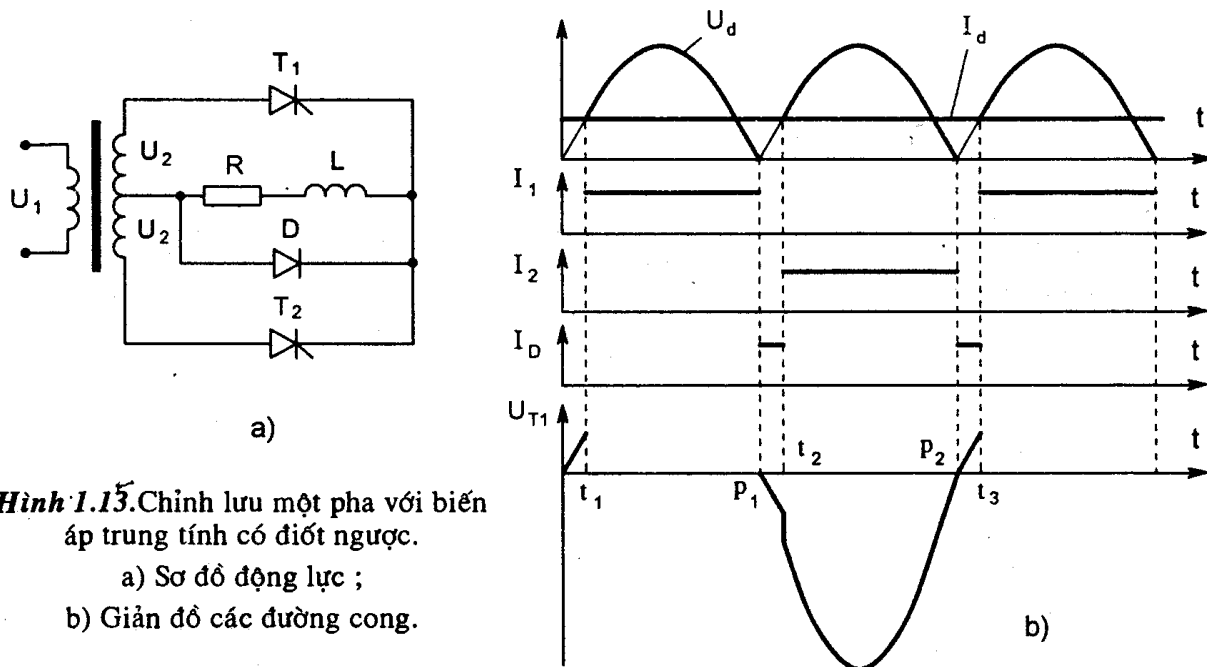


Khác với chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, trong sơ đồ này việc điều khiển các van bán dẫn được thực hiện đơn giản hơn. Ta có thể coi mạch điều khiển của bộ chỉnh lưu này như điều khiển một chỉnh lưu tia ba pha.

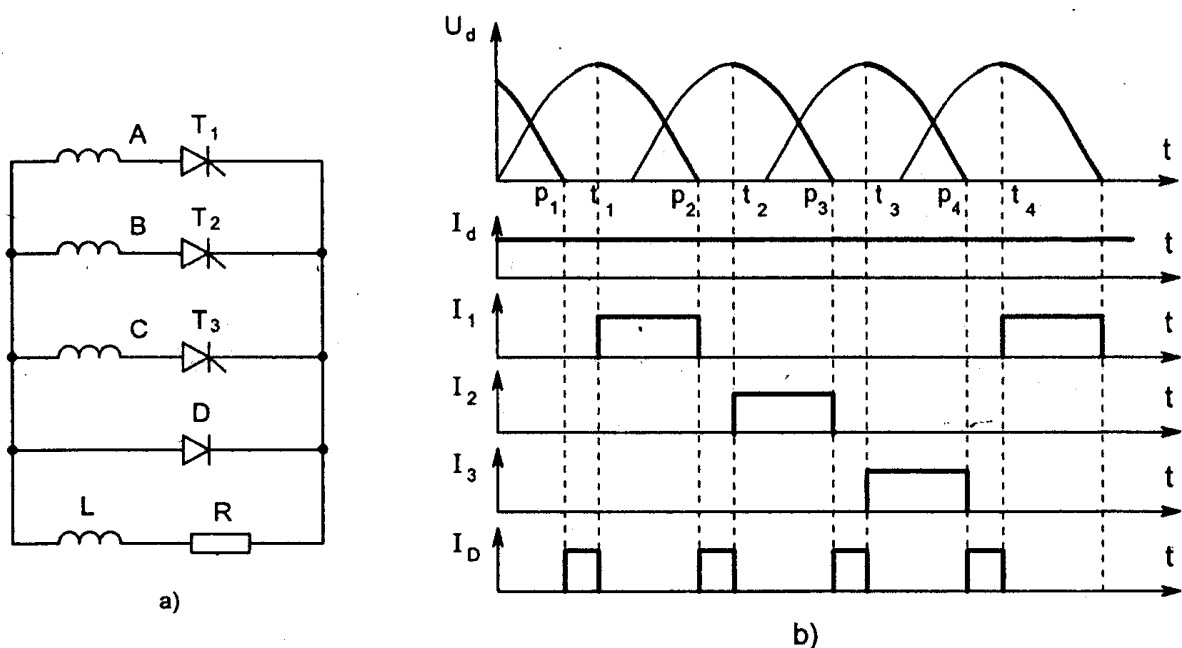
Chỉnh lưu cầu ba pha hiện nay là sơ đồ có chất lượng điện áp tốt nhất, hiệu suất sử dụng biến áp tốt nhất. Tuy vậy đây cũng là sơ đồ phức tạp nhất.

7. Chỉnh lưu khi có diốt ngược

Như đã nêu ở trên, khi chỉnh lưu làm việc với tải điện cảm lớn ($L = \infty H$), năng lượng của cuộn dây tích lũy sẽ được xả ra khi điện áp nguồn đổi dấu. Như mô tả trên hình 1.13, khi điện áp nguồn đổi dấu diốt D đặt ngược điện áp lên các tiristor (trong các khoảng $0 \div t_1$, $p_1 \div t_2$, $p_2 \div t_3$), nên các tiristor bị khoá, điện áp tải bằng 0. Dòng điện chạy qua các tiristor I_1 , I_2 chỉ tồn tại trong khoảng $(t_1 \div p_1, t_2 \div p_2, t_3 \div p_3)$ khi tiristor được phân cực thuận. Khi điện áp đổi dấu, năng lượng của cuộn dây tích lũy xả qua diốt, để tiếp tục duy trì dòng điện I_d trong mạch tải.



Hình 1.13. Chỉnh lưu một pha với biến áp trung tính có diốt ngược.
a) Sơ đồ động lực;
b) Giảm đồ các đường cong.



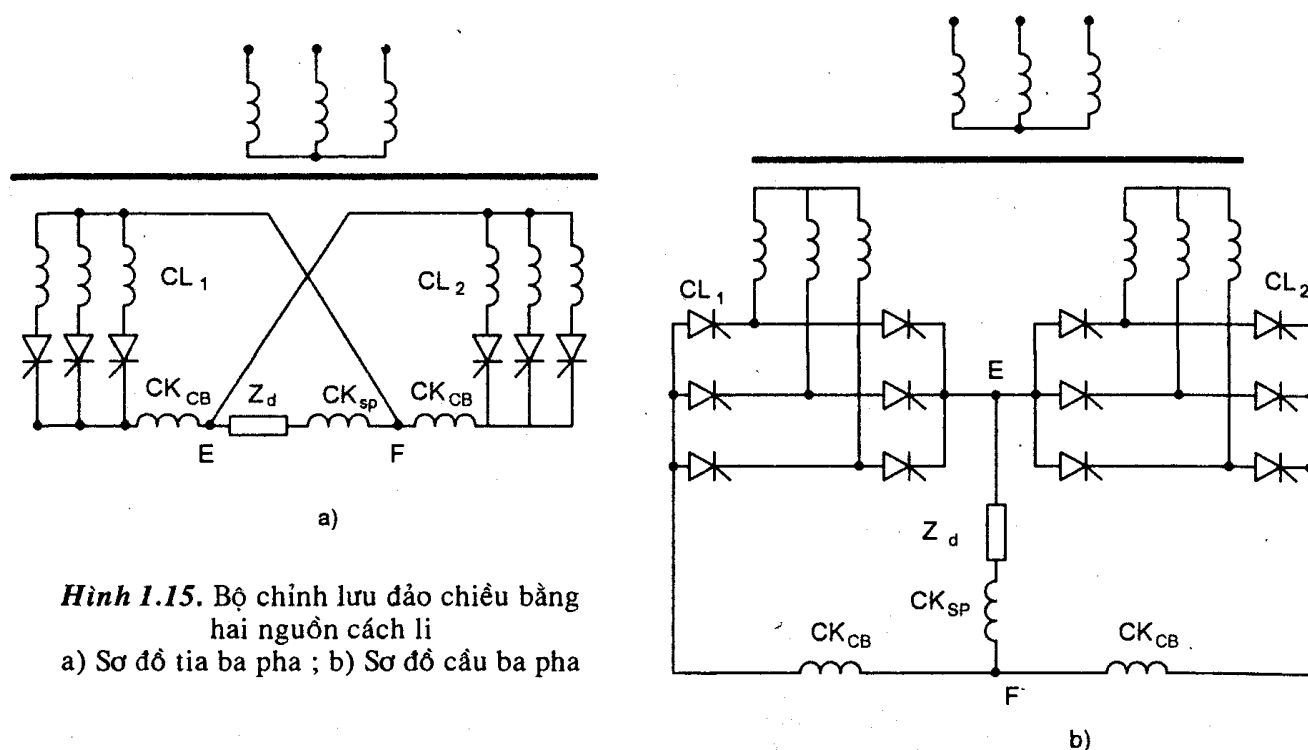
Hình 1.14. Chỉnh lưu tia ba pha có diốt xả năng lượng.
a) Sơ đồ; b) Giảm đồ các đường cong điện áp, dòng điện.

Hình 1.14 là chỉnh lưu tia ba pha có điốt ngược với tải có điện cảm lớn, dòng điện tải giả thiết là đường thẳng. Trong các khoảng tiristor dẫn ($t_1 \div p_2, t_2 \div p_3, t_3 \div p_4$), dòng điện tải là dòng điện chạy qua tiristor, điện áp tải (đường nét đậm của đường cong trên cùng) trùng với điện áp pha. Khi điện áp đổi dấu, trong các khoảng $p_1 \div t_1, p_2 \div t_2, p_3 \div t_3$ năng lượng của cuộn dây L xả qua điốt xả D, khi đó các tiristor khoá điện áp tải bằng 0, dòng điện tải là dòng điện chạy qua điốt.

Như vậy, mặc dù tải có điện cảm lớn, dòng điện tải liên tục (gần với đường thẳng), nhưng điện áp tải có dạng gián đoạn như tải thuần trở. Điều đó có nghĩa là năng lượng của cuộn dây điện cảm đã tích lũy khi điện áp dương được xả qua điốt lên tải trong thời gian điện áp đổi dấu

8. Chỉnh lưu đảo chiều

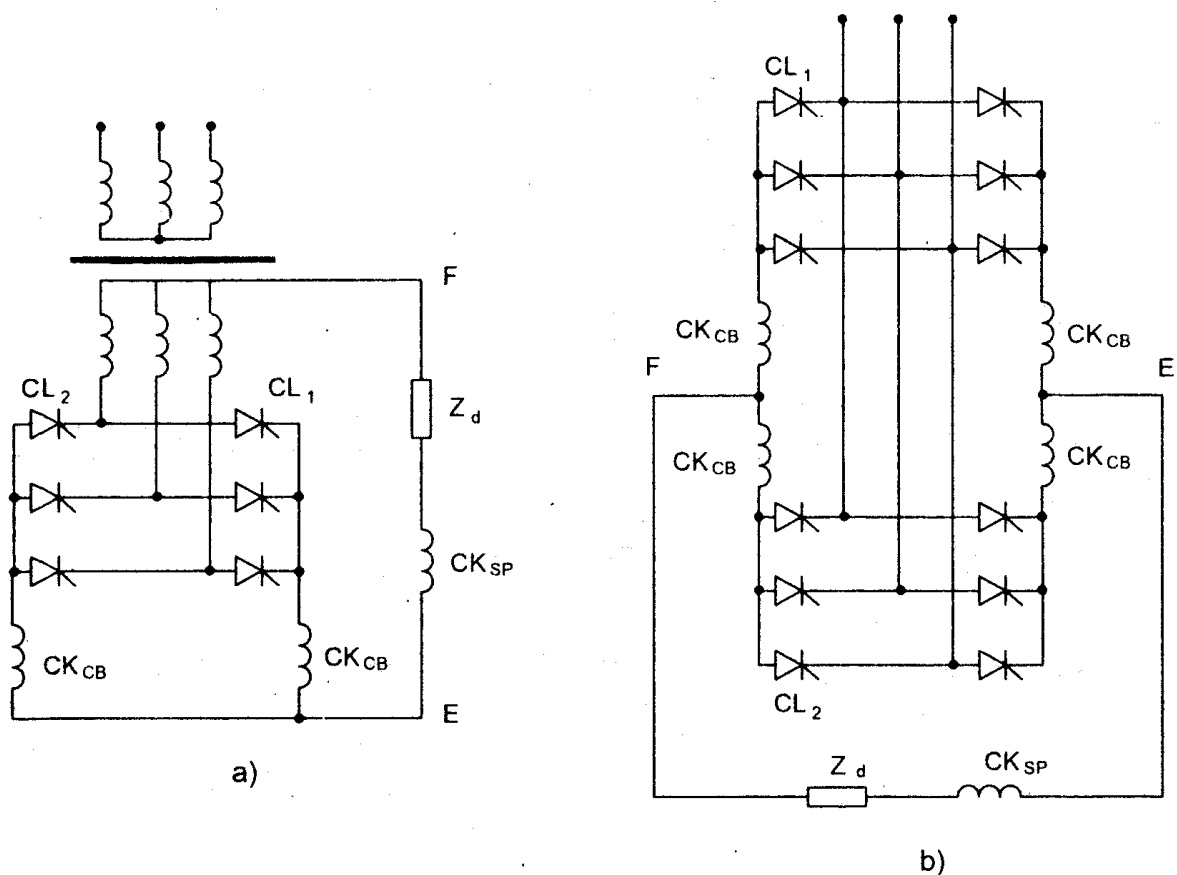
Nhiều loại tải có yêu cầu cần đảo chiều dòng điện, như động cơ điện một chiều, mạ điện có đảo chiều... Trước đây khi đảo chiều người ta thường sử dụng hai công tắc tơ để đảo chiều dòng điện. Nhược điểm của việc sử dụng công tắc tơ để đảo chiều là thời gian chuyển mạch chậm. Muốn thời gian đảo chiều nhanh người ta thiết kế bộ chỉnh lưu có đảo chiều.



Hình 1.15. Bộ chỉnh lưu đảo chiều bằng hai nguồn cách li

a) Sơ đồ tia ba pha ; b) Sơ đồ cầu ba pha

Bộ chỉnh lưu có đảo chiều có hai nhóm chỉnh lưu (CL₁, CL₂), thường gọi là chỉnh lưu kép. Mỗi nhóm chỉnh lưu dẫn dòng điện theo một chiều nên cả bộ chỉnh lưu có thể dẫn dòng theo cả hai chiều. Các bộ chỉnh lưu như vậy có thể được thiết kế theo nhiều cách, nhưng hai cách phổ biến là: có hai cuộn dây biến áp cách li, trong đó mỗi nhóm chỉnh lưu được cấp từ một nguồn riêng biệt (hình 1.15) hoặc chỉ một nguồn cấp không cách li (hình 1.16)



Hình 1.16. Bộ chỉnh lưu đảo chiều bằng một nguồn cấp

a) Sơ đồ tia ba pha ; b) Sơ đồ cầu ba pha.

Ở các bộ chỉnh lưu có đảo chiều, dòng điện chạy qua tải (Z_d) theo hai chiều khác nhau. Do đó điện áp nguồn cấp cũng có hai chiều ngược nhau, nhóm chỉnh lưu CL_1 có điện áp tải $U_{EF} > 0$, nhóm chỉnh lưu CL_2 có $U_{FE} > 0$. Nghĩa là nếu hai nhóm chỉnh lưu CL_1 và CL_2 cùng làm việc ở chế độ chỉnh lưu một lúc, thì khi đó hai nguồn chỉnh lưu ngắn mạch. Dòng điện cân bằng chạy giữa các nhóm chỉnh lưu với nhau. Để hạn chế dòng điện cân bằng, điện kháng hạn chế dòng điện cân bằng (CK_{CB}) được mắc vào mạch.

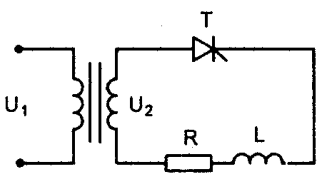
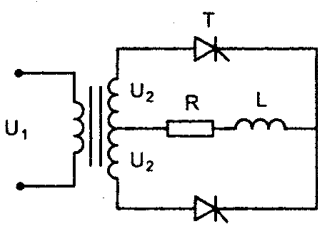
Khi điều khiển các bộ chỉnh lưu có đảo chiều, cần tránh dòng điện cân bằng. Để làm được việc này có hai cách điều khiển. Thứ nhất, tại mỗi thời điểm chỉ cấp xung điều khiển cho một nhóm chỉnh lưu, ta gọi là điều khiển riêng. Thứ hai, đồng thời cấp xung điều khiển cho cả hai nhóm, nhưng một nhóm làm việc ở chế độ chỉnh lưu, còn một nhóm làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới, cách điều khiển này gọi là điều khiển chung.

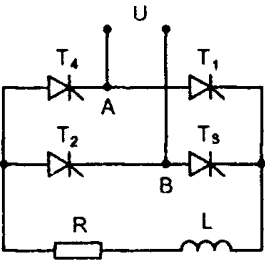
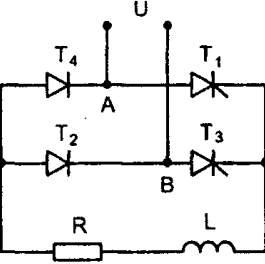
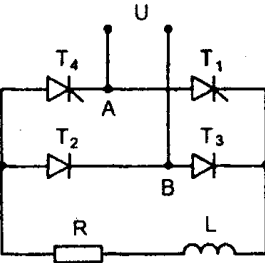
Điều khiển riêng là khi cấp xung điều khiển cho nhóm CL_1 thì không cấp xung điều khiển cho nhóm CL_2 . Ở nhóm không có xung điều khiển, các tiristor khoá, không có dòng điện chạy qua chúng. Khó khăn khi điều khiển riêng đối với các bộ chỉnh lưu đảo chiều liên tục (cho các động cơ điện một chiều làm việc ở cả bốn góc phần tư của đặc tính cơ) [14] là kiểm soát dòng điện tải bằng 0. Chỉ khi dòng điện tải bằng 0 mới được phép đổi việc cấp xung cho các nhóm chỉnh lưu.

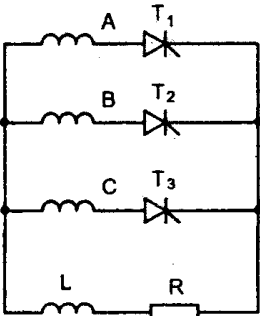
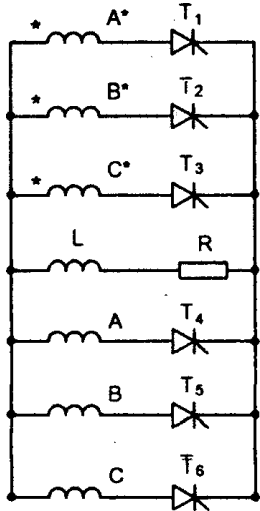
Điều khiển chung được thực hiện theo nguyên tắc điện áp các nhóm chỉnh lưu ngược nhau (điện áp chỉnh lưu được tính $U_{CL} = U_{CL0} \cdot \cos \alpha$, khi dòng điện tải liên tục). Một nhóm chỉnh lưu (ví dụ CL_1) làm việc ở chế độ chỉnh lưu với $U_{CL1} = U_{EF} > 0$, còn nhóm thứ hai (CL_2) làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới $U_{CL2} = U_{FE} < 0$. Từ đó thấy rằng ở nhóm chỉnh lưu CL_2 cũng có $U_{EF} > 0$. Nếu đảm bảo được trị số điện áp của hai bộ chỉnh lưu này bằng nhau (điều khiển các góc mở α_1 và α_2 bù nhau [14]) sẽ hạn chế được dòng điện cân bằng. Dù có đảm bảo cho $|U_{CL1}| = |U_{CL2}|$ thì vẫn có thể có thành phần dòng điện cân bằng tức thời chạy qua. Do đó khi điều khiển chung bắt buộc có các cuộn kháng hạn chế dòng điện cân bằng.

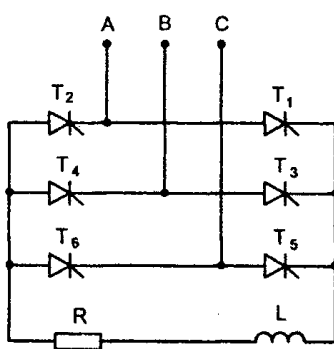
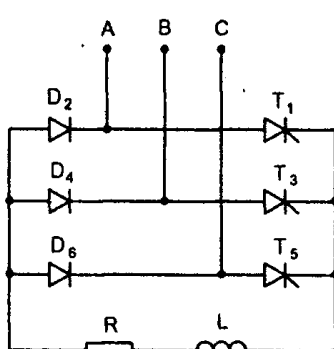
Trong thực tế, điều khiển riêng thường được dùng hơn, do không có dòng điện cân bằng chạy trong mạch. Mạch chỉnh lưu lúc đó làm việc an toàn hơn.

Bảng 1.1 CÁCH HỆ SỐ CƠ BẢN CỦA CÁC SƠ ĐỒ CHỈNH LƯU

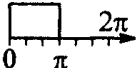
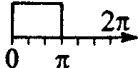
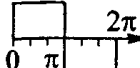
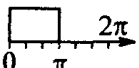
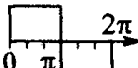
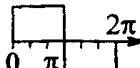
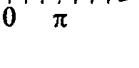
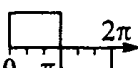
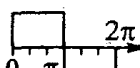
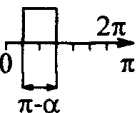
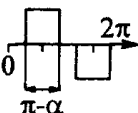
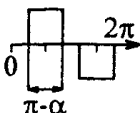
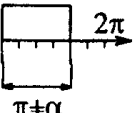
Sơ đồ chỉnh lưu	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính U_d		Hệ số điện áp	
		Tải thuần trở		Chỉnh lưu	So với điện áp tải
		Dòng điện liên tục	Dòng điện gián đoạn	$k_u = U_{do}/U_{2f}$	$k_{n1} = U_n/U_{do}$
a		$U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$U_{do} \cdot \cos \alpha$	$\frac{\sqrt{2}}{\pi}$ 0,45
chuẩn chỉnh lưu		$U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$U_{do} \cdot \cos \alpha$	$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9 π 3,14

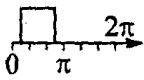
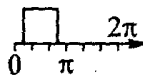
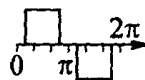
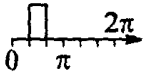
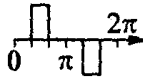
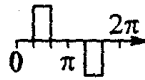
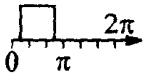
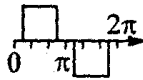
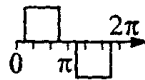
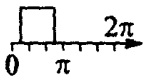
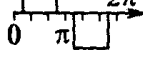
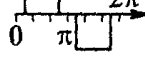
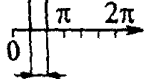
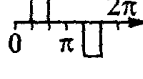
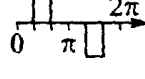
Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính U_d		Hệ số điện áp	
	Tải thuần trở		Chỉnh lưu	So với điện áp tải
	Dòng điện liên tục	Đòng điện gián đoạn	$k_u = U_{do}/U_{2f}$	$k_{n1} = U_n/U_{do}$
	$U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9	$\frac{\pi}{2}$ 1,57
 	$U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ 0,9	$\frac{\pi}{2}$ 1,57

Số u	Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính U_d		Hệ số điện áp		
		Tải thuần trở		Tải điện cảm (dòng liên tục)	Chỉnh lưu	Số với điện áp tải
		Dòng điện liên tục	Dòng điện gián đoạn		$k_u = U_{d0}/U_{2f}$	$k_{n1} = U_n/U_{d0}$
		$U_{d0} \cdot \cos \alpha$ khi $\alpha < \frac{\pi}{6}$	$\frac{U_{d0}}{\sqrt{3}} \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{3} - \alpha \right) \right]$ khi $\alpha > \frac{\pi}{6}$	$U_{d0} \cdot \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{6}}{2\pi}$ 1,17	$\frac{2\pi}{3}$ 2,09
		$U_{d0} \cdot \cos \alpha$ khi $\alpha < \frac{\pi}{3}$	$U_{d0} \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{6} - \alpha \right) \right]$ khi $\alpha > \frac{\pi}{3}$	$U_{d0} \cdot \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{2}}{\pi}$ 1,35	

Sơ đồ chỉnh lưu	Điện áp tải được tính U_d		Hệ số điện áp	
	Tải thuần trở		Chỉnh lưu	So với điện áp tải
	Dòng điện liên tục	Đòng điện gián đoạn	$k_u = U_{do}/U_{2f}$	$k_{n1} = U_n/U_{do}$
u ba ều ĐX 	$U_{do} \cdot \cos \alpha$ khi $\alpha < \frac{\pi}{3}$	$U_{do} \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{6} - \alpha \right) \right]$ khi $\alpha > \frac{\pi}{3}$	$U_{do} \cdot \cos \alpha$	$\frac{3\sqrt{6}}{\pi}$ 2,34 $\frac{\pi}{3}$ 1,45
u ba ều KĐX 	$U_{do} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$		$\frac{3\sqrt{6}}{\pi}$ 2,34 $\frac{\pi}{3}$ 1,45	

ing 1.2 BẢNG CÁC HỆ SỐ DÒNG ĐIỆN VÀ BIẾN ÁP CỦA CÁC SỐ ĐỘ CHÍNH LƯU

	Hệ số dòng điện							HSCS	
Số độ lệch	Van bán dẫn			Thứ cấp biến áp		Sơ cấp biến áp		$k_s = \frac{S_{ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s1} = \frac{S_{11}}{S_{11max}}$
	Hình dáng dòng điện	TB $k_{tb} = I_v/I_d$	Hiệu dụng $k_{hd} = I_{hd}/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_2 = I_2/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_1 = I_1/k_{ba} \cdot I_d$		
2	3	4	5	6	7	8	9		
0		$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		1,0	1,48	1
KĐX		$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		1,0		1,0	1,23	1
pha		$\frac{1}{2}$ 0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71		$\frac{\sqrt{\pi-\alpha}}{\sqrt{\pi}}$		$\frac{\sqrt{\pi-\alpha}}{\sqrt{\pi}}$		
Tiristor		$\frac{\pi-\alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi-\alpha}}{\sqrt{2\pi}}$		$\frac{\sqrt{\pi-\alpha}}{\sqrt{\pi}}$		$\frac{\sqrt{\pi-\alpha}}{\sqrt{2\pi}}$	1,23	1
Diôt		$\frac{\pi+\alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi+\alpha}}{\sqrt{2\pi}}$						

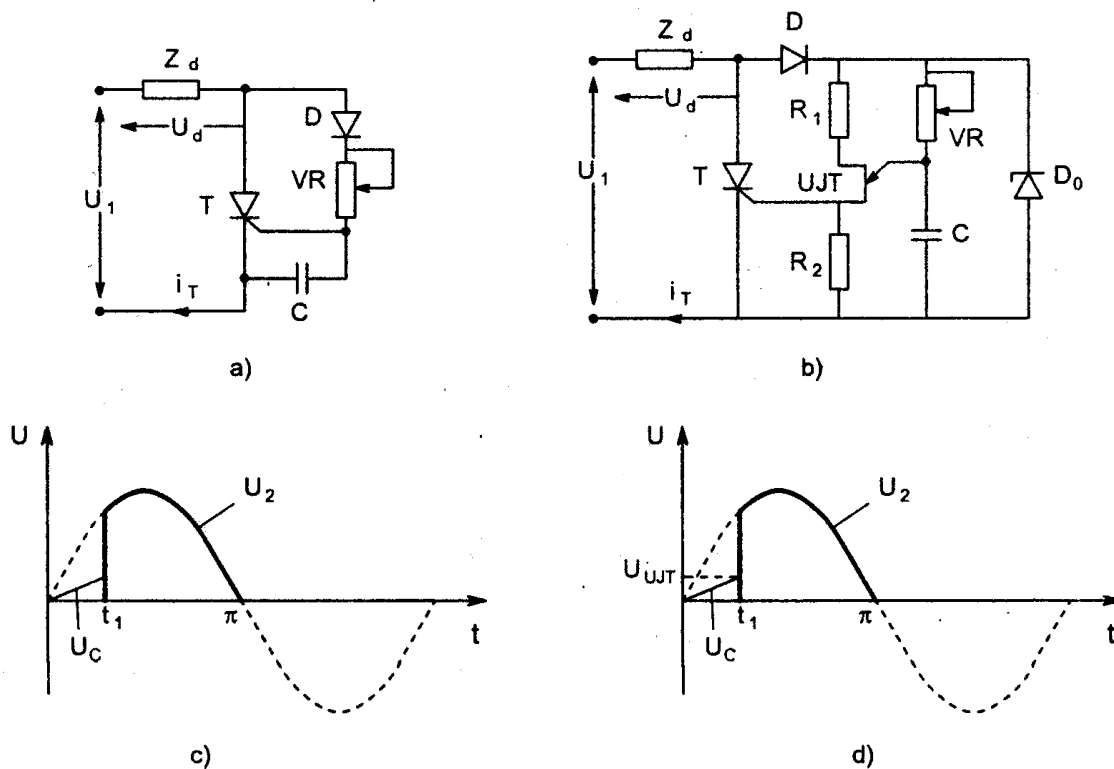
đồ vẽ	Hệ số dòng điện							HSCS b	
	Van bán dẫn			Thứ cấp biến áp		Sơ cấp biến áp		$k_s = \frac{S_{ba}}{P_{dmax}}$	$k_{s1} = \frac{S_{1ba}}{I_{1ba} I_{dmax}}$
	Hình dáng dòng điện	TB $k_{tb} = I_v/I_d$	Hiệu dụng $k_{hd} = I_{hd}/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_2 = I_2/I_d$	Hình dáng dòng điện	$k_1 = I_1/k_{ba} \cdot I_d$		
ha		$\frac{1}{3}$ 0,33	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82	1,345	1,20
ha		$\frac{1}{6}$ 0,17	$\frac{1}{\sqrt{6}}$		$\frac{1}{2\sqrt{3}}$ 0,29		$\frac{1}{\sqrt{2}}$ 0,71	1,26	1,05
ha		$\frac{1}{3}$ 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
ha	$\alpha < \pi/3$ 	$\frac{1}{3}$ 0,33	$\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0,58		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82		$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 0,82		
	$\alpha > \pi/3$ 	$\frac{\pi - \alpha}{2\pi}$	$\frac{\sqrt{\pi - \alpha}}{\sqrt{2\pi}}$		khi $\alpha < \pi/3$		khi $\alpha < \pi/3$		

I.2. Mạch điều khiển

1. Mạch điều khiển tiristor đơn giản

Mạch điều khiển đơn giản của tiristor giới thiệu trên hình 1.17a,c

Nguyên lý điều khiển của mạch hình 1.17a như sau: Khi điện áp nguồn cấp đổi dấu (dương anốt của tiristor) tụ C được nạp qua D-VR, tới đủ ngưỡng mở tiristor tại t_1 . Tiristor được mở từ t_1 tới π (như đường nét đậm hình 1.17c). Tuy nhiên, việc mở tiristor tại điểm t_1 phụ thuộc đặc tính tiristor. Đặc tính này có thể thay đổi trong quá trình sử dụng tiristor, làm cho thời điểm mở tiristor thiếu chính xác. Để khắc phục nhược điểm này, sơ đồ hình 1.17b được ứng dụng khá nhiều.



Hình 1.17. Điều khiển Tiristor bằng sơ đồ đơn giản

Nguyên lý hoạt động sơ đồ hình 1.17b như sau: Khi điện áp nguồn cấp đổi dấu (dương anốt của tiristor), tụ C nạp đến ngưỡng thông tranzitor đơn nối (UJT), tụ C phóng điện qua UJT làm cho UJT dẫn, có dòng điện chạy vào cực điều khiển tiristor, tiristor được dẫn từ t_1 tới π . Điểm t_1 trên sơ đồ hình 1.17d do ngưỡng thông của UJT quyết định, điện áp này ít có khả năng thay đổi hơn so với thông số của tiristor như điểm t_1 trên hình 1.17c.

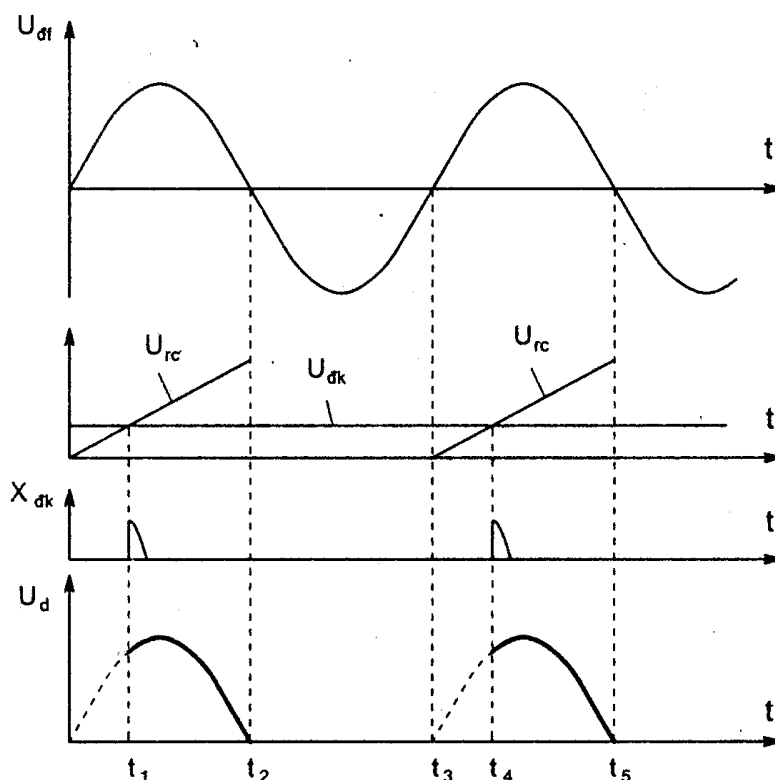
Đối với những bộ nguồn cần chất lượng điều khiển cao, mạch điều khiển được thiết kế phức tạp hơn. Chúng ta sẽ nghiên cứu chi tiết về nguyên lý điều khiển này.

2. Thiết kế mạch điều khiển theo nguyên tắc thẳng đứng

a) Nguyên lý điều khiển

Điều khiển Tiristor trong sơ đồ chỉnh lưu hiện nay có nhiều phương pháp khác nhau, 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 1.18.

Khi điện áp xoay chiều hình sin (U_{df}) đặt vào anốt của Tiristor. Để có thể điều khiển được góc mở α của Tiristor trong vùng điện áp dương anod, cần tạo một điện áp tựa dạng tam giác (thường gọi điện áp tựa là điện áp răng cưa U_{rc}). 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}) Tiristor được mở từ thời điểm có xung điều khiển (t_1, t_4) cho tới cuối bán kì (hoặc tới khi dòng điện bằng 0).

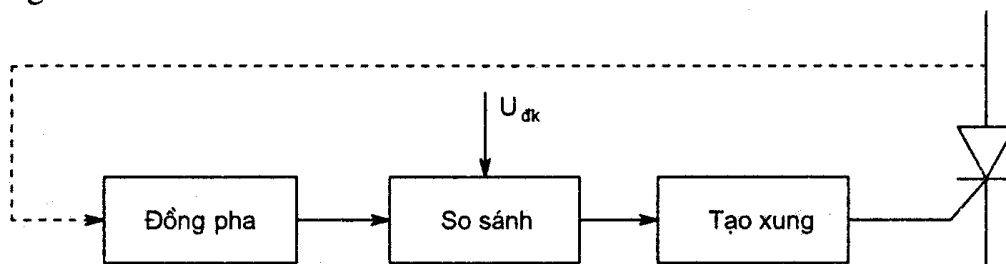


Hình 1.18. Nguyên lý điều khiển chỉnh lưu

Nguyên lý điều khiển thẳng đứng cosin tương tự như điều khiển thẳng đứng tuyến tính, do đó không giới thiệu chi tiết ở đây.

b) 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 1.19.

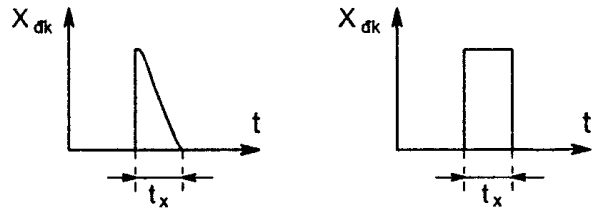


Hình 1.19. Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì

Nhiệm vụ của các khâu trong sơ đồ khối hình 1.19 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 Tiristor.

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



Hình 1.20. Hình dạng xung điều khiển Tiristor

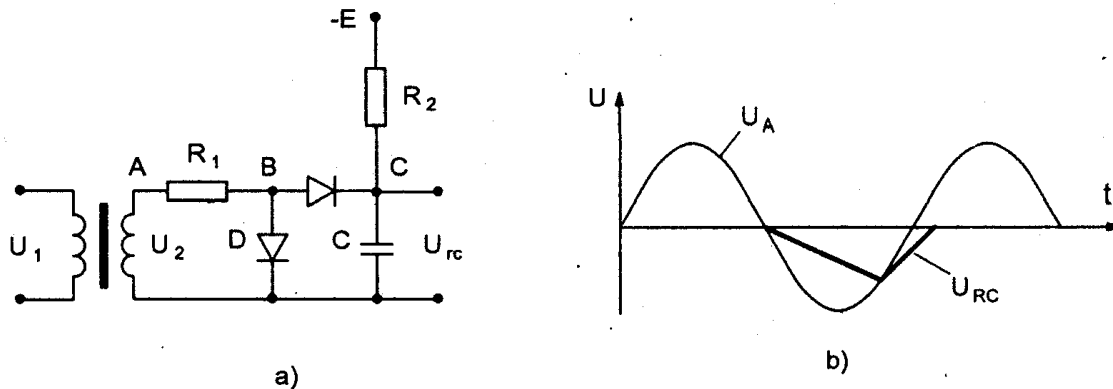
Khâu tạo xung có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristor. Xung để mở Tiristor có yêu cầu: sườn trước dốc thẳng đứng (hình 1.20), để đảm bảo yêu cầu Tiristor mở tức thời khi có xung điều khiển (thường gặp loại xung này là xung kim hoặc xung chữ nhật); đủ độ rộng (với độ rộng xung lớn hơn thời gian mở của Tiristor); đủ công suất; cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực (nếu điện áp động lực quá lớn).

c) Thiết kế sơ đồ nguyên lí

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

Khâu đồng pha

Sơ đồ hình 1.21a là sơ đồ đơn giản, dễ thực hiện với số linh kiện ít nhưng chất lượng điện áp tựa không tốt (hình 1.21b).

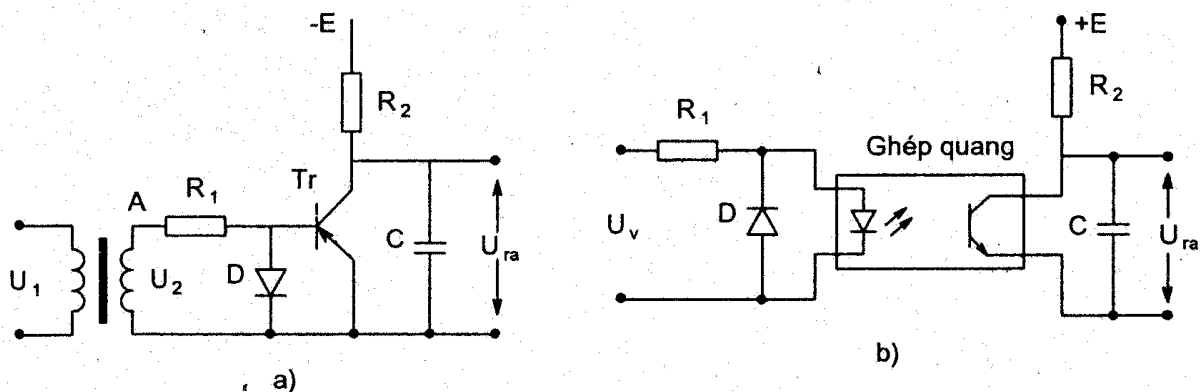


Hình 1.21. Khâu đồng pha dùng diốt và tụ điện

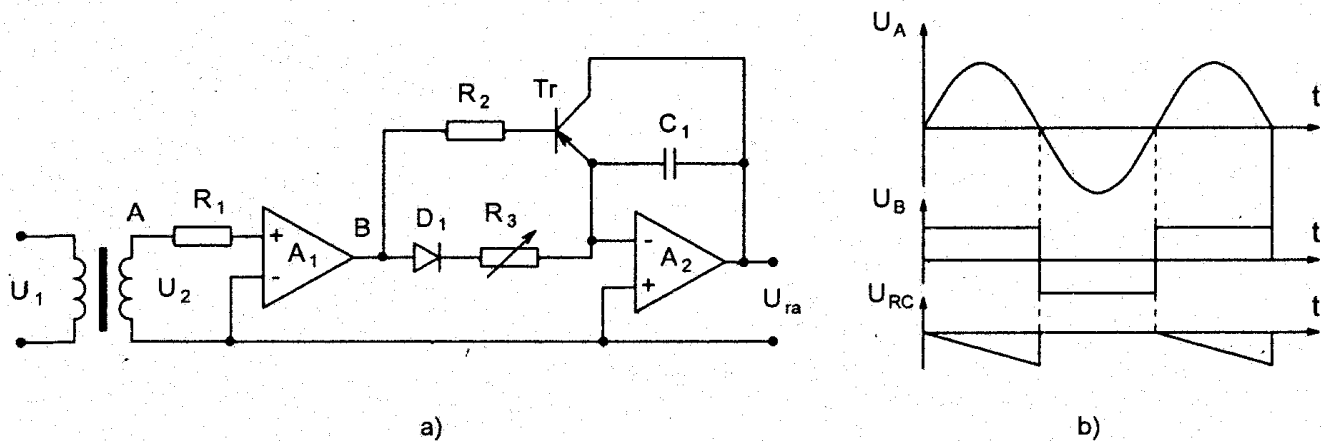
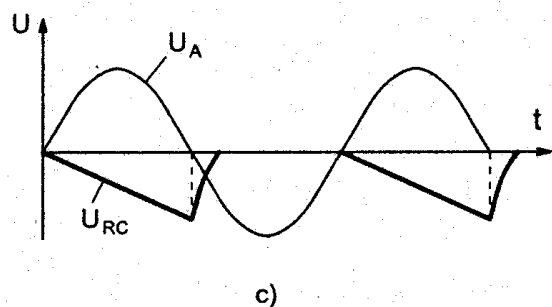
Khi điện áp $U_A > 0$ diốt D_1 dẫn làm cho tụ C ngắn mạch nên $U_{RC} = 0$, khi $U_A < 0$ D_1 , D_2 khoá tụ C nạp với hằng số thời gian nạp tụ $R_2.C$. Tụ còn nạp chừng nào $|U_{RC}| < |U_A|$. Từ thời điểm $|U_{RC}| > |U_A|$ tụ bắt đầu xả. Khi nào tụ xả hết điện áp $U_{RC} = 0$. Độ dài của phần biến thiên tuyến tính của điện áp tựa không phủ hết 180° . Do vậy, góc mở van lớn nhất bị giới hạn. Hay nói cách khác, nếu điều khiển 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 1.21a người ta sử dụng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng sơ đồ hình 1.22a. Khi điện áp $U_A > 0$ tranzitor Tr khoá, tụ C nạp. Khi $U_A < 0$ tranzitor dẫn, tụ C xả tạo thành điện áp răng cưa như hình 1.22c. 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.

Với sự ra đời của các linh kiện ghép quang, có thể sử dụng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng bộ ghép quang như hình 1.22b. Nguyên lý và chất lượng điện áp tựa của hai sơ đồ hình 1.22a,b tương đối giống nhau. Đường cong điện áp minh hoạ cho hình 1.22b tương tự như hình 1.22c nhưng điện áp U_{rc} nằm phía trên trục hoành (vì ở đây sử dụng tranzitor npn). Ưu điểm của sơ đồ hình 1.22b là không cần biến áp đồng pha, do đó có thể đơn giản hơn trong việc chế tạo và lắp đặt.



Hình 1.22. Khâu đồng pha dùng tranzito
 a) Dùng tranzito ; b) Dùng bộ ghép quang ;
 c) Đường cong điện áp



Hình 1.23. Khâu đồng pha dùng KĐTT
 a) Sơ đồ ; b) Các đường cong điện áp các khâu

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 đồng pha lân cận 0 không được như ý muốn.

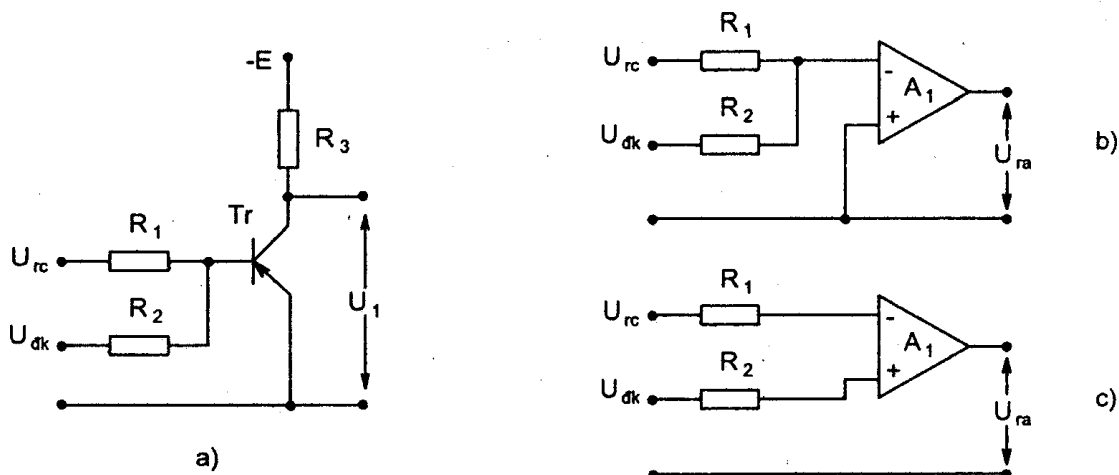
Ngày nay các vi mạch được chế tạo ngày càng nhiều, chất lượng ngày càng cao, kích thước ngày càng gọn, ứng dụng các vi mạch vào thiết kế mạch đồng pha có thể cho chất lượng điện áp tựa tốt. Trên hình 1.23a giới thiệu sơ đồ tạo điện áp tựa dùng khuếch đại thuật toán (KĐTT) và hình 1.23b là đường cong minh hoạ hoạt động của sơ đồ.

Khâu so sánh

Muốn xác định được thời điểm mở tiristor, tiến hành 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 1.24a. Tại thời điểm $U_{dk} = U_{rc}$ ở 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 xác định được thời điểm cần mở tiristor.

Mức độ mở bão hoà của Tr phụ thuộc vào tổng đại số $U_{dk} \pm U_{rc} = U_b$, tổng đại số này có một vùng điện áp nhỏ hàng mV, làm cho Tr không làm việc ở chế độ đóng cắt như mong muốn, do đó nhiều khi làm thời điểm mở tiristor bị lệch 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 μV) ở đầu vào, đầu ra đã có điện áp nguồn nuôi, việc ứng dụng KĐTT làm khâu so sánh là hợp lí. Các sơ đồ so sánh dùng KĐTT trên hình 1.24b,c rất thường gặp trong các sơ đồ mạch hiện nay. Ưu điểm hơn hẳn của các sơ đồ KĐTT là có thể phát xung điều khiển chính xác tại $U_{dk} = U_{rc}$.



Hình 1.24. Sơ đồ các khâu so sánh thường gặp

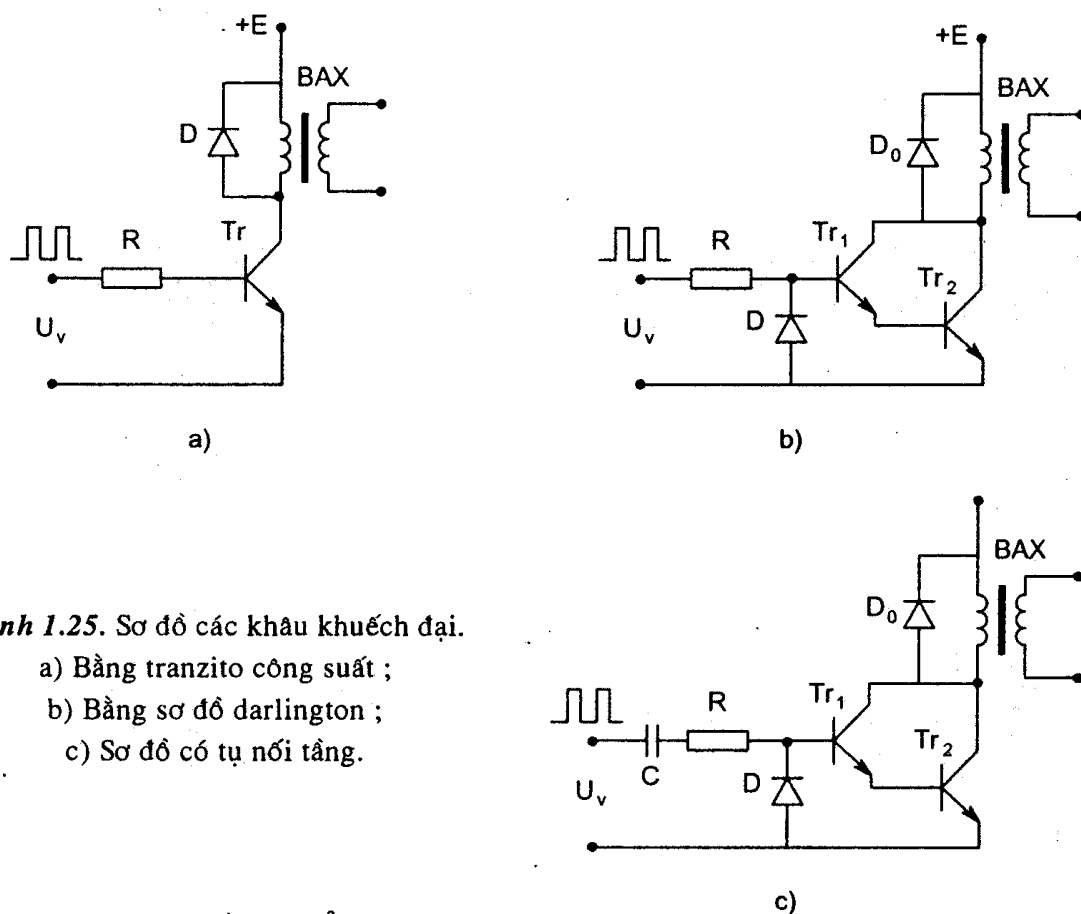
a) Bằng tranzito ; b) Cộng một cổng đảo của KĐTT ; c) Hai cổng KĐTT

Khâu khuếch đại

Với nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristor như đã nêu ở trên, tầng khuếch đại cuối cùng thường được thiết kế bằng Tranzitor công suất, như mô tả trên hình 1.25a. Để có xung dạng kim gủi tới Tiristor, ta dùng biến áp xung (BAX), diốt 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.

Tầng khuếch đại cuối cùng bằng sơ đồ darlington như trên hình 1.25b thường hay được dùng trong thực tế. Sơ đồ hình 1.25b 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 các tranzitor công suất dài (tối đa tới một nửa chu kỳ $- 0.01s$), làm cho công suất tỏa nhiệt dư của Tr quá lớn và kích thước dây quấn sơ cấp biến áp xung dư lớn. Để giảm nhỏ công suất tỏa nhiệt Tr và kích thước dây quấn BAX có thể thêm tụ nối tầng như hình 1.25c. 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.



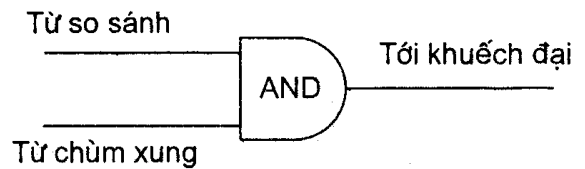
Hình 1.25. Sơ đồ các khâu khuếch đại.

- a) Bằng tranzito công suất ;
- b) Bằng sơ đồ darlington ;
- c) Sơ đồ có tụ nối tầng.

Tạo xung chùm điều khiển

Đối với một số sơ đồ mạch, để giảm công suất cho tầng khuếch đại, tăng số lượng xung kích mở (nhằm đảm bảo Tiristor mở một cách chắc chắn khi tiristor chất lượng

xấu) và đếm xung điều khiển của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, người ta hay phát xung chùm cho các Tiristor. Nguyên tắc phát xung chùm là trước khi vào tầng khuếch đại, ta đưa chèn thêm một cổng VÀ (AND) với tín hiệu vào nhận từ tầng so sánh và từ bộ phát xung chùm như hình 1.26.



Hình 1.26. Sơ đồ phối hợp tạo xung hàm.

Các sơ đồ tạo chùm xung có thể tìm hiểu trong các tài liệu [12, 13]. Hoặc có thể tham khảo một số sơ đồ tạo chùm xung giới thiệu trong chương 2 của tài liệu này.

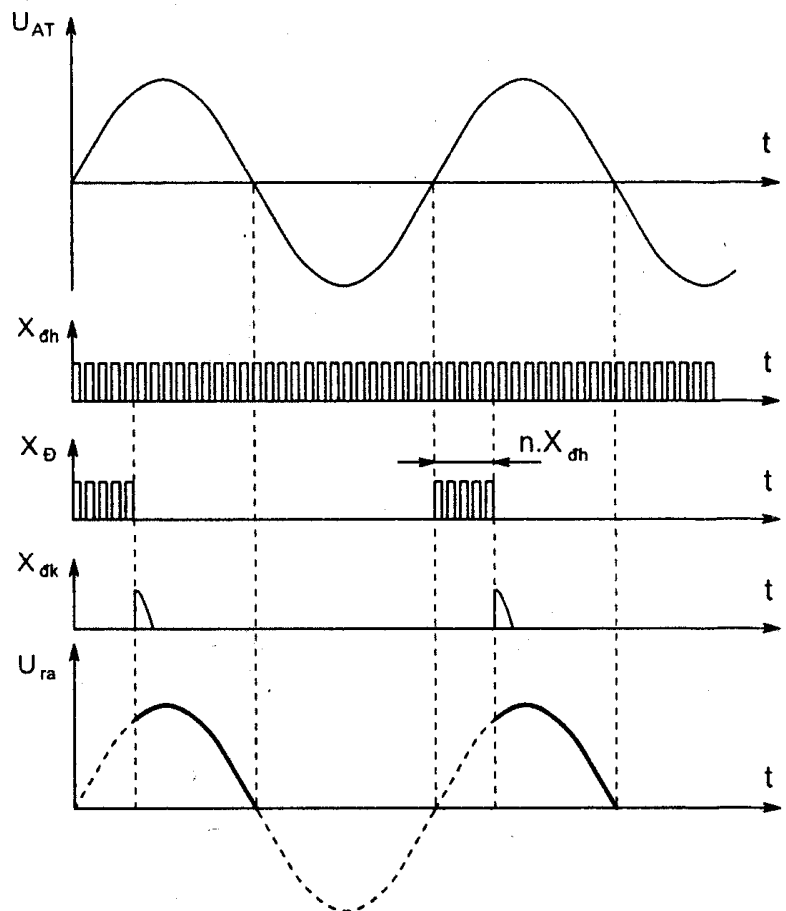
3. Thiết kế mạch điều khiển bằng mạch số

Nguyên lý điều khiển

Hiện nay sử dụng mạch số để điều khiển đang rất phổ biến. Có nhiều giải pháp khác nhau thiết kế mạch số để điều khiển tiristor. Dưới đây giới thiệu một trong những mạch đó.

Nguyên lý điều khiển được mô tả trên giản đồ hình 1.27 như sau:

Trong mạch điều khiển tạo xung đồng hồ (X_{dh}) có tần số cao. Khi điện áp anốt tiristor (U_{AT}) đổi dấu dương anốt tiến hành đếm xung đồng hồ. Số lượng xung đếm ($n.X_{dh}$) không đổi cho mỗi chu kỳ. Khi đủ số lượng xung đếm thì phát xung điều khiển (X_{dk}) tiristor. Tiristor được mở từ thời điểm có xung điều khiển tới khi điện áp anốt đổi dấu (U_{ra}).



Hình 1.27. Nguyên lý điều khiển tiristor bằng mạch số

Sơ đồ khối mạch điều khiển giới thiệu trên hình 1.28.

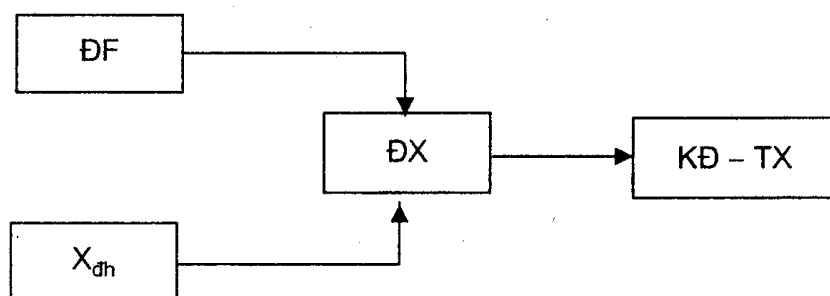
Mạch điều khiển gồm các khối sau:

ĐF – nhận tín hiệu điện áp anốt tiristor, tạo điện áp đồng pha. Tại các thời điểm điện áp đổi dấu có xung điện áp phát lệnh cho bộ đếm. Bắt đầu chu kỳ đếm xung.

X_{dh} – tạo xung đồng hồ tần số cao, tần số càng cao chất lượng điều khiển càng tốt.

ĐX – có nhiệm vụ đếm xung đồng hồ với số lượng xung cố định cho các chu kì, hết số lượng xung cần đếm thì phát lệnh mở tiristor.

KĐ – TX – có nhiệm vụ khuếch đại và tạo xung điều khiển. Chức năng của khâu này như đã giới thiệu ở trên.



Hình 1.28 Sơ đồ khối điều khiển tiristor trong mạch chỉnh lưu bằng mạch số

II – TRÌNH TỰ THIẾT KẾ BỘ NGUỒN CHỈNH LƯU

II.1. 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 việc tìm hiểu này 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 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 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 cũng có thể bỏ qua....

II.2. 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: cổ góp 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 cho phù hợp, cần tiến hành đánh giá 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, đánh giá cần chú ý: các thông số cơ bản, đặc điểm của sơ đồ khi có và không điều khiển, hoạt động của sơ đồ, ưu nhược điểm của chúng.

Qua việc phân tích ưu, nhược điểm của các sơ đồ 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.

II.3. 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. 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 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 chỉ cần cấp một xung (ở chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng phải cấp hai xung điều khiển cho hai Tiristor đồng thời), sơ đồ mạch điều khiển đơn giản hơn.

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng được dùng nhiều cho 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 diốt 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 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 anốt 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 ảnh hưởng của hài bậc ba lên lưới, đối với tải có công suất lớn sơ cấp biến áp thường nối tam giác. Để giảm tiết diện dây quấn thứ cấp biến áp, các cuộn dây thứ cấp biến áp có thể đấu tam giác (Δ).

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 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 1.1)

II.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.....

II.5. Thiết kế mạch điều khiển

Mạch điều khiển được thiết kế căn cứ vào yêu cầu của tải. Các bước thiết kế tham khảo trong mục 1.6 của tài liệu này

III – THIẾT KẾ MẠCH ĐỘNG LỰC

III.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 ΔU 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 :

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot U_2 \quad (1.7)$$

với $U_2 = U_d/k_u$ thay vào (1.7) lúc đó U_{lv} có thể tính

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot \frac{U_d}{k_u} \quad (1.8)$$

Trong đó:

U_d, U_2, U_{lv} : điện áp tải, điện áp nguồn xoay chiều, điện áp ngược của van;
 k_{nv}, k_u : các hệ số điện áp ngược và điện áp tải.

Các hệ số này tra từ bảng 1.1.

Để có thể chọn van theo điện áp hợp lí, thì điện áp ngược của van cần chọn phải lớn hơn điện áp làm việc được tính từ công thức (1.8), qua một hệ số dự trữ k_{dtU}

$$U_{nv} = k_{dtU} \cdot U_{lv} \quad (1.9)$$

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:

$$I_{hd} = k_{hd} \cdot I_d \quad (1.10)$$

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 1.2).

Để van bán dẫn có thể làm việc an toàn, không bị chọc thủng về nhiệt, cần phải chọn và thiết kế hệ thống toả nhiệt hợp lí. Theo điều kiện toả 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 có cánh toả 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 toả nhiệt với đủ diện tích bề mặt cho phép van làm việc tới 40% I_{dmv} ($I_{dmv} > 2,5 \cdot I_{lv}$), khi có cánh toả nhiệt đủ diện tích bề mặt và có quạt thông gió có thể cho phép van làm việc tới 70% I_{dmv} ($I_{dmv} > 1,4 \cdot I_{lv}$), 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 toả nhiệt xảy ra chậm, nhiệt độ toả ra môi trường không kịp. Vì vậy, theo

kinh nghiệm khi $\Delta P_v > 100 \text{ W/van}$ cần có quạt làm mát cưỡng bức. Chi tiết về cách chọn van tham khảo trong phần IV.

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: $U_d = 100 \text{ V}$, $I_d = 50 \text{ A}$.

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:

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

Dòng điện làm việc của van cần có

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

thay số vào với k_{hd} tra từ bảng 1.2 ta có

$$I_{lv} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 30,5 \text{ A}$$

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:

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

$$I_{dmv} = k_i \cdot I_{lv} = 4 \cdot 30,5 = 140 \text{ A (với điều kiện làm mát đã chọn } I_{lv} = (10 \div 40)\% I_{dmv} \text{ ở đây chọn } I_{lv} = 25\% I_{dmv})$$

Để có thể chọn được van cho làm việc với các thông số định mức cơ bản trên, tra bảng thông số các van (điốt, tiristor) 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 p.1, p.2):

Điốt loại 1N3089 với các thông số định mức:

- Dòng điện định mức của van $I_{dmv} = 150 \text{ A}$,
- Điện áp ngược cực đại của van $U_{nv} = 500 \text{ V}$,
- Độ sụt áp trên van $\Delta U = 1,2 \text{ V}$,
- Dòng điện rò $I_r = 1 \text{ mA}$,

Tiristor loại 151RC40 có các thông số định mức:

- Dòng điện định mức của van $I_{dmv}=150\text{ A}$,
- Điện áp ngược cực đại của van $U_{nv} = 400\text{ V}$,
- Độ sụt áp trên van $\Delta U = 1,7\text{ V}$,
- Dòng điện dò $I_r = 8\text{ mA}$,
- Điện áp điều khiển $U_{dk} = 2,5\text{ V}$,
- Dòng điện điều khiển $I_{dk} = 0,15\text{ A}$.

III.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

$$U_{do} = U_d + \Delta U_v + \Delta U_{ba} + \Delta U_{dn} \quad (1.11)$$

Trong đó : U_d – điện áp chỉnh lưu;

ΔU_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 ΔU_r và sụt áp trên điện cảm ΔU_l . Những đại lượng này khi chọn sơ bộ vào khoảng $(5 \div 10)\%$

ΔU_{dn} – sụt áp trên dây nối;

$$\Delta U_{dn} = R_{dn} \cdot I_d = (\rho \cdot l / S) \cdot I_d \quad (1.12)$$

2. Xác định công suất tối đa của tải

$$P_{dmax} = U_{do} \cdot I_d \quad (1.13)$$

3. Công suất biến áp nguồn cấp được tính

$$S_{ba} = k_s \cdot P_{dmax} \quad (1.14)$$

Trong đó: S_{ba} – công suất biểu kiến của biến áp [VA];

k_s – hệ số công suất theo sơ đồ mạch động lực, có thể tra ở bảng 1.2

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:

$$Q_{Fe} = k_Q \sqrt{\frac{S_{ba}}{m \cdot f}} \quad \text{cm}^2 \quad (1.15)$$

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 pha 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 với tần số 50 Hz có thể tính gần đúng

$$Q_{Fe} = 1,0 \sqrt{\frac{S_{ba}}{m}} \text{ cm}^2$$

5. Tính toán dây quấn biến áp

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

Tính toán thông số các cuộn dây quấn sơ cấp và thứ cấp, 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

$$W = \frac{U \cdot 10^4}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B} \quad \text{vòng} \quad (1.17)$$

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 [cm^2].

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

$$W = 45 \cdot \frac{U}{Q_{Fe}} \text{ [vòng]} \quad (1.18)$$

Thay các thông số điện áp sơ cấp U_1 , thứ cấp U_2 vào (1.17) hay (1.18) 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:

$$U_2 = \frac{U_{d0}}{k_U} \quad (1.19)$$

Trong đó: U_{d0} – tính từ (1.11);

k_U – tra từ hệ số điện áp chỉnh lưu bảng 1.1.

– 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 1.2. Với: $I_2 = k_2 \cdot I_d$, $I_1 = k_1 \cdot k_{ba} \cdot I_d$, các hệ số k_1 , k_2 được tra từ cột hệ số dòng điện → thứ cấp biến áp (k_2) và sơ cấp biến áp (k_1).

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

$$I_1 = \frac{S_{1ba}}{m \cdot U_1} \quad (1.20)$$

$$I_{21} = \frac{S_{21ba}}{m \cdot U_2} \quad (1.21)$$

$$S_{1ba} = k_{s1} \cdot P_{dmax} \quad (1.22)$$

$$S_{2ba} = k_{s2} \cdot P_{dmax} \quad (1.23)$$

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 1.2.

Tính tiết diện dây dẫn.

$$S_{Cu} = \frac{I}{J} \text{ mm}^2 \quad (1.24)$$

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

J – mật độ dòng điện trong biến áp thường chọn $2 \div 2,75 \text{ [A/mm}^2\text{]}$

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

$$d = \sqrt{\frac{4S_{Cu}}{\pi}} \quad (1.25)$$

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 p.4) để chọn kiểu và kích thước dây. Trường hợp không có dây dẫn kích thước tiêu chuẩn, cần phải chập nhiều sợi dây có kích thước tiêu chuẩn, sao cho đủ tiết diện cần thiết.

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 1.29) với các kích thước $Q_{Fe} = a.b$. Trong đó a – bề rộng trụ, b – bề dày trụ.

Nếu công suất lớn người ta chọn trụ nhiều bậc [5, 6].

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

Diện tích cửa sổ cần có:

$$Q_{cs} = Q_{cs1} + Q_{cs2} \quad (1.26)$$

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} – diện tích do cuộn sơ cấp và thứ cấp chiếm chỗ [mm^2];

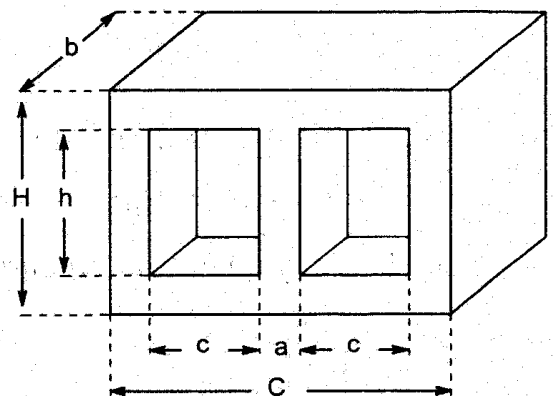
W_1, W_2 – số vòng dây sơ, thứ cấp;

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

k_{ld} – hệ số lấp đầy thường chọn $2,0 \div 3,0$.

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 $Q_{cs} = c.h$) 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 $m = 2 \div 4$; $n = 0,5 \div 2,5$; $l = 0,5 \div 1,5$; 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 để tính lại.



Hình 1.29. Sơ đồ kết cấu lõi thép biến áp

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

Hình dáng kết cấu mạch từ thể hiện như hình 1.29.

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:

* Số vòng dây trên mỗi lớp W_{11} :

Khi dây quấn tiết diện tròn được tính

$$W_{11} = \frac{h - 2h_g}{d_n} \quad (1.27)$$

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 $h_g = d_n$.

Khi dây quấn tiết diện hình chữ nhật được tính:

$$W_{11} = \frac{h - 2h_g}{b_n} \quad (1.28)$$

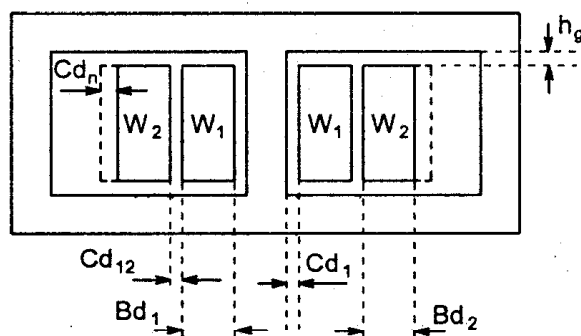
Trong đó: b_n - chiều rộng của dây quấn chữ nhật kể cả cách điện.

h_g - khoảng cách cách điện, khi dây quấn chữ nhật có kích thước lớn, thường chọn trong khoảng $(1 - 5) \text{ mm}$.

* Số lớp dây n_{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 một lớp W_{11}

$$n_{ld} = \frac{W}{W_{11}}$$

Các số liệu tính toán W_{11} , n_{ld} được làm tròn, theo nguyên tắc: số vòng làm tròn xuống (bỏ số lẻ), số lớp làm tròn lên (sau khi bỏ số lẻ phần nguyên cộng thêm 1).



Hình 1.30. Bố trí cuộn dây biến áp

Bề dày của mỗi cuộn dây bằng tổng bề dày của các lớp dây ($d \cdot n_{ld}$ – nếu là dây tròn và $a \cdot n_{ld}$ – nếu là dây chữ nhật) cộng cách điện các lớp dây trong cuộn dây cần tính $cd \cdot n_{ld}$.

$$Bd_{ct} = d \cdot n_{ld} + cd \cdot n_{ld} \quad (1.29)$$

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

$$Bd = Bd_1 + Bd_2 + \dots + cd_t + cd_n + cd_{l2} \quad (1.30)$$

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

cd_t, cd_n – bề dày cách điện trong cùng và ngoài cùng.

cd_{l2} – khoảng cách cách điện giữa các cuộn dây.

Trước khi tính khối lượng sắt và đồng cần kiểm tra xem cửa sổ đã chọn có hợp lý không. 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 là $\Delta c = c - Bd$ với biến áp một pha và $\Delta c = c - 2 \cdot Bd$ 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} :

$$M_{Fe} = V_{Fe} \cdot m_{Fe} \quad \text{kg} \quad (1.31a)$$

Trong đó:

$$V_{Fe} = V_{FeT} + V_{FeG}$$

$$V_{FeT} = Q_{FeT} \cdot m \cdot h : \text{thể tích trụ.}$$

$$V_{FeG} = Q_{FeG} \cdot 2 \cdot C : \text{thể tích gông.}$$

m – số trụ biến áp;

Q_{FeT}, Q_{FeG} – tiết diện trụ và gông.

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} :

$$M_{Cu} = V_{Cu} \cdot m_{Cu} \quad \text{kg} \quad (1.31b)$$

Trong đó:

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

$V_{Cu} = S_{Cu} \cdot l$ Với : S_{Cu} – tiết diện dây dẫn $[dm^2]$;

l – chiều dài dây quấn của cuộn dây $[dm]$;

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

Chiều dài dây quấn được tính bằng cách lấy chu vi trung bình mỗi vòng nhân với số vòng dây trong cuộn ($l = C_v \cdot W$). Các vòng của cuộn dây có chu vi khác nhau cho nên gần đúng có thể lấy chu vi trung bình để tính.

Khi coi cuộn dây là khối trụ tròn

Chiều dài trung bình của các vòng dây có thể tính gần đúng bằng $\pi \cdot D_{tb}$ khi đó:

$$l = W \cdot \pi \cdot D_{tb} \quad (1.32)$$

Trong đó:

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

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

Với: D_t, D_n – đường kính trong và ngoài của cuộn dây.

Đường kính trong của cuộn dây trong cùng được tính:

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

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:

$$D_n = D_t + 2 \cdot (d + cd) \cdot n_{ld}$$

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 ($C_v = 2 \cdot (a_{tb} + b_{tb})$), thì chiều dài dây đồng tính theo công thức:

$$l = W \cdot 2 \cdot (a_{tb} + b_{tb}). \quad (1.33)$$

Trong đó:

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

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

a_t, b_t – các kích thước trong của cuộn dây cần tính.

10. Điện trở ngắn mạch máy biến áp

$$R_{nm} = R_2 + \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 * R_1 \quad (1.34)$$

11. Tính tổng sụt áp bên trong biến áp

Điện áp rơi trên điện trở :

$$\Delta U_r = \left[R_2 + R_1 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 \right] I_d \quad (1.35)$$

Trong đó:

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

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

Với: $\rho = 0,0000172 \, \Omega \text{ mm}$ – điện trở suất của đồng;

l, S – chiều dài và tiết diện của dây dẫn [mm, mm²];

I_d – dòng điện tải một chiều [A].

Điện áp rơi trên điện kháng

$$\Delta U_x = m_f \cdot X_n \cdot I_d / \pi \quad (1.36)$$

Trong đó: m_f – số pha biến áp

$$X_n = 8\pi^2 W_2^2 \left(\frac{R_{bk}}{h} \right) \left[cd + \frac{Bd_1 + Bd_2}{3} \right] \omega 10^{-7} \quad (1.37)$$

Với :

W_2 – Số vòng dây thứ cấp biến áp.

R_{bk} – Bán kính trong cuộn dây thứ cấp [m²].

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 ÷ 1) mm, còn đối với những biến áp dòng lớn, cần phải cách ly bằng các dũa phíp có các độ dày lớn hơn) [m].

Bd_1, Bd_2 – Bề dày cuộn dây sơ và thứ cấp [m].

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

12. Tổng trở ngắn mạch máy biến áp

$$Z_{nm} = \sqrt{r_{nm}^2 + x_n^2} \quad (1.38)$$

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

$$U_{nm} \% = \frac{I_{dm} Z_{nm}}{U_{2dm}} 100 \quad (1.39)$$

14. Dòng điện ngắn mạch máy biến áp

$$I_{nm} = \frac{U_{2dm}}{Z_{nm}} \quad (1.40)$$

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 [5,6].

IV – TÍNH CHỌN CÁC THIẾT BỊ BẢO VỆ

IV.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.

1. Làm mát van bán dẫn

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°C – xem cột 8 bảng p.1 hay cột 12 bảng p.2). Do đó phải tìm cách bảo vệ quá nhiệt cho van bán dẫn.

Muốn bảo vệ quá nhiệt cho các van bán dẫn cần 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:

$$S_{\text{tn}} = \frac{\Delta P}{k_{\text{tn}} \tau} \quad (1.41)$$

Trong đó:

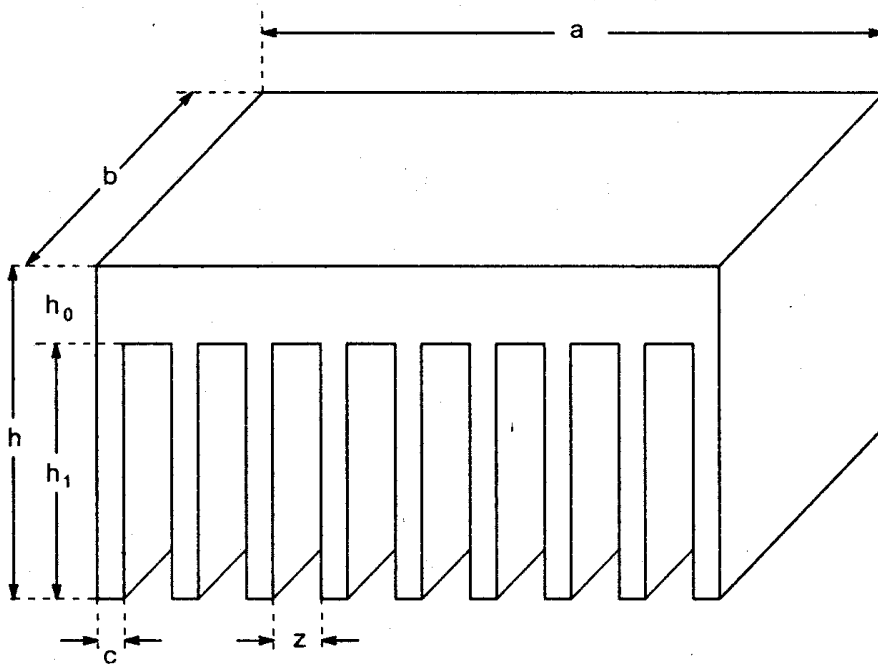
S_{tn} – diện tích bề mặt tỏa nhiệt [cm^2];

ΔP – tổn hao công suất [W];

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

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

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



Các kích thước cơ bản
nên chọn:

$a < 200 \text{ mm}$;

$b < 200 \text{ mm}$;

$h < 180 \text{ mm}$;

$h_0 = 5 \div 15 \text{ mm}$;

$c = 2 \div 3 \text{ mm}$;

$z = 5 \div 12 \text{ mm}$.

Hình 1.31. Hình dáng và kích thước giới hạn cho cánh tỏa nhiệt một van bán dẫn

Sau khi tính xong diện tích bề mặt tỏa nhiệt, tiến hành thiết kế (chọn) cánh tỏa nhiệt, sao cho đủ diện tích bề mặt đã tính. Cánh tỏa 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 tỏa nhiệt hiện nay có thể bán sẵn trên thị trường, hoặc thiết kế mới theo hình dáng tương tự như hình 1.31.

Trường hợp cánh tỏa nhiệt quá lớn, cần phải thay đổi phương thức tỏa 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:

a) Làm mát chỉ bằng vỏ van bán dẫn

Nếu công suất toả nhiệt khi van làm việc $\Delta P = U \cdot I_{hd} < 20W$, 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 $I_{dm} = 100A$, $\Delta U = 1V$, van này cho phép làm việc không cánh toả nhiệt với dòng điện tối đa tới $10A$, nhưng loại van với $I_{dm} = 500A$, $\Delta U = 1V$ cho phép làm việc tối đa tới $20A$ ($\Delta P = 20W$) mặc dù tính tỷ số phần trăm có thể là 10% . $I_{dm} = 50A$.

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. Vì lý do hạn chế của tốc độ dẫn nhiệt, khi van bán dẫn được làm mát bằng cánh toả nhiệt, chỉ nên cho van làm việc với dòng điện $I_v < 40\% \cdot I_{dm}$ và tổn hao trên van không vượt quá $100W$. Ví dụ: van có $I_{dm} = 100A$, $\Delta U = 1V$ cho phép làm việc với cánh toả nhiệt nhôm ở dòng điện tối đa $40A$, trong khi đó loại van với thông số $I_{dm} = 500A$, $\Delta U = 1V$ không được phép làm việc tới $200A$, vì công suất toả nhiệt $\Delta P = \Delta U \cdot I = 200W$ 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 toả nhiệt, nhiệt độ xung quanh cánh toả nhiệt thấp hơn, tốc độ dẫn nhiệt ra môi trường xung quanh tốt hơn, hiệu suất toả nhiệt cao hơn. Do đó, cho phép làm việc với dòng điện tối đa tới $70\% I_{dm}$ ($I_v < 70\% I_{dm}$).

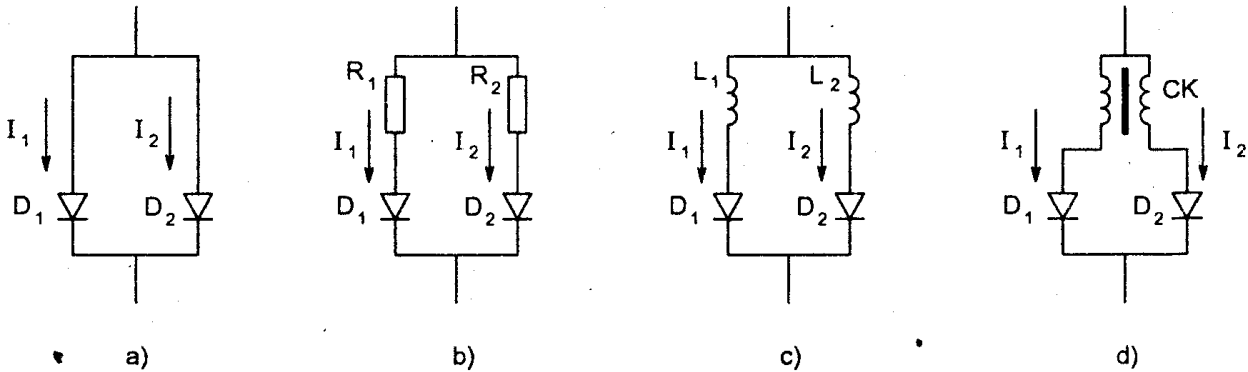
Thường thường đối với các loại nguồn công suất, để giữ an toàn cho các van bán dẫn người ta thường thiết kế quạt làm mát cưỡng bức ngay cả trong trường hợp dòng tải không quá lớn so với dòng định mức của van. Với công suất toả nhiệt cỡ vào khoảng $100W$ / van là cần có quạt làm mát cưỡng bức.

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, lúc đó có thể coi độ dẫn điện của nước không đáng kể.

2. Mắc song song van bán dẫn

Trong trường hợp dòng điện làm việc quá lớn (so với dòng cho phép làm việc khi có xét tới điều kiện toả 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 1.29.



Hình 1.32. 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.

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 tính

$$\Delta I = I_1 - I_2 = \frac{\Delta U}{R_{2dg}} \quad (1.42)$$

Trong đó: ΔU – 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 1.32b) 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 có thể thay thế điện trở bằng các cuộn dây điện cảm (hình 1.32c). Thường các cuộn cảm này được chế tạo có lõi không khí.

Ở sơ đồ hình 1.32d, 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.

IV.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 điện áp ảnh hưởng lớn nhất tới van bán dẫn mà 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.

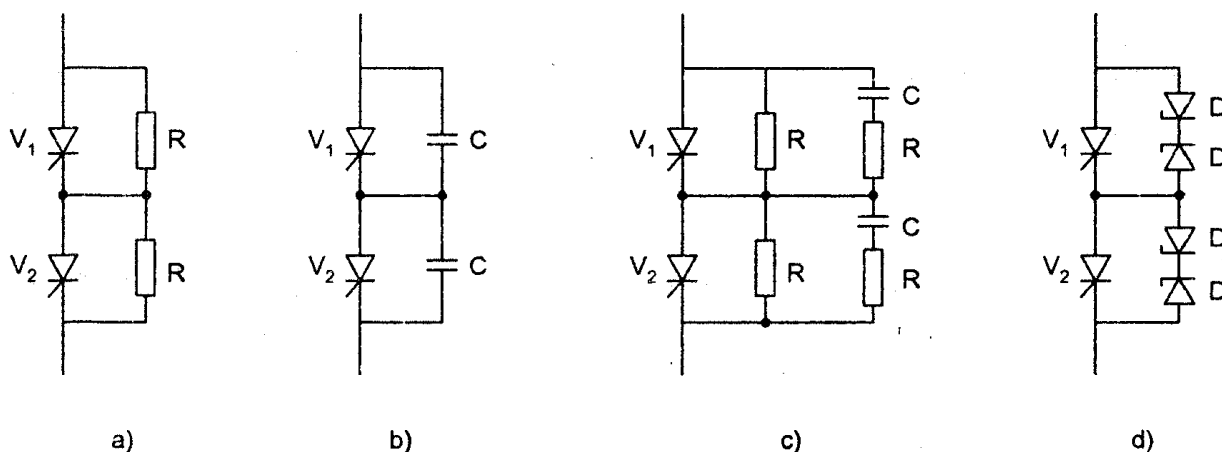
Để bảo vệ van khi làm việc dài hạn mà không bị quá điện áp, cần chọn đúng các van bán dẫn theo điện áp ngược.

Các phương pháp bảo vệ van bán dẫn như sau:

a) Mắc nối tiếp van bán dẫn

Sau khi tính được trị số điện áp làm việc của van theo (1.8) và (1.9) tiến hành chọn van theo điện áp, trị số điện áp van được chọn phải lớn hơn trị số tính được từ (1.9).

Trong trường hợp không có van điện áp cao, phải tiến hành mắc nối tiếp các van. Khi mắc nối tiếp các van, yêu cầu 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 trên giới thiệu ở hình 1.33.



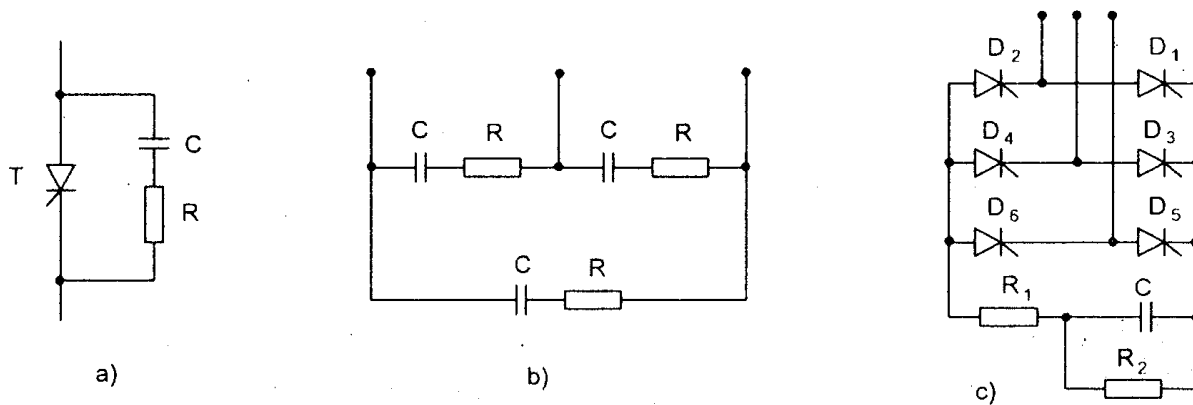
Hình 1.33. Sơ đồ mắc nối tiếp các van

Thường gặp nhất trong thực tế, phân bố đều điện áp khi mắc nối tiếp người ta hay mắc theo sơ đồ hình 1.33a. Sơ đồ này đơn giản dễ thực hiện. Ngoài sơ đồ này ra, có thể phân bố điện áp bằng tụ như hình 1.33b,c. hoặc sử dụng các điốt ổn áp để phân bố điện áp (hình 1.33d).

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

Bảo vệ xung điện áp do quá trình đóng cắt các van được dùng mạch $R - C$ mắc song song với các van bán dẫn. Sơ đồ đơn giản của loại mạch này mô tả trên hình 1.34a. Khi có sự chuyển mạch, do phóng điện từ van ra ngoài tạo nên xung điện áp trên bề mặt tiếp giáp P-N. 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 [1] hoặc người ta có thể chọn gần đúng $R = (5 \div 30) \Omega$, $C = (0,5 \div 4) \mu F$ [4].



Hình 1.34. Bảo vệ thiết bị điện tử khỏi chọc thủng do xung điện áp

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

Để bảo vệ xung điện áp từ lưới điện, mắc song song với tải ở đầu vào một mạch R – C, nhằm lọc xung như mô tả trên hình 1.34b. 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 [4] $R = (5 \div 20) \Omega$, $C = 4 \mu F$.

d) 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 diốt công suất bé, như mô tả trên hình 1.34c. Trị số tụ C trong trường hợp này có thể được tính:

$$C = 30 \frac{I_{\mu}}{K_{Tu}^2 - 1} \times \frac{I_2}{U_2} \quad (1.43)$$

Trong đó: I_{μ} – 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.

V – TÍNH TOÁN CUỘN KHÁNG LỘC DÒNG ĐIỆN

V.1 Tính toán cuộn kháng lọc dòng điện đập mạch

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 sẽ 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 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÷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:

$$L_L = \frac{U_{dn.max} \cdot 100}{\sqrt{2} \cdot K \cdot m \cdot \omega \cdot I_1^* \% I_{dm}} \quad (1.44)$$

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;

$U_{dn.max}$ – 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 $U_{dn.max}$ có thể được xác định theo công thức [4].

$$\frac{U_{dn.max}}{U_{d0}} = \frac{2 \cos \alpha}{K^2 \cdot m^2 - 1} \sqrt{1 + K^2 \cdot m^2 \cdot \tan^2 \alpha} \quad (1.45)$$

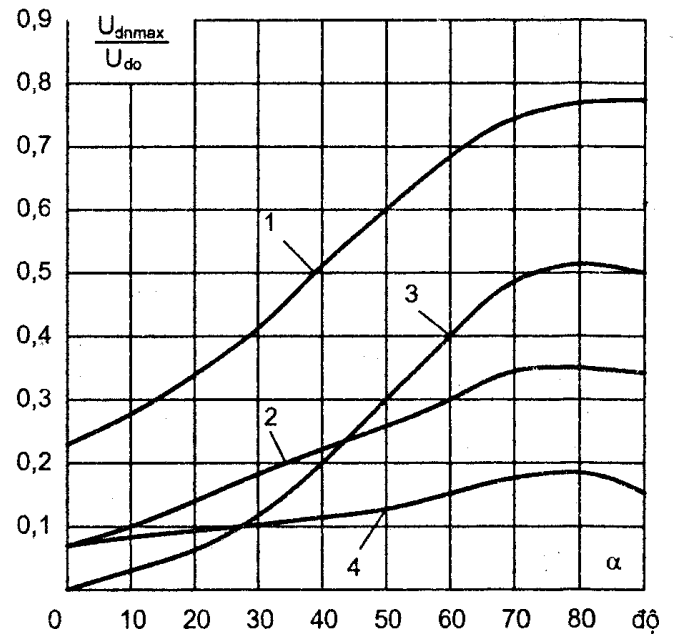
Trong đó:

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

α – góc điều khiển van bán dẫn [rad./s].

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 α của các sơ đồ chỉnh lưu cầu và tia ba pha xây dựng theo công thức (1.45) mô tả trên hình 1.35.



Hình 1.35. Quan hệ giữa biên độ sóng hài bậc nhất với góc mở van bán dẫn α

Các đường cong 1,2 trên hình 1.35 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 α nhỏ, thành phần sóng hài với $K = 2$ và $K.m = 6$ (đường 4 trên hình 1.35) là nhỏ. Khi góc điều khiển bắt đầu từ $\alpha = 25^\circ$ thành phần hài bậc nhất $K = 1$ (đường 3 trên hình 1.35) 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 điện áp chỉnh lưu định mức của sơ đồ chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng 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 (1.44) và xác định biên độ điện áp sóng hài theo (1.45) hay theo các đường cong hình 1.35, thường tính cho trường hợp góc mở van lớn nhất α_{max} .

Muốn có góc mở van lớn nhất $\alpha_{\max}$, cần xác định được điện áp cực tiểu $U_{\text{dm}\min}$ theo yêu cầu về dải điều khiển điện áp của tải. Từ $U_{\text{dn}\min}$, theo các công thức tính điện áp tải của chỉnh lưu trong bảng 1.1 cột 4 xác định được góc $\alpha_{\max}$ cần thiết. Từ $\alpha_{\max}$ tra đường cong trên hình 1.35 (hay tính theo công thức 1.45) ta có được $U_{\text{dn}\max}$. Thay $U_{\text{dn}\max}$ vào (1.44) 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:

$$L_{\text{ckL}} = L_L - L_d - L_{\text{BA}} \quad (1.46)$$

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.

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 [7]:

$$L_d = K_d \frac{30U_{\text{dm}}}{\pi I_{\text{dm}} n_{\text{dm}} p} \quad (1.47)$$

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 (1.36). Trường hợp biến áp có thông số của nhà chế tạo, điện cảm có thể tính gần đúng theo công thức:

$$L_{\text{BA}} \approx 2 \frac{u_n \% U_{2f}}{\omega \cdot I_{2f} \cdot 100} \quad \text{H} \quad (1.48)$$

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.

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

a) Các thông số cần cho thiết kế

– Điện cảm của cuộn kháng lọc tính theo (1.44) khi tải không điện cảm (thuần trở), theo (1.46) khi tải có điện cảm.

– Dòng điện định mức chạy qua cuộn kháng I_{dm} (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

$$Z_{CKL} = X_{CKL} = \omega \cdot L_{CKL} = 2\pi f \cdot m \cdot L_{CKL} \quad (1.49)$$

Trong đó:

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

m – số lần đập mạch của sơ đồ chỉnh lưu.

b) Các bước tính toán

1. Tính điện áp rơi trên cuộn kháng:

$$\Delta U_{CKL} = Z_{CKL} \cdot I_{\sim(1)} \quad (1.50)$$

2. Tính công suất cuộn kháng lọc:

$$P_{CKL} = \Delta U_{CKL} \cdot I_{\sim(1)} \quad (1.51)$$

3. Tính toán lõi thép cuộn kháng lọc.

Tiết diện lõi thép cuộn kháng lọc:

$$Q_{Fe} = k \cdot \sqrt{\frac{P_{CKL}}{f'}} \quad (1.52)$$

Trong đó:

Q_{Fe} – tiết diện lõi thép [cm^2];

P_{CKL} – công suất cuộn kháng [W];

$f' = f \cdot m$ với : m – số lần đập mạch trong một chu kỳ;

$k = 5 \div 6$ 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, trong cuộn kháng xuất hiện một sức điện động tự cảm, trị số sức điện động này được tính:

$$\begin{aligned} E_{CKL} &= 4,44.k_{dq}.W.f'.\phi. \\ &= 4,44.k_{dq}.W.f'.B.Q_{Fe} \end{aligned} \quad (1.53)$$

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, (chọn $B = 1,1 \div 1,8$);

Q_{Fe} – tiết diện hiệu quả lõi thép.

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

$$W_{CK} = \frac{\Delta U_{CKL}}{4,44.k_{dq}.f'.B.Q_{FE}} \quad (1.54)$$

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 [5,6].

V.2. Tính toán cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn

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. Khi động cơ điện một chiều làm việc ở chế độ dòng điện gián đoạn, đặc tính cơ có chất lượng rất xấu [14]. Thiết kế cuộn kháng, nhằm hạn chế vùng làm việc gián đoạn của dòng điện đối với 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 $\frac{2\pi}{m}$, 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 biên liên tục t_{blt} , tương ứng với góc mở van $\alpha_{blt} = \omega t_{blt}$ (tính từ gốc toạ độ của đường cong điện áp hình sin, hoặc là góc mở van tính từ góc thông tự nhiên) thì dòng điện tải liên tục.

Xét trường hợp ví dụ tải là động cơ điện một chiều.

Từ sơ đồ thay thế của hệ thống chỉnh lưu – động cơ (CL – ĐC) [14] ta có phương trình vi phân:

$$U_{2m} \sin(\omega t + \alpha_0) = E_{dc} + \Delta U_v + R \cdot i_u + L \cdot \frac{di_u}{dt} \quad (1.55)$$

Đặt: $T = L/R$ – hằng số thời gian điện từ của mạch tải;

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

Giải phương trình (1.55) ta được nghiệm của phương trình vi phân:

$$i_u = [R \cdot I_0 + E_{dc} - U_{2m} \cos \varphi \sin(\alpha_0 - \varphi)] \exp(-\omega t \cdot \cos \varphi) - E_{2m} \cdot \sin(\omega t + \alpha_0 - \varphi) \quad (1.56)$$

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 có thể phân tích thành thành phần 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 :

$$i_u = \frac{m}{2\pi} \int_0^\lambda i_u \cdot d\omega t = \frac{m}{2\pi} \cdot \frac{1}{R} \cdot \left[U_{2m} \cdot \sin\left(\alpha_0 + \frac{1}{2}\lambda\right) - \frac{1}{2}\lambda E_{dc} \right] \quad (1.57)$$

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 kì 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 α_{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]:

$$L_{gd} = \frac{1}{\omega} \left[\frac{U_{d0}}{I_{dgh}} \cdot k_{gh} - X_{BA} \right] \quad (1.58)$$

Trong đó:

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

$\omega = 2\pi f.m$ – tần số góc của dòng điện, với $f = 50$ Hz;

U_{do} – 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 $I_{dgh} \leq 0,05I_{dm}$.

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

Hệ số k_{gh} được tính [4]:

$$k_{gh} = \left(1 - \frac{\pi}{m} \cot \alpha\right) \sin \alpha \quad (1.59)$$

Để đơn giản trong việc tính biểu thức (1.59), quan hệ giữa k_{gh} và góc mở van bán dẫn theo (1.59) có thể xây dựng thành đồ thị như biểu diễn trên hình 1.36.

Tóm lại, để tính được điện cảm của cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn cần thực hiện các bước sau :

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

– Thay vào (1.59) (hoặc tra theo hình 1.36) ta được hệ số k_{gh} .

– Thay hệ số k_{gh} vào (1.58) 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.

$$L_{CKgd} = L_{gd} - L_d \quad (1.60)$$

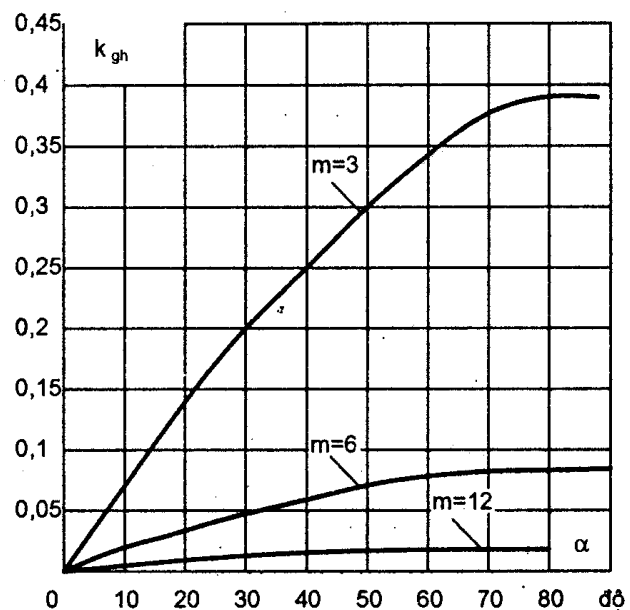
2. Thiết kế cuộn kháng hạn chế dòng điện gián đoạn

a) Thông số cần có

Điện cảm của cuộn kháng tính theo (1.60).

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

Giá trị dòng điện gián đoạn giới hạn.



Hình 1.36. Quan hệ giữa hệ số k_{gh} theo góc mở α

b) Trình tự tính toán

1. Tính tổng trở của cuộn kháng:

$$Z_{CKgd} = R_{CK} + 2\pi \cdot f' \cdot L_{CKgd} \quad (1.61)$$

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:

$$Z_{CKgd} = 2\pi \cdot f' \cdot L_{CKgd} \quad (1.62)$$

Trong đó: $f' = f \cdot m$.

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

$$P_{CKgd} = \Delta U_{CK} \cdot I_{gh} \quad (1.63)$$

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

3. Tính tiết diện lõi thép cuộn kháng

$$Q_{FE} = k \cdot \sqrt{\frac{P_{CKgd}}{f'}} \quad (1.64)$$

với: $k = 5 \div 6$, $f' = 50 \cdot m$.

Bảng 1.3

	Số pha	Số lần đập mạch	Điện cảm mạch chỉnh lưu, L_d [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 đương 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	$L_d = \frac{1}{\omega} \left(0,126 \cdot \frac{U_{2d}}{I_{dgh}} \sin \alpha - 2x_{fBA} \right)$

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_{gd} , sức điện động này được xác định theo công thức:

$$E_{gd} = 4,44 \cdot k_{dq} \cdot W \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe} \quad (1.65)$$

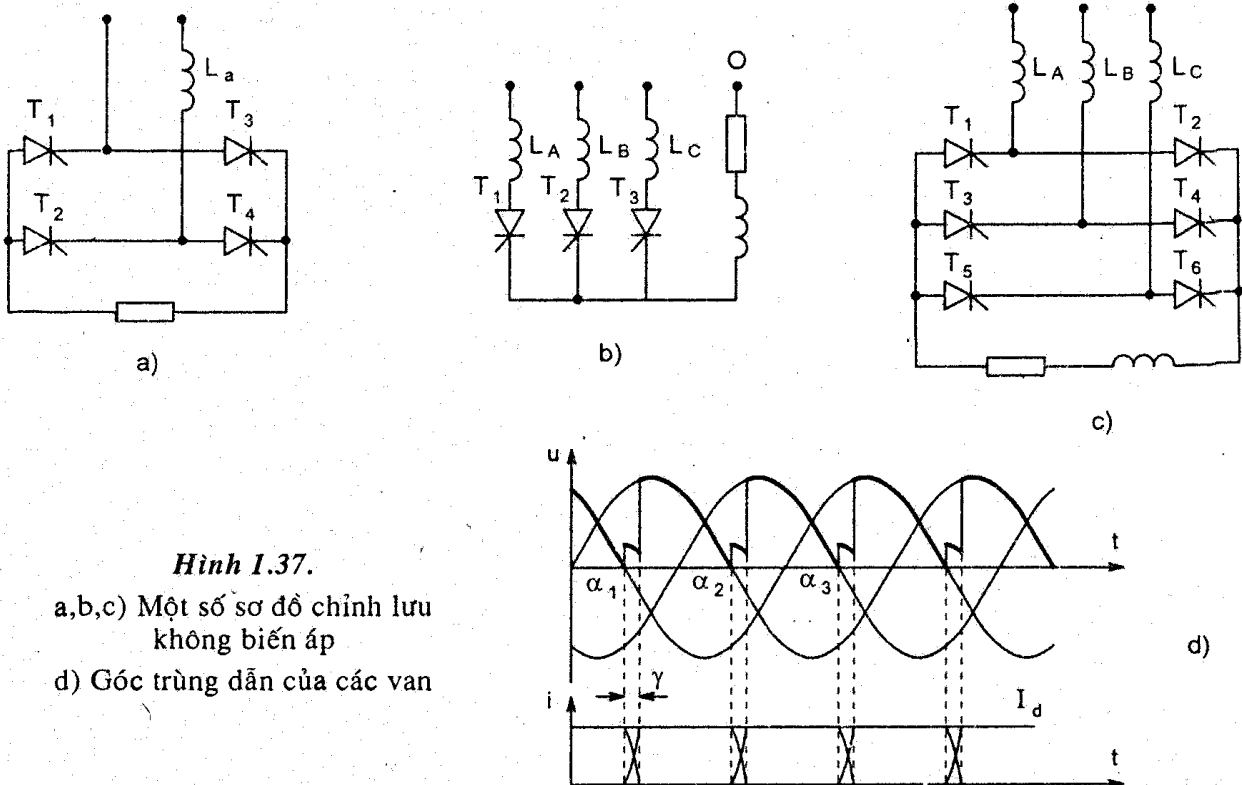
Từ (1.65) ta có :

$$W = \frac{E_{gd}}{4,44 \cdot k_{dq} \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe}} = \frac{\Delta U_{CK}}{4,44 \cdot k_{dq} \cdot f' \cdot B \cdot Q_{Fe}} \quad (1.66)$$

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

3. Thiết kế cuộn kháng không lõi thép

Một số sơ đồ chỉnh lưu có điện áp một chiều gần trị số điện áp lưới, có thể không dùng biến áp. Trong trường hợp đó, để bảo vệ van bán dẫn không bị chọc thủng do $\frac{di}{dt}$ cần mắc thêm các cuộn kháng anốt như các sơ đồ hình 1.37. Chức năng của điện kháng anốt là hạn chế tốc độ biến thiên dòng điện khi chuyển mạch.



Hình 1.37.

a,b,c) Một số sơ đồ chỉnh lưu không biến áp

d) Góc trùng dẫn của các van

Giải thích điều này qua sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha hình 1.37b. Do có điện cảm L_a nên tại thời điểm α_1 phát xung điều khiển tiristor T_1 , khi mà T_3 đang dẫn, dòng điện tiristor T_3 không giảm đột ngột từ I_d về 0, do đó có một vùng γ cả hai tiristor cùng dẫn.

Trong khoảng trùng dẫn này, phương trình điện áp đối các pha a và b là:

$$u_d = \frac{u_c + u_a}{2} - L_a \cdot \frac{d(i_3 + i_1)}{dt} \quad (1.67)$$

Từ (1.67) với : $L_{ck} \cdot \frac{d(i_3 + i_1)}{dt} = L_{ck} \cdot \frac{dI_d}{dt} = 0$

vì $i_3 + i_1 = I_d = \text{const}$ nên $U_d = \frac{u_c + u_a}{2} = -\frac{u_b}{2}$

Mặt khác hai pha c và a tạo thành một mạch vòng kín cho dòng điện trùng dẫn hai tiristor T_1, T_3 . Dòng điện này được xác định theo biểu thức :

$$u_c - u_a = R_a i_{nm} + L_a \cdot \frac{di_{nm}}{dt} = \sqrt{3} \cdot U_m \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{3}) \quad (1.68)$$

Điện trở R_a của cuộn kháng không đáng kể có thể bỏ qua lúc đó phương trình (1.68) có thể viết lại:

$$u_c - u_a = L_a \cdot \frac{di_{nm}}{dt} = \sqrt{3} \cdot U_m \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{3}) \quad (1.69)$$

Biểu thức (1.69) chính là tốc độ tăng dòng điện của tiristor T_1 từ 0 tới I_d và ngược lại cũng chính là tốc độ giảm dòng điện của tiristor T_3 . Từ biểu thức (1.69) có thể thấy rằng tốc độ biến thiên lớn nhất của dòng điện được xác định :

$$\begin{aligned} \left. \frac{di_{nm}}{dt} \right|_{\max} &= \frac{\sqrt{3} \cdot U_m}{2 \cdot L_a} \\ L_a &= \frac{\sqrt{3} \cdot U_m}{2 \cdot \left(\frac{di_{nm}}{dt} \right)_{cp}} \end{aligned} \quad (1.70)$$

Từ biểu thức (1.70) có thể tính được trị số điện cảm cần thiết mắc vào mạch cuộn kháng anốt.

Các bước thiết kế

a) Thông số cho trước

Điện cảm của cuộn kháng L_{CK}

Dòng điện chạy trong cuộn kháng ở chế độ định mức I_{ck} .

Tần số dòng điện f .

b) Lựa chọn dây dẫn

Thông thường dây dẫn của cuộn kháng được chọn bằng đồng.

Tiết diện dây dẫn được chọn giống như chọn dây quấn biến áp ($S_{Cu} = \frac{I_{ck}}{J}$).

Từ bảng tra dây dẫn chọn các kích thước dây.

c) *Lựa chọn kích thước cuộn kháng*

Chọn kết cấu của cuộn kháng.

Cuộn kháng không khí có hình dáng kết cấu như mô tả trên các hình từ 1.38 đến hình 1.45 có thể chọn một trong các kết cấu này.

Chọn các số liệu cơ bản của cuộn kháng.

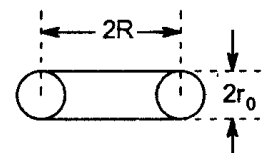
Tùy theo kiểu kết cấu cuộn dây mà cuộn kháng có các kích thước khác nhau. Nhìn chung căn cứ để chọn các kích thước của cuộn kháng là dựa vào kết cấu và biểu thức tính điện cảm của cuộn kháng theo kết cấu đó.

Điện cảm của cuộn dây không lõi thép được tính tùy thuộc hình dáng và kích thước của cuộn kháng.

Cách tính điện cảm các cuộn dây lõi không khí:

1. *Điện cảm một vòng dây tròn với dây dẫn tròn (kích thước như hình 1.38):*

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} R \left[\ln \frac{8R}{r_0} - 1,75 + \frac{r_0^2}{8R^2} \left(\ln \frac{8R}{r_0} + \frac{1}{3} \right) \right] \quad (1.71)$$



Hình 1.38. Kích thước một vòng dây

Trong đó : L – điện cảm của vòng dây [Hz];

R – bán kính của vòng dây [m];

r_0 – bán kính dây dẫn [m].

2. *Điện cảm một vòng dây với dây dẫn chữ nhật hình 1.39:*

$$L = 4\pi \cdot 10^{-7} R \left(\ln \frac{8R}{a+r} - 0,5 \right) \quad (1.72)$$



Hình 1.39. Các kích thước cơ bản của vòng dây

Trong đó: r, a – kích thước dây dẫn chữ nhật [m];

3. *Điện cảm cuộn dây có bề dày không đáng kể hình 1.40a:*

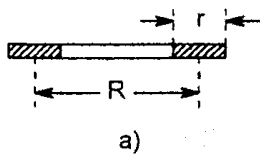
$$L = 0,5 \cdot 10^{-7} \cdot W^2 \cdot D \cdot k \quad (1.73)$$

Trong đó :

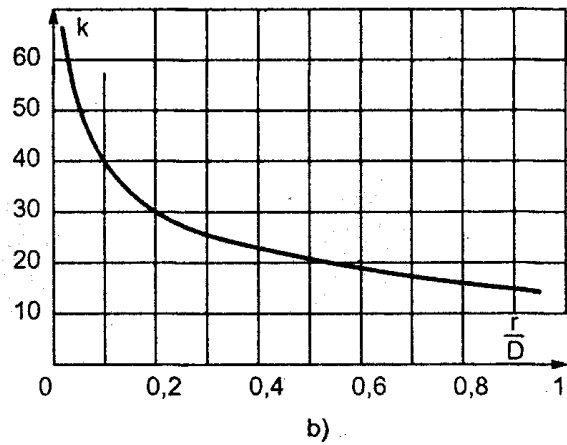
W – số vòng của cuộn dây [vòng];

D – đường kính trung bình của cuộn dây [m];

k – hệ số xác định theo hình vẽ 1.40b;



Hình 1.40. Cuộn dây có bề dây không đáng kể.
a) Các kích thước cơ bản của cuộn dây;
b) Hệ số k cho công thức (1.73)



4. Điện cảm cuộn dây hình trụ một lớp dây đường kính dây không đáng kể:

$$L = 0,5 \cdot 10^{-7} \cdot W^2 \cdot R \cdot k \quad (1.74)$$

Trong đó:

W – số vòng của cuộn dây [vòng];

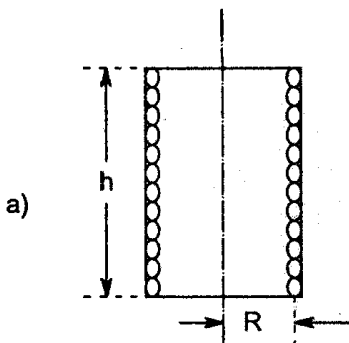
R – bán kính trung bình cuộn dây [m];

k – hệ số xác định theo hình vẽ 1.38b;

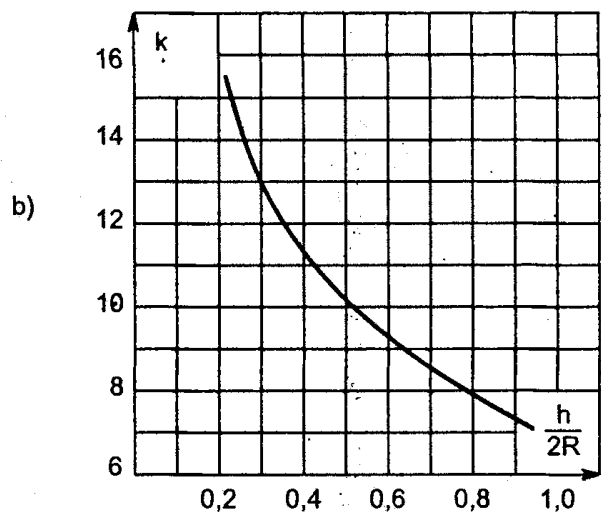
h – chiều cao cuộn dây [m].

nếu $h > 10R$ với sai số không quá 5% có thể xác định.

$$L = \frac{2 \cdot R \cdot W^2 \cdot 10^{-6}}{0,44 + \frac{h}{2 \cdot R}} \quad (1.75)$$



Hình 1.41. Cuộn dây hình trụ một lớp.
a) Các kích thước cơ bản của cuộn dây;
b) Hệ số k cho công thức (1.74)



5. Điện cảm cuộn dây nhiều lớp hình 1.42:

$$L = \frac{0,32 \cdot 10^{-4} \cdot R^2 \cdot W^2}{6 \cdot R + 9 \cdot h + 10 \cdot B d} \quad (1.76)$$

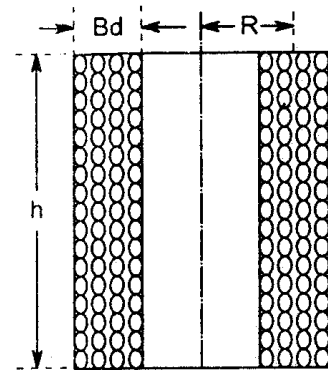
Trong đó:

W – số vòng của cuộn dây [vòng];

R – bán kính trung bình cuộn dây [m];

h – chiều cao cuộn dây [m].

Bd – bề dày của cuộn dây [m].



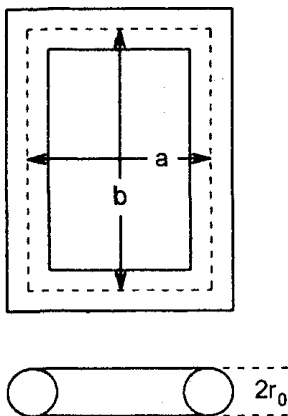
Hình 1.42. Các kích thước cơ bản của cuộn dây nhiều lớp

6. Điện cảm một vòng dây chữ nhật với dây dẫn tròn (hình 1.43):

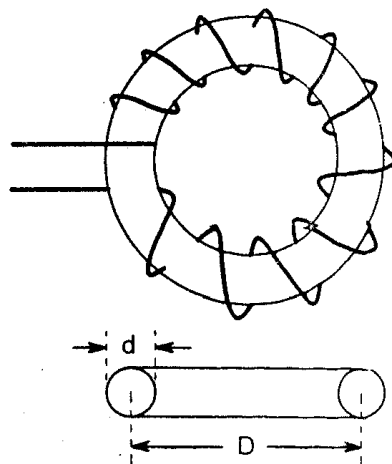
$$L = 4 \cdot 10^{-7} R \left[a \cdot \ln \frac{2a \cdot b}{r_0(a+d)} + b \cdot \ln \frac{2a \cdot b}{r_0(a+d)} + 2d - 1,75 \cdot (a+b) \right] \quad (1.77)$$

Trong đó:

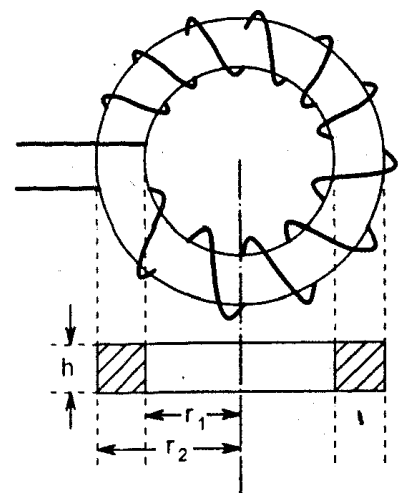
$$d = \sqrt{a^2 + b^2}; a \gg r_0; b \gg r_0; \text{ tất cả các kích thước tính bằng m.}$$



Hình 1.43. Các kích thước cơ bản của vòng dây chữ nhật



Hình 1.44. Các kích thước cơ bản của cuộn dây hình xuyên



Hình 1.45. Các kích thước cơ bản của cuộn dây hình xuyên lõi chữ nhật

7. Điện cảm cuộn dây hình xuyên có lõi xuyên tiết diện tròn hình 1.44 bằng vật liệu không dẫn từ:

$$L = \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot d^2 \cdot W^2}{D + \sqrt{D^2 - d^2}} \quad (1.78)$$

Trong đó: D – đường kính trung bình của hình xoắn;
 d – đường kính các vòng dây;
 W – số vòng dây.

8. Điện cảm cuộn dây hình xoắn có lõi xoắn tiết diện chữ nhật (hình 1.45) bằng vật liệu không dẫn từ:

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot W^2 \cdot h \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (1.79)$$

Trong đó: r_1 – bán kính trong của hình xoắn;
 r_2 – bán kính ngoài của hình xoắn;
 h – chiều cao hình xoắn.

Từ các biểu thức tính điện cảm của cuộn kháng ở trên lựa chọn các kích thước cơ bản của cuộn kháng.

Việc tính toán cuộn kháng có thể phải tính đi tính lại nhiều lần. Do đó ban đầu cho các số liệu nào đó để tính sau đó kiểm nghiệm lại, nếu chưa hợp lý, thay đổi các thông số rồi tiến hành tính lại.

Tính toán kiểm nghiệm cuộn kháng:

Thường gặp các cuộn kháng có kết cấu như các hình 1.41a, 1.42, 1.44, 1.45.

Kiểm nghiệm lại điện cảm L bằng các công thức (1.74) (1.75) (1.76) (1.77) (1.78) (1.79) xem cuộn kháng thiết kế đã phù hợp chưa. Để làm việc này, các thông số cần tính kiểm nghiệm là:

Tính số vòng dây trên một lớp

$$W_{II} = \frac{h}{d_{Cu}}$$

Số lớp dây
$$n = \frac{W}{W_{II}}$$

Bề dày của cuộn dây
$$Bd = n \cdot d_{Cu}$$

Sau khi tính lại các kích thước có xét tới kích thước dây dẫn, so sánh với kích thước đã cho ban đầu và thay vào các biểu thức (1.74) (1.75) (1.76) (1.77) (1.78) (1.79) tính điện cảm xem đã phù hợp chưa.

Trường hợp điện cảm chưa hợp lý, thay đổi các thông số cuộn kháng và tính lại cho phù hợp.

Các bước tính toán vật liệu còn lại làm cuộn kháng được tính như tính biến áp.

Xác định góc mở van nhỏ nhất cho phù hợp điện áp với tải định mức.

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu khi có xét tới trùng dẫn.

$$U_d = U_{do} \cos \alpha - \frac{3 \cdot X_{ck}}{2 \cdot \pi} I_d \quad (1.81)$$

Giá trị trung bình của điện áp tải.

$$U_d = k_{sd} \cdot U_{2f} \cos \alpha - \frac{3 \cdot X_{ck}}{2 \cdot \pi} I_d - \Delta U_v \quad (1.82)$$

Trong đó:

U_d – điện áp tải

ΔU_v – tổn hao điện áp trên van bán dẫn;

U_{2f} – điện áp pha xoay chiều;

I_d – dòng điện tải định mức;

X_{ck} – điện kháng của cuộn kháng

$X_{ck} = \omega \cdot L_{ck}$

$\omega = 2 \pi \cdot f$

Góc mở van nhỏ nhất được tính:

$$\alpha_{\min} = \arccos \frac{U_d + \frac{3 \cdot X_{ck}}{2 \cdot \pi} I_d + \Delta U_v}{k_{sd} \cdot U_{2f}} \quad (1.83)$$

VI – THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN

VI.1 Trình tự thiết kế

1. Tìm hiểu yêu cầu đối với mạch điều khiển

Những yêu cầu cơ bản đối với mạch điều khiển bao gồm:

- Số kênh điều khiển.
- Dải điều khiển điện áp tải (hay dải điều khiển góc mở).
- Tính liên tục trong điều khiển điện áp.
- Yêu cầu về mức độ tự động hoá (có cần hồi tiếp hay không?).
- Điều kiện môi trường làm việc.

2. Lựa chọn khâu đồng pha

Căn cứ vào yêu cầu đối với mạch điều khiển mà tiến hành lựa chọn khâu đồng pha cho hợp lý

3. Lựa chọn khâu so sánh

Các khâu so sánh thường gặp hiện nay được dùng là so sánh bằng KĐTT (hình 1.24).

4. Lựa chọn khâu khuếch đại

Những gợi ý về việc lựa chọn các khâu đã giới thiệu ở phần I.2

5. Phân tích hoạt động của mạch

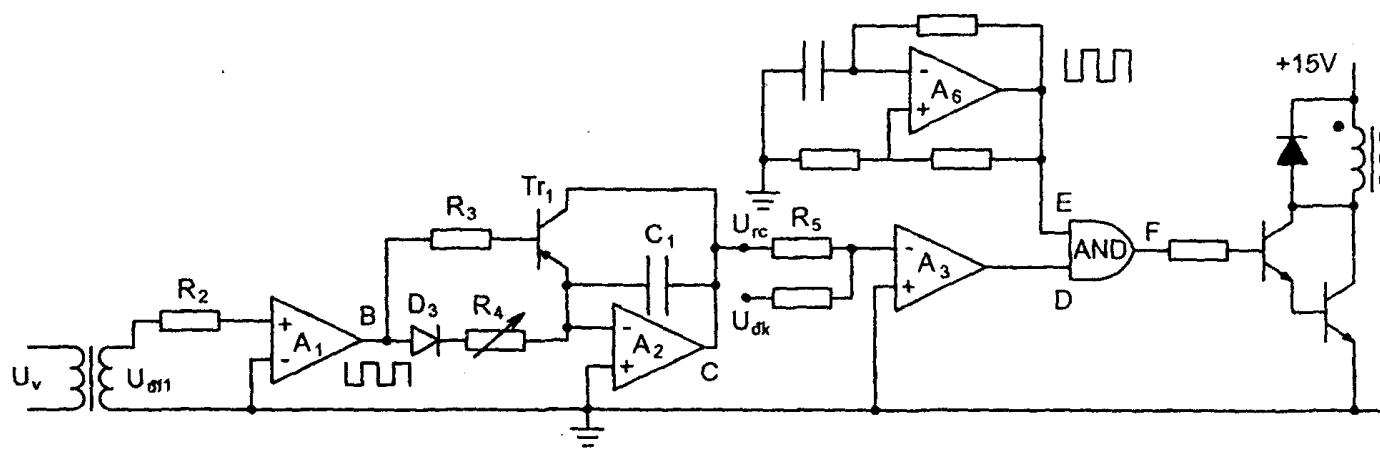
Căn cứ vào hiểu biết của bản thân và những kiến thức đã nêu ở I.2 phân tích hoạt động của toàn bộ sơ đồ mạch, từ khâu đồng pha tới xung điều khiển. Việc phân tích này được giải thích bằng các đường cong của các khâu điều khiển. Nếu như xung điều khiển theo mạch thiết kế chưa hợp lý, thì cần phải hiệu chỉnh.

6. Hiệu chỉnh những chỗ chưa hợp lý

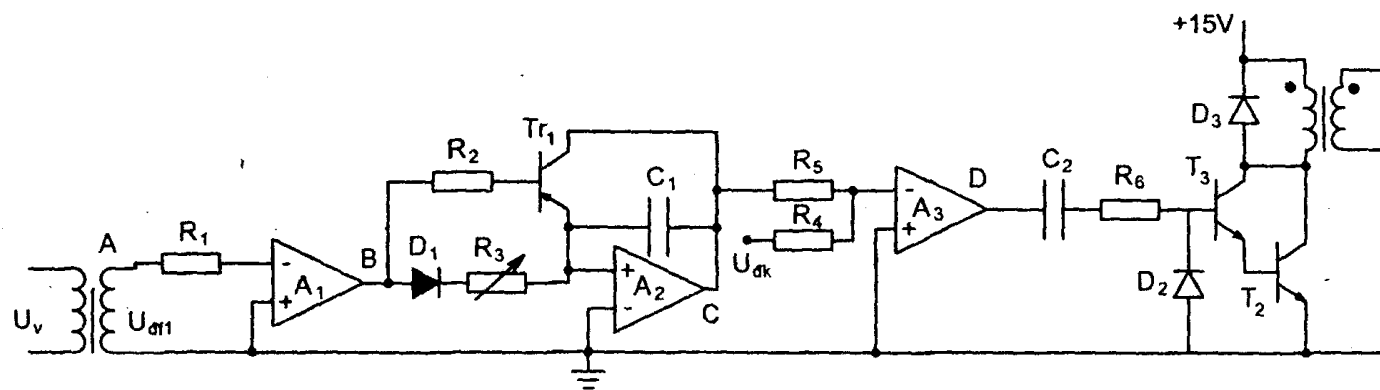
Sau khi phân tích hoạt động của mạch, nếu xung điều khiển được phát chưa hợp lý cần phải hiệu chỉnh lại. Để hiệu chỉnh được mạch, cần căn cứ vào những kiến thức đã được biết thêm, bổ sung những linh kiện để mạch hoạt động phù hợp yêu cầu thiết kế.

7. Tính toán thông số các linh kiện mạch điều khiển

Sau khi mạch thiết kế hoàn chỉnh, tiến hành tính toán các thông số các linh kiện. Phân tính toán các linh kiện giới thiệu ở phần sau.



a)



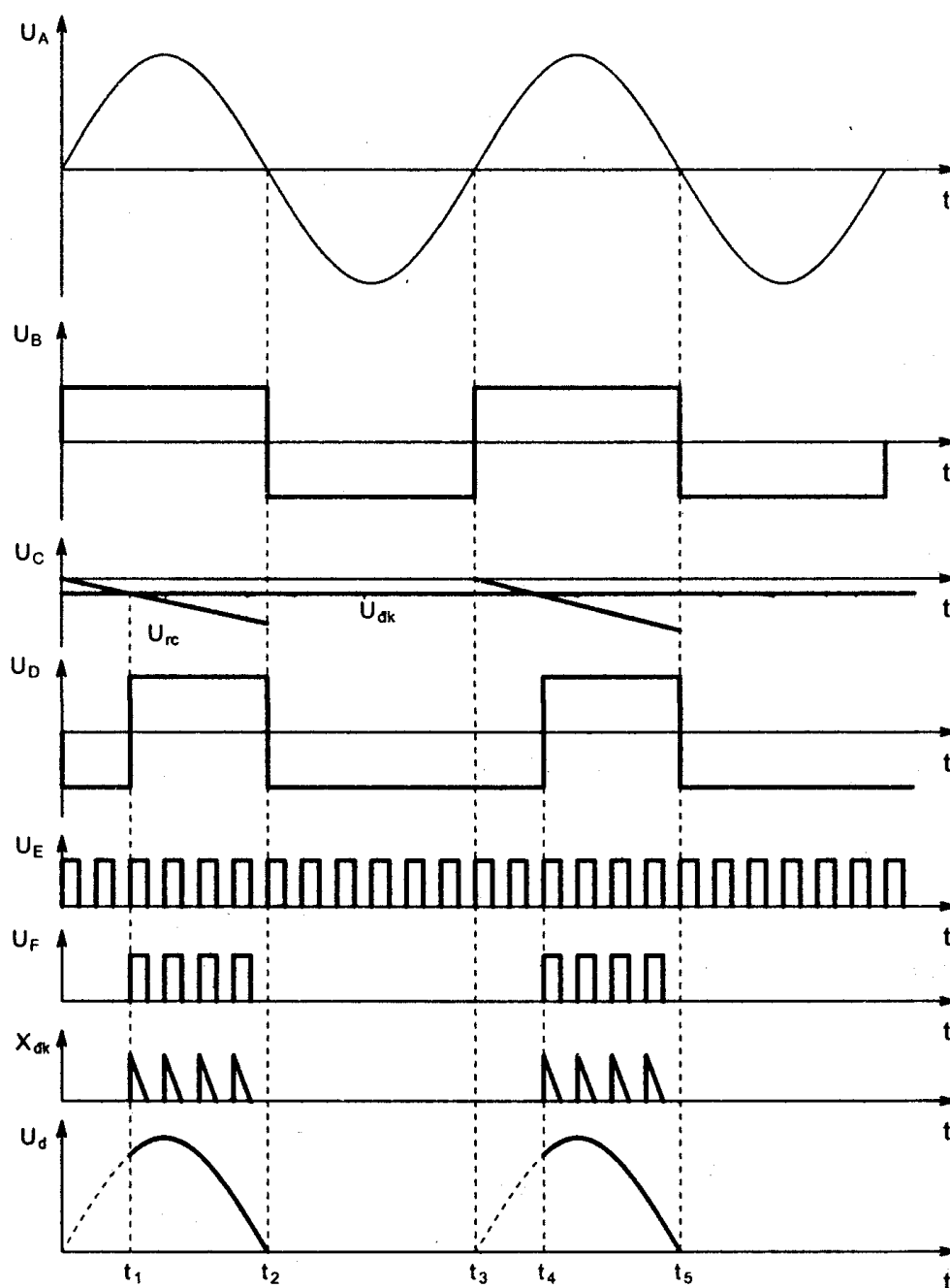
Hình 1.46. Mạch điều khiển Tiristor
a) Mạch tạo chùm xung điều khiển ; b) Mạch tạo xung điều khiển đơn.

VI.2. Ví dụ xây dựng mạch điều khiển

Ví dụ xây dựng sơ đồ mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.

Với yêu cầu cần điều khiển có chất lượng điều khiển tốt chọn khâu đồng pha hình 1.23, khâu so sánh hình 1.24, khâu khuếch đại hình 1.25b, để tạo xung đệm ta dùng xung chùm điều khiển chọn bộ tạo chùm xung bằng mạch hình 2.18 Với các khâu đã chọn như vậy có sơ đồ điều khiển hình 1.46a (hình 1.46b giới thiệu một mạch điều khiển không cần khâu tạo xung chùm)

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



Hình 1.47. Giải đồ các đường cong mạch điều khiển

Hoạt động của mạch điều khiển hình 1.46a có thể giải thích theo giản đồ các đường cong trên hình 1.47 như sau:

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

Điện áp U_{rc} được so sánh với điện áp điều khiển U_{dk} tại đầu vào của A_3 . Tổng đại số $U_{rc} + U_{dk}$ quyết định dấu điện áp đầu ra của KĐTT A_3 . Trong khoảng $0 \div t_1$ với $U_{dk} > U_{rc}$ điện áp U_D có điện áp âm. Trong khoảng $t_1 \div t_2$ điện áp U_{dk} và U_{rc} đổi ngược lại, làm cho U_D lật lên dương. Các khoảng thời gian tiếp theo giải thích điện áp U_D tương tự.

Mạch đa hài tạo chùm xung A_6 cho chuỗi xung tần số cao, với điện áp U_E như trên hình 1.47. Dao động đa hài cần có tần số hàng chục kHz ở đây chỉ mô tả định tính.

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

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

Hiện nay đã có nhiều hãng chế tạo ra các vi xử lý chuyên dụng để điều khiển tiristor, có thể tìm hiểu các loại vi xử lý này trong các tài liệu chuyên ngành. Nói chung các vi xử lý điều khiển tiristor rất tiện lợi. Tuy nhiên, những linh kiện loại này chưa được phổ biến trên thị trường.

VI.3. Một số đặc điểm thiết kế mạch điều khiển các sơ đồ chỉnh lưu

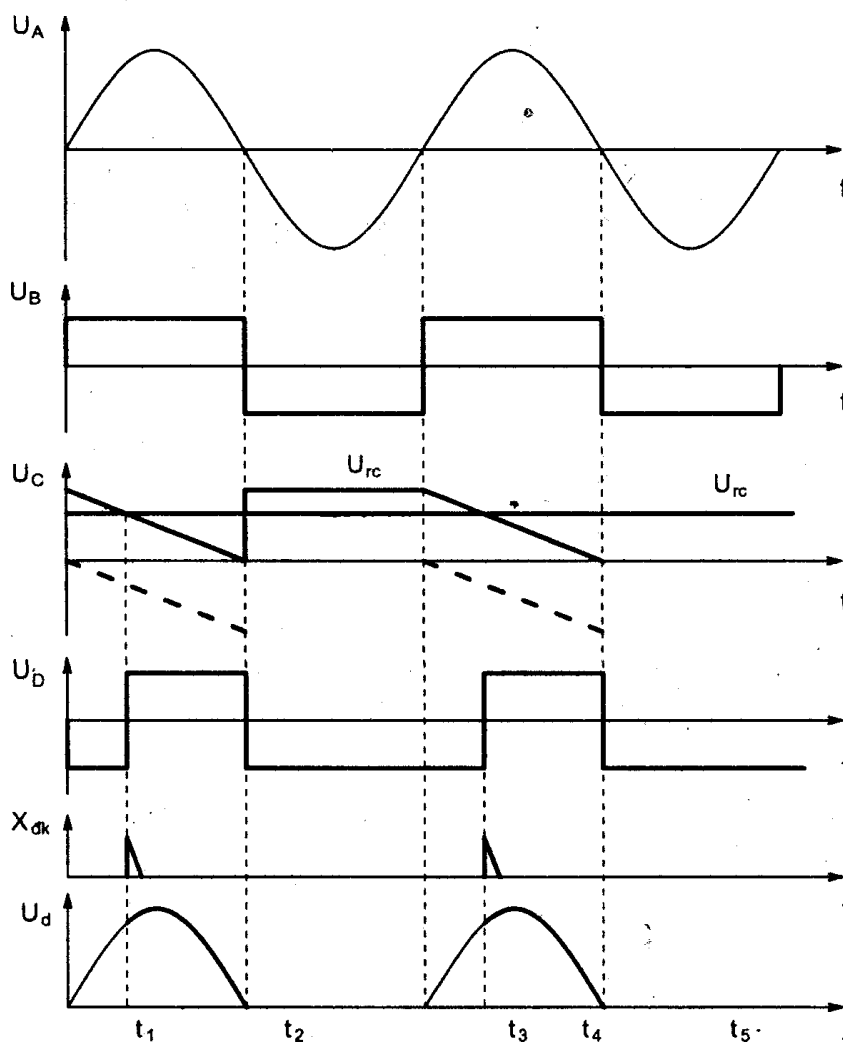
Về nguyên lí, các sơ đồ chỉnh lưu có mạch điều khiển giống nhau. Tuy nhiên, đối với mỗi sơ đồ chỉnh lưu có một số đặc điểm riêng. Trong phần này giới thiệu một số đặc điểm đó.

1. Mạch điều khiển chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính

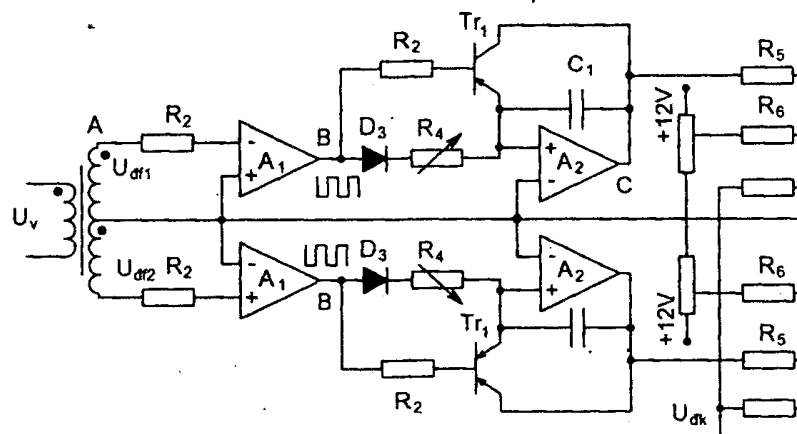
Mạch điều khiển chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính bao gồm hai kênh điều khiển hình 1.46b giống nhau như mô tả trên hình 1.49. Hai kênh này chỉ khác nhau ở chỗ điện áp đồng pha đưa vào tầng đầu tiên ngược pha nhau. Để làm được việc này dùng một biến áp có hai cuộn dây thứ cấp có điểm trung tính, hai đầu còn lại của biến áp có điện áp ngược pha nhau.

Sơ đồ mạch điều khiển một kênh hình 1.46, như giải thích hoạt động bằng đường cong trên hình 1.47, khi điện áp tựa tiến, trị số điện áp tải nghịch biến so với điện áp điều khiển, nghĩa là khi tăng điện áp điều khiển góc mở van bán dẫn tăng làm cho điện áp tải giảm.

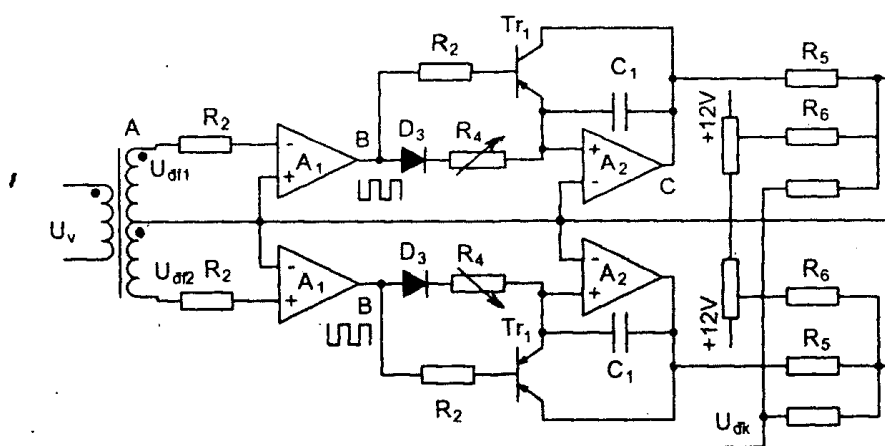
Trong một số trường hợp, quan hệ giữa điện áp điều khiển và điện áp tải nghịch biến có thể không hợp lí. Muốn quan hệ này đồng biến cần tạo điện áp tựa lùi hình 1.49. Tạo răng cưa lùi bằng cách đưa thêm một điện áp một chiều qua R_6 để kéo đường điện áp răng cưa lên trên trục hoành, khi đó ta có các đường cong điện áp điều khiển như giới thiệu trên hình 1.48.



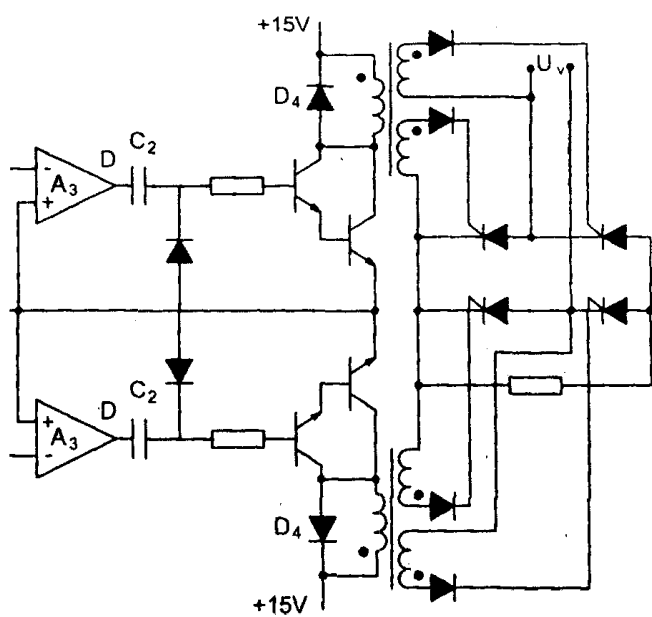
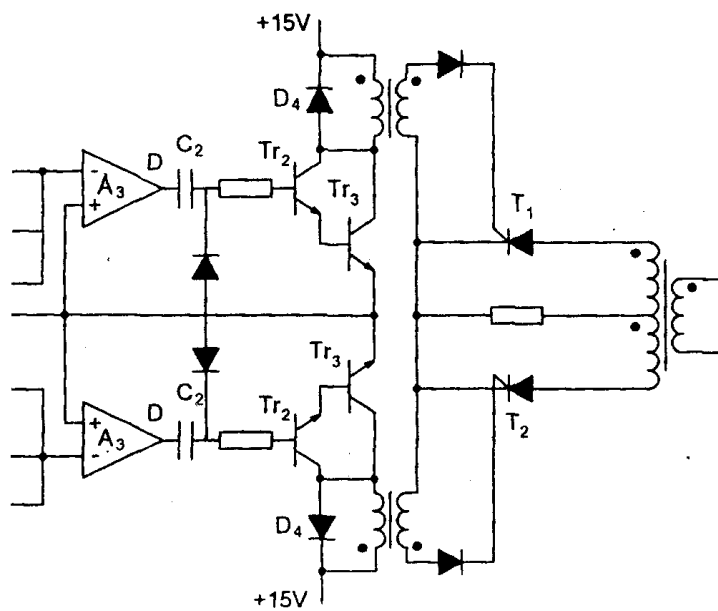
Hình 1.48. Giản đồ các đường cong mạch điều khiển hình 1.49

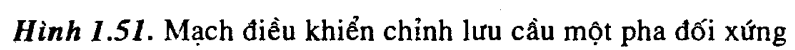


Hình 1.49. Sơ đồ mạch điều khiển chỉnh lưu một pha cả chu kì



Hình 1.50. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng





Hình 1.51. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu một pha đối xứng

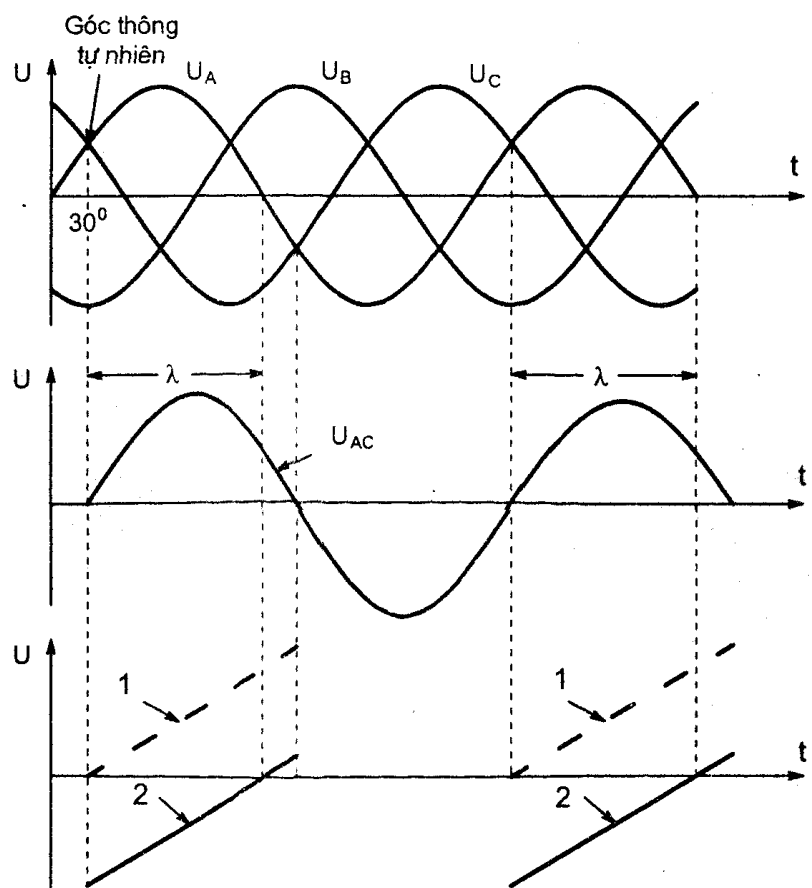
2. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu một pha.

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng hình 1.4 gồm có 4 tiristor. Bốn tiristor này cần có bốn xung điều khiển, trong đó có hai tiristor cùng có xung mở đồng thời. Việc mở đồng thời hai tiristor, có thể được thực hiện bằng mạch điều khiển chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính hình 1.49. Nếu sử dụng biến áp xung hai cuộn dây thứ cấp như đã giới thiệu trên hình 1.5 thì sơ đồ mạch điều khiển này được giới thiệu trên hình 1.50.

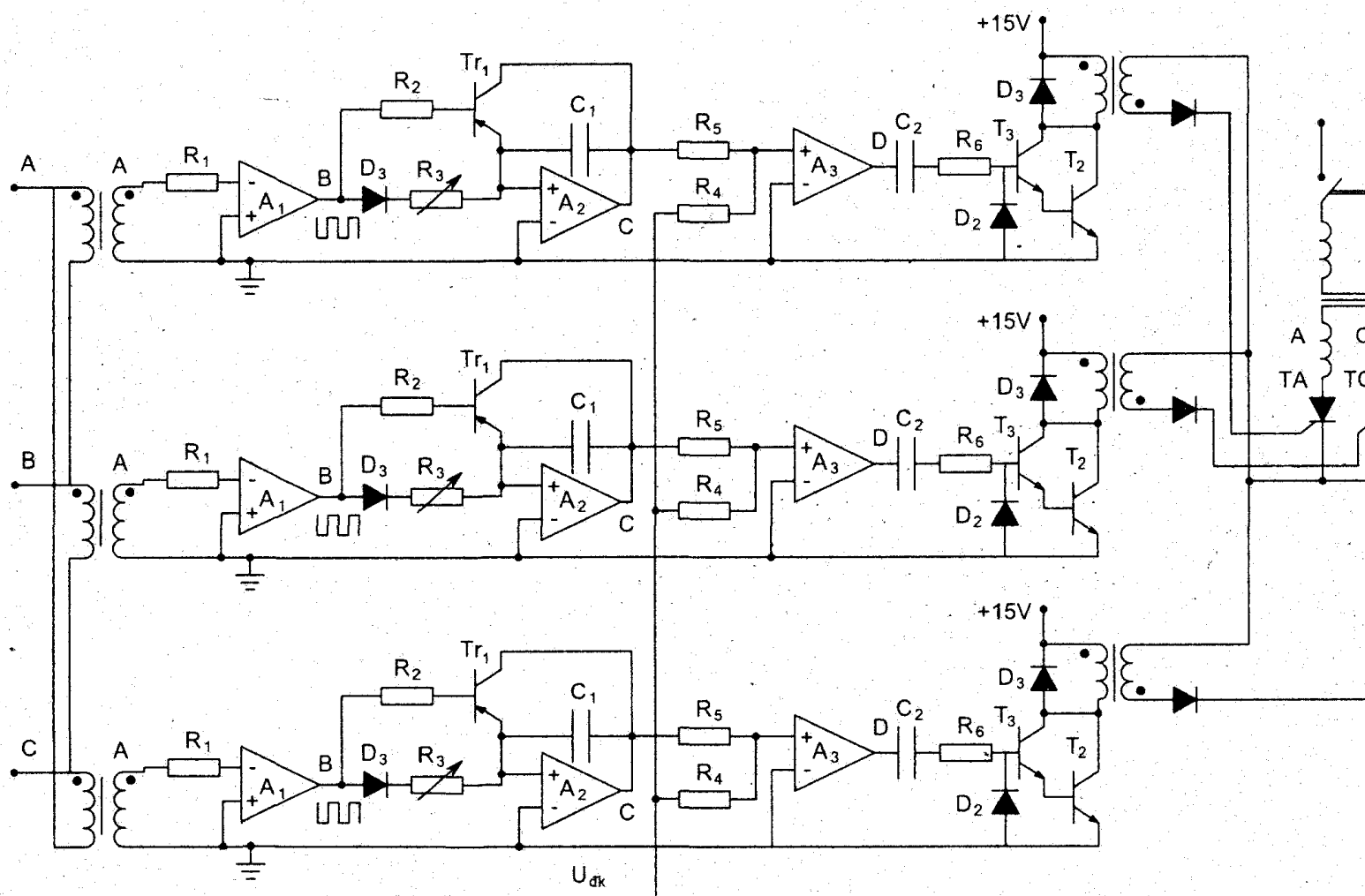
Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu một pha đối xứng với biến áp xung hai cuộn dây thứ cấp như trên hình 1.50, đôi khi gặp khó khăn trong việc cấp đồng thời hai xung có đủ công suất (đặc biệt đối với những tiristor đã sử dụng lâu). Để giải quyết khó khăn này có thể sử dụng bốn mạch khuếch đại cho bốn tiristor lấy lệnh điều khiển từ hai kênh như hình 1.51.

3. Mạch điều khiển chỉnh lưu tia ba pha

Sự khác nhau giữa mạch điều khiển chỉnh lưu một pha với mạch chỉnh lưu ba pha chỉ ở điện áp đồng pha đưa vào. Góc thông tự nhiên (hình 1.52) của mạch chỉnh lưu ba pha dịch pha so với điện áp pha một góc là 30° (nếu lệnh mở tiristor trước thời điểm góc thông tự nhiên này tiristor không dẫn, vì tiristor pha trước đó đang dẫn, điện áp đang còn dương hơn). Do đó, điện áp tụt làm nền đưa vào để mở tiristor cũng cần dịch pha một góc 30° . Để dịch pha điện áp đồng pha đi một góc 30° cần nối biến áp đồng pha có sơ cấp nối tam giác. Khi đó điện áp thứ cấp mỗi pha biến áp trùng pha với điện áp dây (điện áp dây dịch pha so với điện áp pha một góc là 30° , U_{AC} trên hình 1.52).



Hình 1.52. Xác định góc thông tự nhiên và khoảng dẫn của tiristor trong chỉnh lưu ba pha

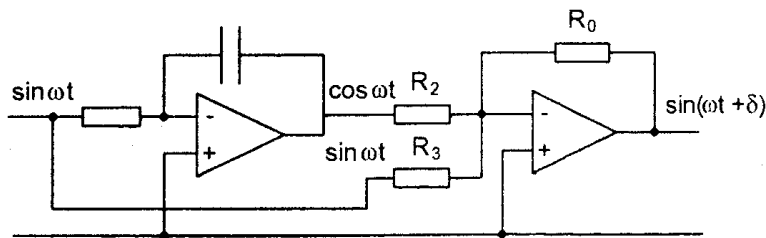


Hình 1.54. Mạch điều khiển chỉnh lưu tải 3 pha

Khi điều khiển chỉnh lưu tia ba pha, các tiristor được điều khiển giữa pha với trung tính, do đó góc điều khiển van bán dẫn thường chỉ tính từ góc thông tự nhiên tới khi điện áp đổi dấu, hay nói cách khác tiristor chỉ điều khiển với khoảng dẫn $\lambda = 150^\circ$ (hình 1.52). Để làm được việc này, cần giới hạn giao điểm của điện áp tựa với điện áp điều khiển tại thời điểm điện áp pha đổi dấu, chẳng hạn bằng cách tạo điện áp tựa lùi như đường số 2 hình 1.52. Tuy nhiên, việc làm này có thể không cần thiết bởi vì vượt quá trị số điều khiển điện áp tải bằng 0.

Dịch pha điện áp đồng pha một góc bằng góc thông tự nhiên ($\delta = 30^\circ$) còn có thể được thực hiện bằng biểu thức lượng giác $\sin(\omega t + \delta) = \sin\omega t \cdot \cos\delta + \cos\omega t \cdot \sin\delta$ và $\cos\omega t = \int \sin\omega t \cdot dt$. Sơ đồ mạch để giải các biểu thức lượng giác này giới thiệu trên

hình 1.54. Các hệ số được tính: $\cos\delta = \frac{R_0}{R_3}$, $\sin\delta = \frac{R_0}{R_2}$



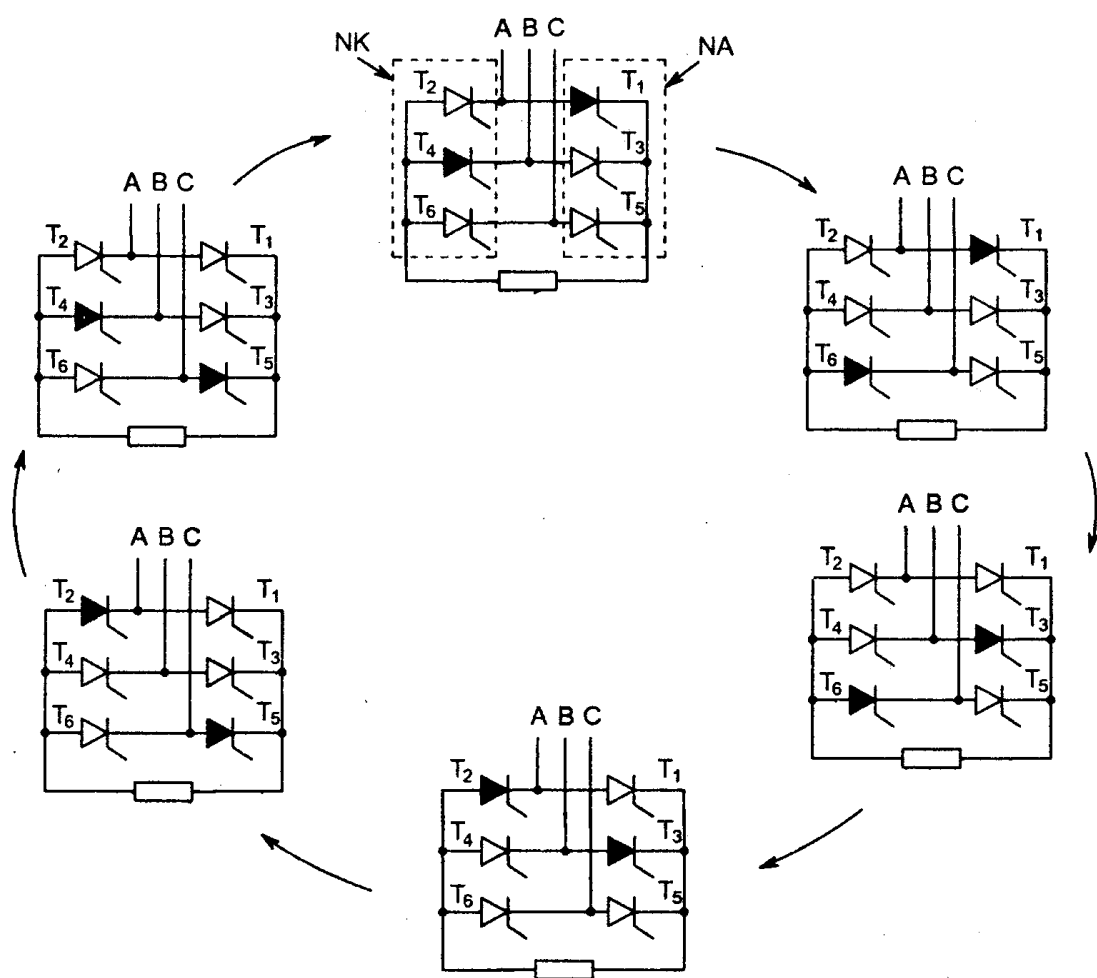
Hình 1.54. Sơ đồ mạch tạo góc dịch pha so với điện áp lưới.

4. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha.

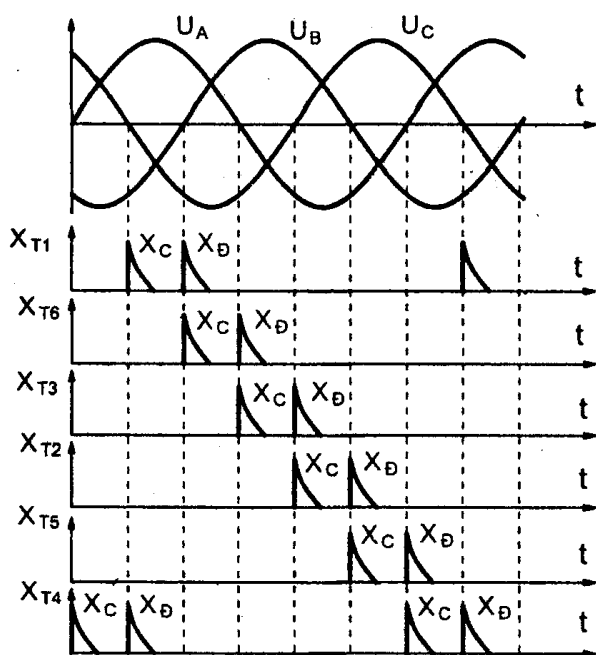
Chỉnh lưu cầu ba pha có hai loại: chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng hình 1.11a (sơ đồ có sáu tiristor) và chỉnh lưu điều khiển không đối xứng (sơ đồ có ba tiristor). Dưới đây giới thiệu về mạch điều khiển của hai loại sơ đồ này.

a) Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng

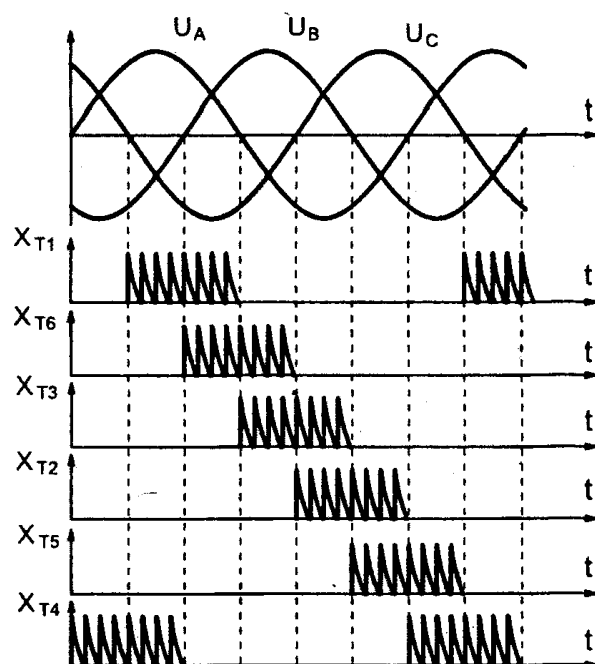
Đặc điểm điều khiển cầu ba pha đối xứng là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, nghĩa là dòng điện đồng thời chạy qua hai tiristor một lúc. Trên hình 1.55a mô tả thứ tự dẫn và điều khiển các tiristor trong một chu kì. Các tiristor in đậm là các tiristor được cấp xung điều khiển và cần dẫn. Từ sơ đồ hình 1.55a thấy rằng: khi điều khiển, đồng thời cấp xung điều khiển cho hai tiristor, một của nhóm NA, một ở nhóm NK. Ta coi xung cần mở tiristor được quyết định bởi góc mở của chúng là xung chính thì phải có một xung đệm, xung chính ở nhóm van này thì xung đệm ở nhóm van kia. Việc cấp xung đệm cũng cần đúng thứ tự pha. Thứ tự dẫn và cấp xung điều khiển của các tiristor luân phiên nhau theo thứ tự pha. Theo việc dẫn của các tiristor trên hình 1.55a các xung điều khiển được cấp: $T_1 - T_4 \rightarrow T_6 - T_1 \rightarrow T_3 - T_6 \rightarrow T_2 - T_3 \rightarrow T_5 - T_2 \rightarrow T_4 - T_5 \rightarrow T_1 - T_4$.



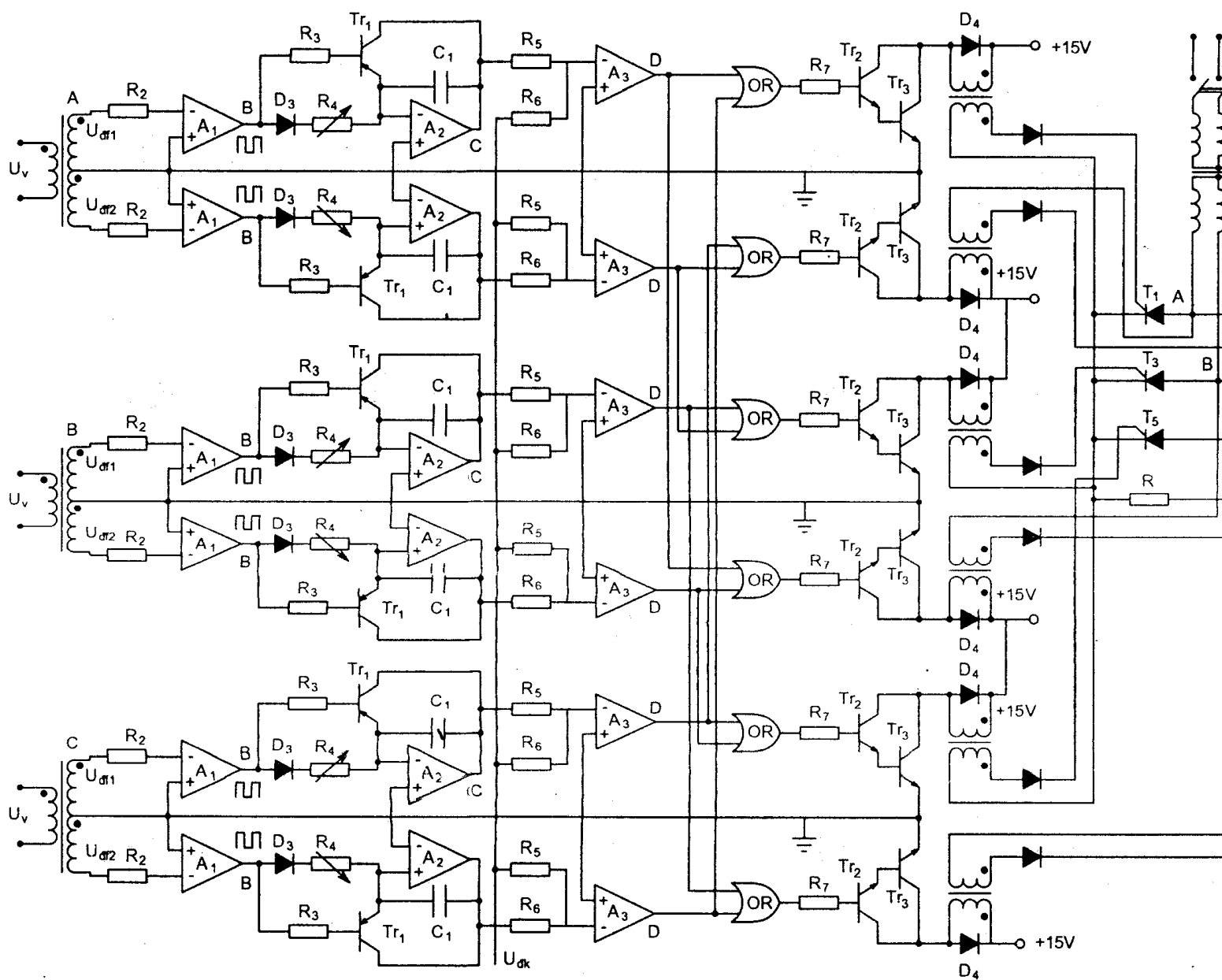
Hình 1.55a. Đối thứ tự dẫn của các tiristor



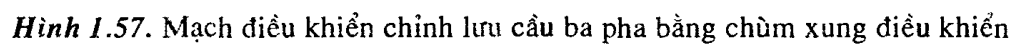
Hình 1.55b. Cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng cách đệm xung điều khiển



Hình 1.55c. Cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng chùm xung điều khiển



Hình 1.56. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng bằng cách dêm xung điều khiển



Hình 1.57. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha bằng chòm xung điều khiển

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

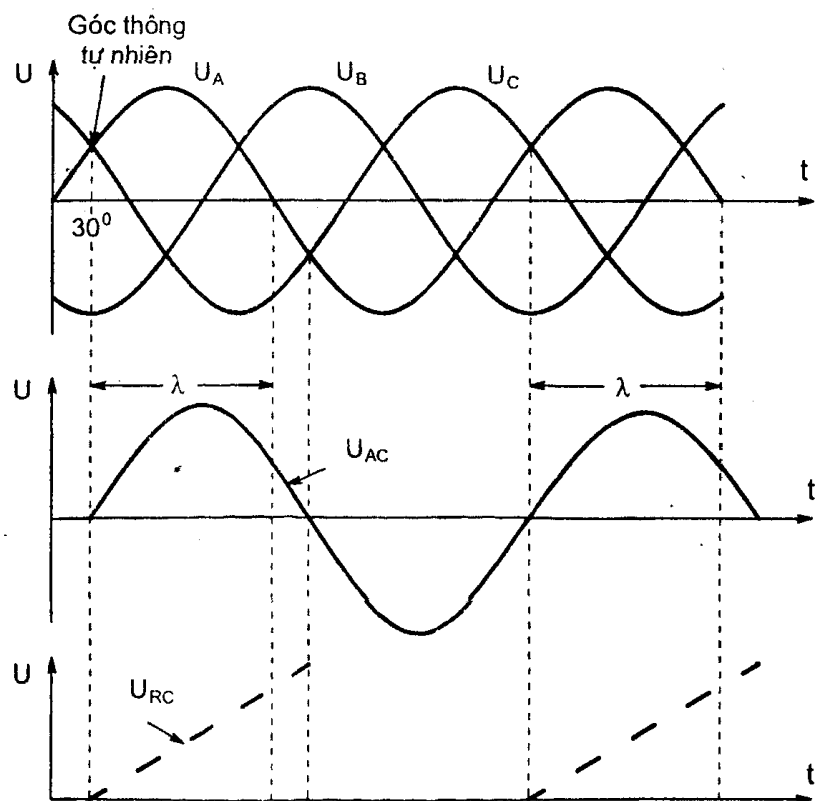
Cách thứ nhất, cấp xung chính cho van nhóm này thì đệm xung cho van nhóm kia như giản đồ đường cấp xung trên hình 1.55b. Sơ đồ điều khiển chỉnh lưu này giới thiệu trên hình 1.56.

Cách thứ hai, cấp xung với độ rộng đủ lớn, suốt từ thời điểm có lệnh mở van cho đến khi điện áp anốt tiristor đổi dấu. Tuy nhiên, việc thiết kế xung rộng như thế có nhiều khó khăn, do đó người ta thường phát xung chùm như trên hình 1.55c. Sơ đồ mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng bằng chùm xung giới thiệu trên hình 1.57. Ưu điểm của phương pháp điều khiển này là không cần xác định thứ tự pha cho đầu vào của bộ chỉnh lưu, bản thân chùm xung làm nhiệm vụ đệm xung cho các tiristor cần mở.

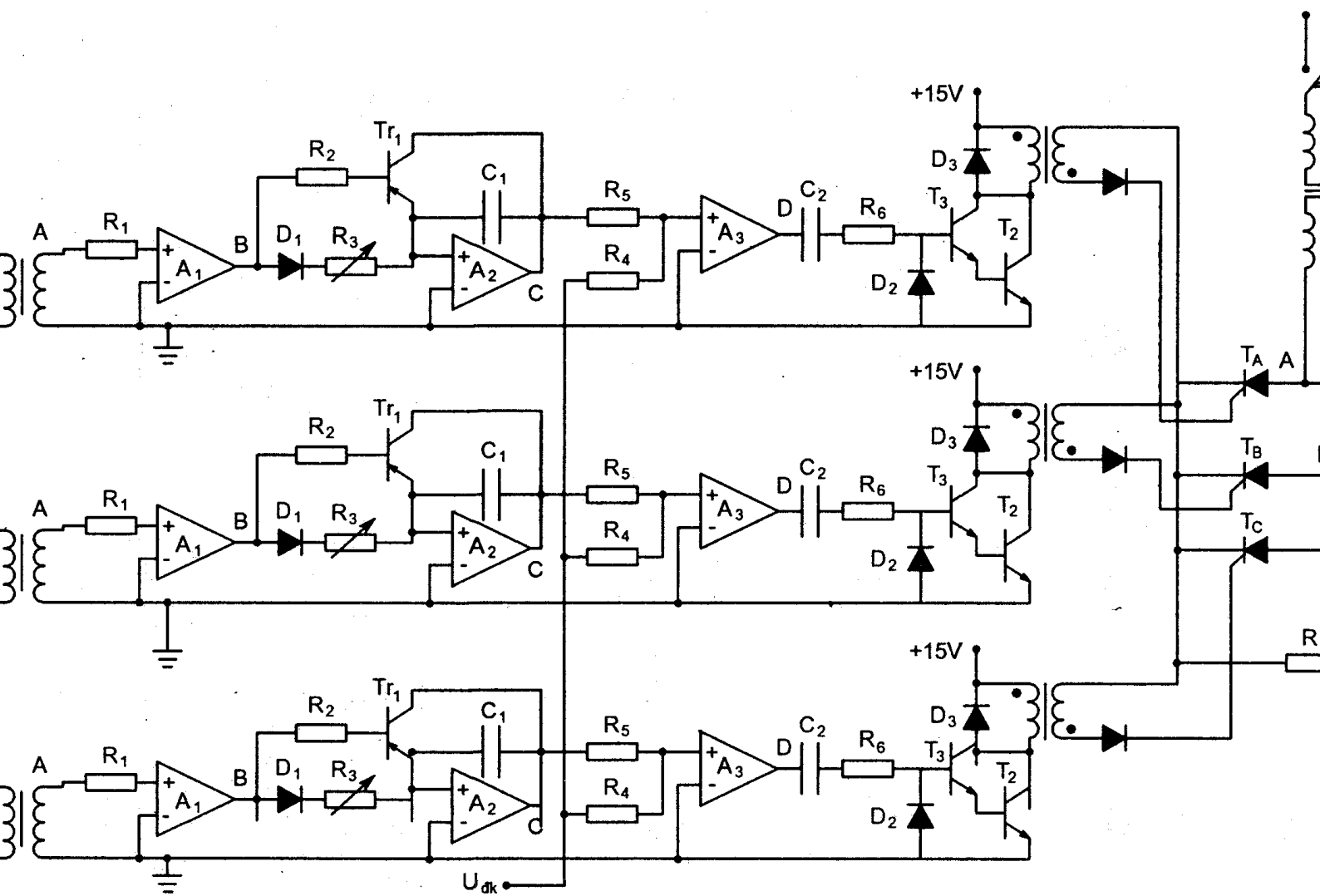
b) Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng

Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng có sơ đồ như hình 1.12a gồm ba tiristor mắc chung cực trong một nhóm và ba diod mắc trong một nhóm. Ba tiristor được mắc như chỉnh lưu tia ba pha, do đó điều khiển ba tiristor trong sơ đồ cầu ba pha hình 1.12a tương tự như điều khiển chỉnh lưu tia ba pha hình 1.8a. Các mạch điều khiển tiristor chỉnh lưu tia ba pha được dùng tương đương cho sơ đồ mạch điều khiển hình 1.12a. Sự khác nhau giữa chúng là giới hạn góc mở lớn nhất của tiristor. Ở chỉnh lưu tia ba pha góc mở lớn nhất khi làm việc ở chế độ chỉnh lưu là

150° , còn ở chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng là 180° . Để điều khiển theo góc mở này, điện áp tựa cần tạo với độ dài 180° như hình 1.58. Sơ đồ mạch điều khiển giới thiệu trên hình 1.59



Hình 1.58. Xác định góc thông tự nhiên và khoảng dẫn của tiristor trong chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng



Hình 1.59. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng

VI.4 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 tiristor (U_{dk} ; I_{dk}).

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

- Điện áp điều khiển tiristor U_{dk} ;
- Dòng điện điều khiển I_{dk} ;
- Độ rộng xung điều khiển t_x (thường chọn $t_x = (2 - 4)t_m$);
- Tần số xung f_x ($f_x = \frac{1}{2.t_x}$);
- Mức sụt biên độ xung s_x ;
- Độ mất đối xứng cho phép $\Delta\alpha$;
- Điện áp nguồn nuôi mạch điều khiển U_N .

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:*

$$V = Q.l = \frac{\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot s_x \cdot U \cdot I_2}{\Delta B^2} \quad (1.85)$$

$$\mu_{tb} = \frac{\Delta B}{\mu_0 \cdot \Delta H} \quad (1.86)$$

Trong đó: μ_{tb} – độ từ thẩm trung bình

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (H/m)};$$

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

$$W_1 = \frac{U \cdot t_x}{Q \cdot \Delta B} \quad (1.87)$$

Số vòng dây quấn thứ cấp

$$W_2 = \frac{W_1}{k_{ba}} \quad (1.88)$$

Tiết diện dây quấn được tính

$$S = \frac{I}{J} \quad (1.89)$$

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

$$\text{Đường kính dây: } d = \sqrt{4S/\pi} \quad (1.90)$$

2. Tính tầng khuếch đại cuối cùng

Sau khi lựa chọn xong các linh kiện của tầng khuếch đại cuối cùng 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 β ;

Điện trở vào của tầng khuếch đại được chọn:

$$R_b \geq \frac{U_v}{I_b} \quad (1.91)$$

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

I_b – dòng điện bazơ của Tranzitor khuếch đại

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

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 chọn.

Nếu tầng so sánh được chọn là sơ đồ hình 1.24a, thì các điện trở hạn chế collector R_3 và bazơ R_1 được chọn:

$$R_3 \geq \frac{E}{I_c} \quad (1.93)$$

Nếu tầng so sánh được chọn là các sơ đồ hình 1.24b; c, thì các điện trở hạn chế đầu vào được tính:

$$R_1 = R_2 \geq \frac{U_v}{I_b} \quad (1.94)$$

$$R_1 = R_2 \cdot \frac{U_v}{I_v} \quad (1.95)$$

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 1.22, 1.23), 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 :

$$T_{rc} = R_2 \cdot C \quad (1.96)$$

trong đó : R_2, C – các thông số điện trở và tụ điện trong mạch nạp tụ.

Để cho các đường răng cưa có đỉnh nhọn tại cuối các nửa chu kỳ, thì T_{rc} nên chọn khoảng $T_{rc} = (0,005 \div 0,01) \text{ s}$. 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 $(5 \div 10) \text{ V}$

Điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng bằng mạch số

Ngoài các sơ đồ điều khiển chỉnh lưu bằng mạch tương tự như trên ra, các sơ đồ chỉnh lưu có thể được điều khiển bằng các loại mạch khác điển hình là mạch được thiết kế bằng mạch số. Ở đây giới thiệu một sơ đồ điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha bằng mạch số.

Mạch điều khiển bao gồm ba pha hoàn toàn đối xứng nhau như hình 1.60. Vì vậy chỉ cần thuyết minh chi tiết nguyên lý hoạt động của một pha (pha A trên hình 1.61) sau đó dễ dàng có thể thuyết minh được nguyên lý hoạt động của toàn bộ hệ thống điều khiển.

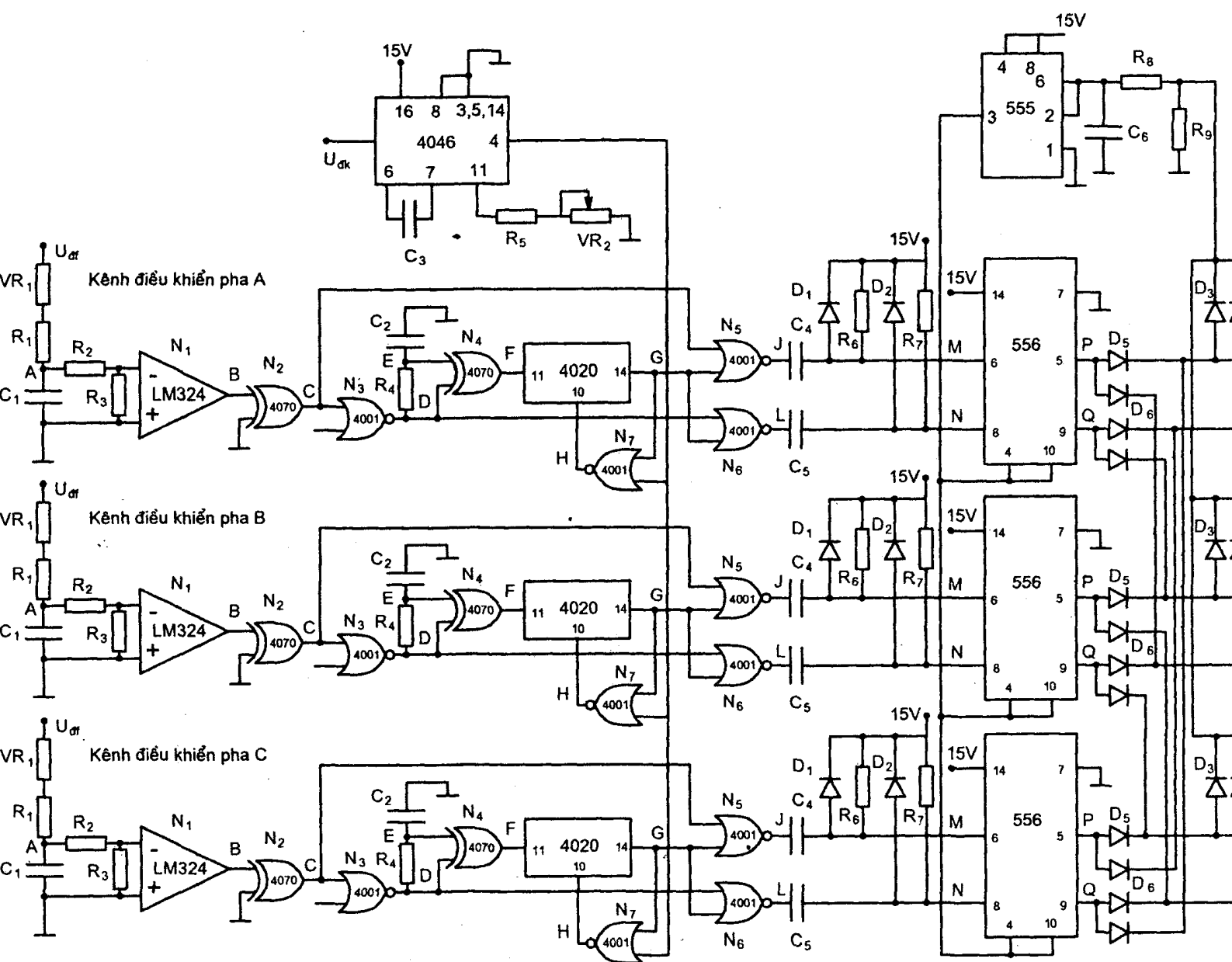
Tìm hiểu chức năng (nguyên lý hoạt động) của các linh kiện điện tử trong sơ đồ điều khiển.

Để có thể giải thích được nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển hình 1.61, trước hết cần phải nắm được chức năng cũng như nguyên lý hoạt động cơ bản của các linh kiện điện tử trong sơ đồ điều khiển.

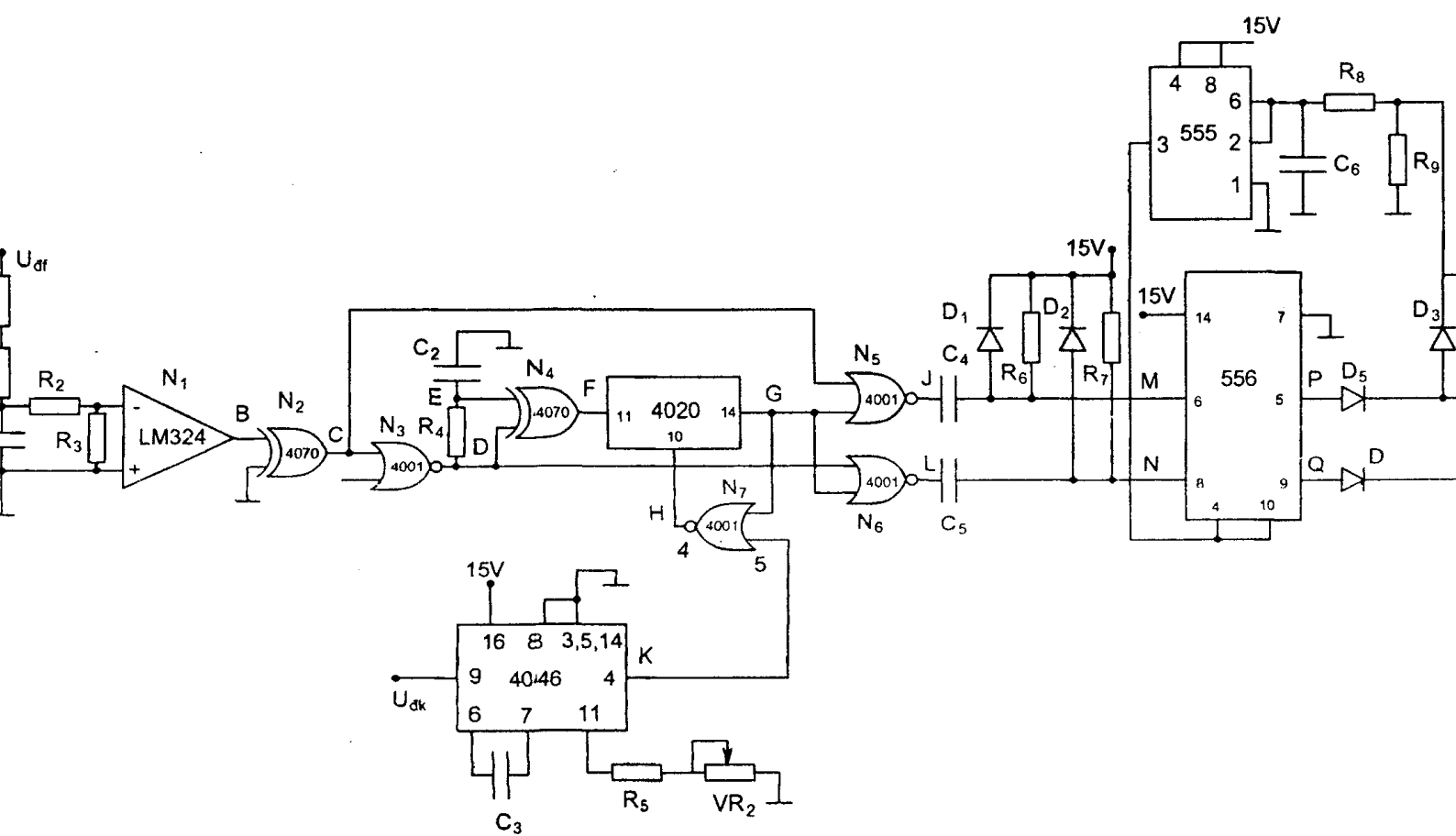
Một số linh kiện quen thuộc như KĐTT sẽ không giới thiệu ở đây. Những linh kiện còn lại chỉ giới thiệu hết sức sơ lược.

a) Vi mạch 4070:

Là vi mạch gồm 14 chân trong đó có một chân là nguồn cấp ($+U_{cc}$), một chân được nối đất, vi mạch tích hợp của 4 phần tử không đồng trị. Đầu ra của mỗi cổng là cao (mức 1) khi cả hai đầu vào của cổng khác trị số (một đầu 0 và một đầu 1). Đầu ra của mỗi cổng là thấp (mức 0) khi cả hai đầu vào của cổng có cùng trị số 0 hoặc 1).



Hình 1.60. Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng



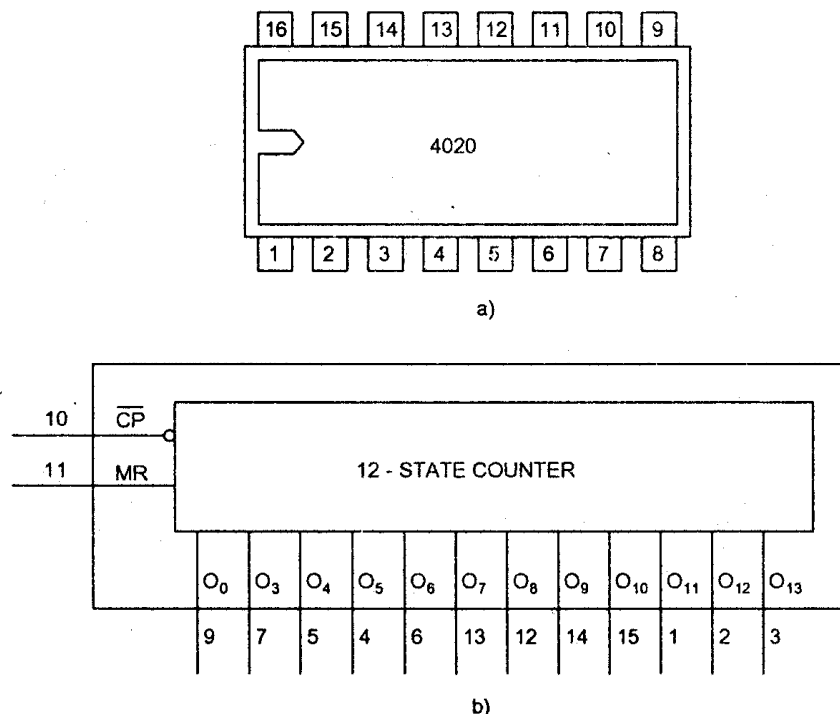
Hình 1.61. Mạch điều khiển một pha chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng

b) Vi mạch 4001:

Là vi mạch tích hợp của bốn phần tử NOR, vi mạch gồm 14 chân trong đó có một chân là nguồn cấp ($+U_{cc}$), một chân được nối đất.

c) Bộ đếm nhị phân (State binary counter) 4020:

Sơ đồ chân và chức năng giới thiệu trên hình 1.6a, b.



Hình 1.62. Bộ đếm nhị phân 4020; a. sơ đồ chân; b. Sơ đồ chức năng

Nguyên lý hoạt động của bộ đếm.

Bộ đếm 4020 được tích hợp từ 14 T-Flip Flop tạo thành một bộ đếm số nhị phân 14 trạng thái, với đầu vào xung nhịp đồng hồ (CP).

12 đầu ra ($O_0, O_3 \dots O_{13}$), tín hiệu MR (master reset input) tích cực ở mức cao: khi MR chuyển lên mức cao sẽ xoá toàn bộ trạng thái các đầu ra về mức thấp không phụ thuộc vào trạng thái của CP.

Các FF sẽ lật trạng thái ở sườn xuống của xung vào. Khi bộ đếm đến số tối đa là 2^{13} xung đầu vào thì nó sẽ tự quay trở về và đếm tiếp khi có xung đầu vào tác động. Nếu tín hiệu đầu ra được lấy ở chân 14 (O_9) thì khi có 2^9 (512) xung tác động vào chân CP thì đầu ra (14) sẽ nhảy lên mức cao.

c) Mạch vòng khoá pha (phase locked loop) 4046

Đây là một mạch vòng khoá pha rất đa năng, nó bao gồm một bộ dao động được điều khiển bằng điện áp (VCO). Sơ đồ chân IC được vẽ trên hình 1.63. Khi làm việc

bình thường các chân 10, 15 không được nối, ngoài ra đầu vào (chân 5) phải đặt ở mức logic thấp. Tần số của bộ dao động được điều khiển bằng điện áp đưa vào chân 9.

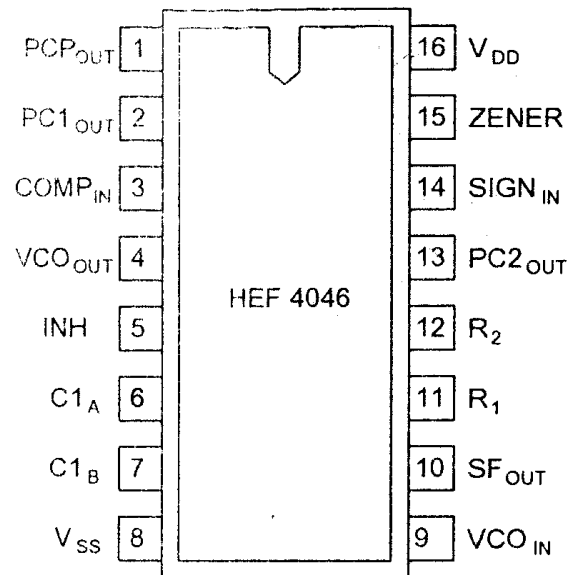
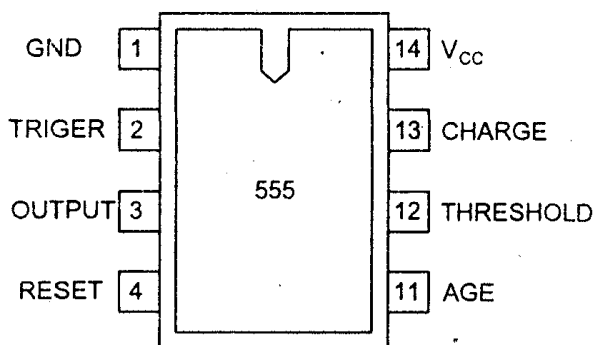
Như vậy tần số đầu ra (chân 4) của bộ dao động được điều khiển bằng cách thay đổi điện áp đầu vào.

VCO sử dụng tụ bên ngoài đưa tới chân 6, 7 và một hoặc hai điện trở ngoài đưa tới các chân 11, 12. Giá trị tụ và điện trở mắc vào này quyết định giá trị tần số của VCO.

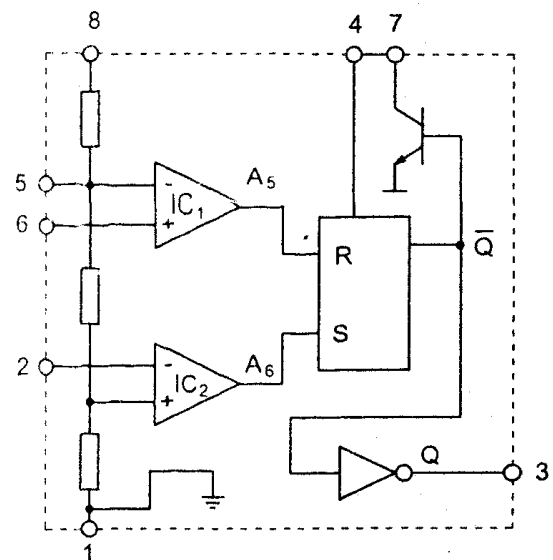
d) Vi mạch 555

Sơ đồ chân của vi mạch 555 giới thiệu trên hình 1.64a, cấu trúc bên trong của IC giới thiệu trên hình 1.64b.

Vi mạch 555 gồm hai bộ so sánh điện áp (IC_1 , IC_2) để tạo các mức logic (logic 0;1) đưa vào hai cổng R, S của R-S-FlipFlop. R-S-FF có các đầu ra Q và $\bar{Q}$, chân RESET (chân 4) tích cực ở mức thấp. Các điện trở R dùng để phân áp tạo điện áp chuẩn để đưa vào hai bộ so sánh điện áp. Vi mạch này thường được dùng cho các mạch điều chỉnh độ rộng xung, do đó còn có tên gọi là IC định thời gian.



Hình 1.63. Sơ đồ chân IC 4046



Hình 1.64. IC 555. a) Sơ đồ chân ; b) Sơ đồ cấu trúc bên trong IC

6-Vi mạch 556

Vi mạch 556 chứa hai bộ định thời gian độc lập trong cùng một chip như giới thiệu trên hình 1.66. Cả hai bộ định thời gian này đều giống với 555. Tất cả các sơ đồ

mạch của 556 đều có thể lắp từ hai vi mạch 555. Bảng đối chiếu dưới đây cho thấy sự tương ứng giữa các chân của 555 và hai nửa của 556.1, 556.2.

Chức năng của các chân tương ứng của các IC 555 và 556 được giới thiệu ở bảng dưới.

Chức năng	555	556(1)	556(2)
GROUND	1	7	7
TRIGGER	2	6	8
OUTPUT	3	5	9
RESET	4	4	10
CONTROL V	5	3	11
THRESHOLD	6	2	12
DISCHARGE	7	1	13
Vcc	8	14	14

Thuyết minh hoạt động của sơ đồ hình 1.61:

Nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển một kênh của bộ chỉnh lưu thể hiện ở sơ đồ hình 1.61 có thể giải thích thông qua giản đồ đường cong trên hình 1.65:

Điện áp hình sin U_A từ lưới điện cung cấp cho bộ chỉnh lưu, đồng thời cung cấp cho mạch điều khiển qua biến áp, đưa tới đầu vào của vi mạch so sánh (N_1), đầu ra U_B của N_1 đưa tới cổng không đồng trị 4070 (N_2), nhằm tạo điện áp U_C dạng xung vuông. Phân tử NOR (N_3) đảo dấu U_C thành D_D . Điện áp U_D đưa tới nạp tụ thành U_E qua cổng không đồng trị N_4 , tạo ra tín hiệu U_F đưa vào chân 11 của vi mạch đếm 4020, làm tín hiệu RESET ở đầu mỗi nửa chu kỳ của sóng điện áp lưới.

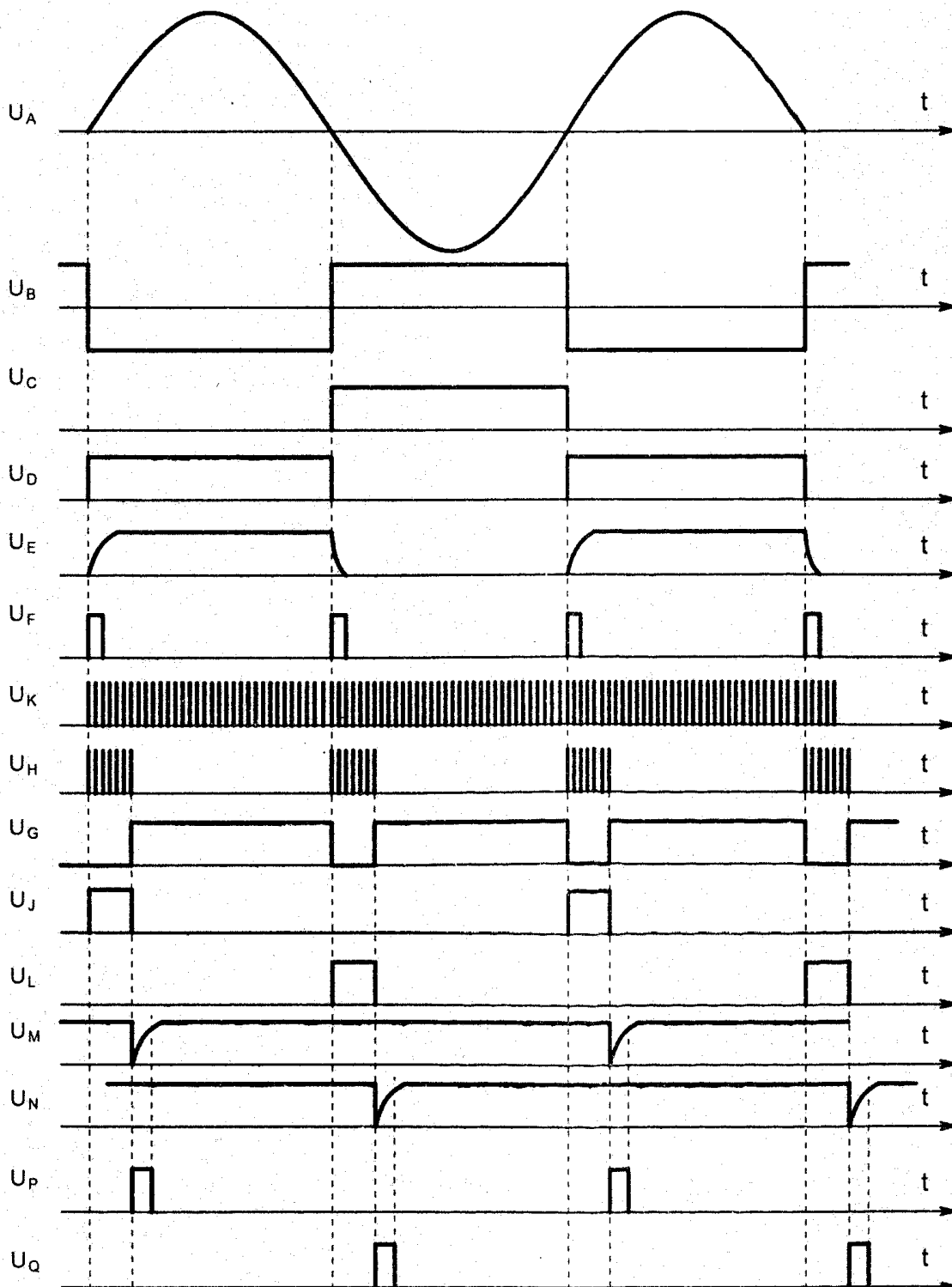
Điện áp điều khiển (U_{dk}) được đưa vào chân 9 của vi mạch 4046 để tạo ra tín hiệu dao động U_K với tần số cao ở chân 4. Như vậy, tùy vào sự thay đổi điện áp U_{dk} mà tần số f_x của tín hiệu đầu ra U_K cũng thay đổi theo.

Tín hiệu ra U_K từ chân 4 của 4046 được đưa vào chân 10 (chân CP) của bộ đếm 4020 thông qua cổng NOR (N_7) để làm xung đồng hồ (U_H) cho bộ đếm.

Khi bắt đầu chu kì điện áp, có tín hiệu RESET U_F (tích cực ở mức cao) đưa tới chân 11 của bộ đếm sẽ xóa tất cả các trạng thái trước đó về mức logic 0. U_G trả về mức logic 0. Tín hiệu này U_G cùng với tín hiệu vào thứ hai U_K đưa tới phân tử NOR (N_7) cho phép xung đồng hồ (U_H) vào bộ đếm.

Đầu ra của bộ đếm được lấy ở chân 14 (O_9). Vì vậy, khi bộ đếm đếm được $2^9 = 512$ xung thì chân 14 (U_G) của bộ đếm sẽ chuyển từ mức logic 0 lên mức logic 1, tín hiệu U_G có mức logic cao này đưa lại N_7 khoá xung đưa vào bộ đếm 4020. Bộ đếm

không nhận được xung đếm sẽ ngừng đếm và giữ mức logic 1 của U_G tại đầu ra 14. U_G được giữ ở mức logic cao cho đến khi có một tín hiệu RESET U_F tiếp theo được đưa tới chân 11 của bộ đếm.



Hình 1.65. Giải đồ đường cong các khâu điều khiển

Như vậy, thời điểm mở tiristor được xác định khi đầu ra U_G tại chân 14 của bộ đếm 4020 chuyển mức logic từ 0 lên 1. Thời gian để bộ đếm 4020 đếm được 2^9 xung, để U_G chuyển từ mức 0 lên mức 1 phụ thuộc vào tần số xung đầu vào, khi tần số xung càng lớn thì khoảng thời gian đếm càng nhỏ, nghĩa là góc mở α cũng nhỏ. Và ngược lại nếu tần số xung vào càng nhỏ thì khoảng thời gian đếm càng lớn dẫn đến góc mở.

Đối với mạch điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha, góc mở nhỏ nhất bằng góc thông tự nhiên, góc này dịch pha 30° so với điện áp pha. Do đó, để khống chế góc mở α bằng góc thông tự nhiên khi điện áp $U_{dk}=15V$, độ rộng sóng vuông ban đầu (U_J, U_L) phải là 30° , vậy khi $U_{dk}=15V$ ($\alpha=0^\circ$) thì tần số đầu ra của 4046 là cực đại và bằng:

$$f_{max} = 1/T = 512 / [(30/360) \cdot 20] = 307 \text{ KHZ.}$$

Ta sử dụng bộ chiết áp VR_2 mắc nối tiếp với điện trở R_5 đưa vào chân 11 của mạch khống chế dao động 4046 để điều chỉnh sao cho khi $U_{dk} = 15V$ thì góc mở $\alpha = 0^\circ$.

Thời điểm mở tiristor được xác định bằng sườn lên của điện áp U_G , do đó có thể đưa tín hiệu này tới tầng phân kênh, đệm xung và khuếch đại để mở tiristor như đã giới thiệu ở hình 1.56 ở trên. Ở sơ đồ hình 1.61 giới thiệu một giải pháp khác tạo xung điều khiển.

Mạch điều khiển trên xác định thời điểm mở tiristor bằng sườn lên của U_G ở cả hai nửa chu kỳ điện áp, do đó cần phải tách xung điều khiển cho hai tiristor ở hai nửa chu kỳ. Để làm được việc này, tín hiệu U_G được đưa tới hai kênh qua N_5, N_6 . Hai phần tử NOR này đồng thời nhận lệnh mở tiristor U_G , và tín hiệu điện áp dương anod của tiristor bằng một trong hai điện áp U_C hoặc U_D ngược pha nhau.

Tín hiệu ra U_G của bộ đếm qua hai phần tử NOR (N_5, N_6) được tách thành hai kênh tín hiệu U_P, U_Q lệch nhau 180° gửi tới hai chân 6 và 8 của vi mạch 556 tạo tín hiệu mở các tranzitor phát xung điều khiển cho bộ chỉnh lưu.

Tín hiệu U_G qua hai cổng NOR (N_5, N_6), thời điểm mở tiristor được tính tại sườn xuống của các tín hiệu U_J, U_L . Xung điều khiển cần có độ rộng xung không quá lớn, gây quá nhiệt cho tranzitor công suất. Để làm được việc này, tín hiệu xung vuông U_J, U_L qua hai tụ C_4, C_5 tạo tín hiệu điều khiển dạng U_M, U_N đưa vào hai chân của 556.

Điện áp U_M đưa tới chân 6 của vi mạch 556, qua IC 556 điện áp ra U_P có dạng xung hẹp đưa tới mở tranzitor công suất. Tương tự như thế điện áp U_N đưa tới chân 8 của vi mạch 556, qua IC 556 điện áp ra U_Q có dạng xung hẹp đưa tới mở tranzitor công suất.

VII – 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 nguyên tắc bố trí thiết bị:

+ 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 toả nhiệt, nghĩa là những thiết bị toả nhiệt ít được bố trí dưới thấp còn những thiết bị toả nhiệt nhiều được bố trí trên cao.

Có các lỗ thông gió cần thiết: đa số các thiết bị điện tử công suất toả 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 toả 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.

VIII – 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 : $U_{dm} = 400 \text{ V}$; $n_{dm} = 980 \text{ vòng/phút}$; $P = 27 \text{ kW}$; $\eta = 0,85$; số đôi cực $p = 2$.

VIII.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 là động cơ điện một chiều có công suất vừa phải như trên, thì sơ đồ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển đối xứng là hợp lý hơn cả, bởi lẽ ở công suất này để tránh mất đối xứng biến áp (không thể thiết kế theo sơ đồ một pha và sơ đồ tia 3 pha vì sẽ làm mất đối xứng điện áp nguồn). Nên sơ đồ thiết kế chọn là sơ đồ cầu 3 pha có điều khiển đối xứng, như được vẽ trên hình 1.66.

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 .

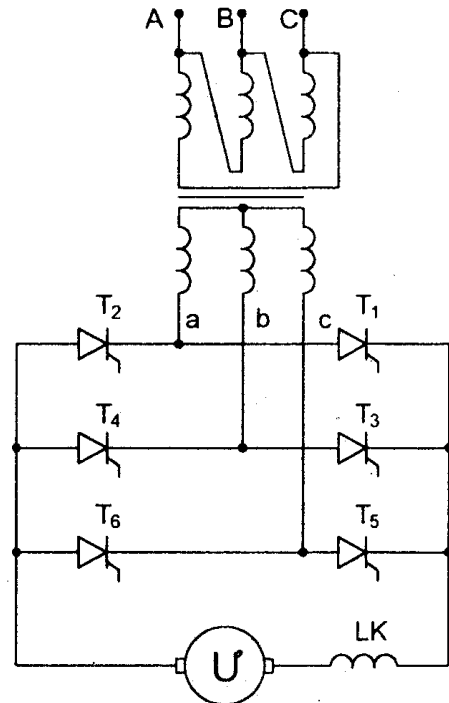
$$R = 2 \cdot R_{ba} + R_u + R_k + R_{dn} .$$

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

R_{ba}, L_{ba} là điện trở và điện kháng của máy biến áp qui đổi về thứ cấp:

$$\left. \begin{aligned} R_{ba} &= R_2 + R_1 \cdot \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^2 \\ L_{ba} &= L_2 + L_1 \cdot \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^2 \end{aligned} \right\} \quad (1.79)$$

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



Hình 1.66. Sơ đồ nguyên lý mạch động lực

R_u – điện trở mạch phần ứng động cơ được tính gần đúng như sau:

$$R_u = 0,5 \cdot (1-\eta) \cdot \frac{U_{udm}}{I_{udm}} \Omega = 0,5 \cdot (1-0,85) \cdot \frac{400}{79,41} = 0,38 \Omega.$$

L_u là điện cảm mạch phần ứng động cơ được tính theo công thức Umanxki_Lindvit:

$$L_u = \gamma \cdot \frac{U_{dm} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot p \cdot n_{dm} \cdot I_{dm}} = 0,25 \cdot \frac{400 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 980 \cdot 79,41} = 0,0061 \text{ H} = 6,1 \text{ mH}$$

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

VIII.2. Tính chọn Tiristor

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 Tiristor phải chịu :

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

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

Điện áp ngược của tiristor cần chọn:

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

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:

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

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 Mĩ 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 Tiristor 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 : $t_{cm} = 80 \mu\text{s}$

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

VIII.3. Tính toán máy biến áp chỉnh lưu

Chọn máy biến áp 3 pha 3 trụ sơ đồ đấu dây Δ/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 sơ cấp máy biến áp

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

3. Điện áp pha thứ cấp của máy biến áp

Phương trình cân bằng điện áp khi có tải:

$$U_{d0} \cdot \cos \alpha_{min} = U_d + 2 \cdot \Delta U_v + \Delta U_{dn} + \Delta U_{ba} \quad (1.80)$$

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 Tiristor

$\Delta U_{dn} \approx 0$ 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 máy biến áp :

$$U_{2f} = \frac{U_d}{k_u} = \frac{433,79}{2,34} = 185,45 \text{ V}$$

4. Dòng điện hiệu dụng thứ cấp của máy biến áp

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

5. Dòng điện hiệu dụng sơ cấp máy biến áp

$$I_1 = K_{ba} I_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2 = \frac{185,45}{380} \cdot 64,84 = 31,64 \text{ A}$$

TÍNH SƠ BỘ MẠCH TỪ (XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC BẢN MẠCH TỪ)

6. Tiết diện sơ bộ trụ

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

Trong đó:

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

m – số trụ của máy biến áp

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

Thay số ta được:

$$Q_{Fe} = 6 \cdot \sqrt{\frac{33353}{3 \cdot 50}} = 89,469 \text{ cm}^2$$

7. Đường kính trụ

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{Fe}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 89,469}{\pi}} = 10,67 \text{ cm}$$

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

8. Chọn loại thép 3330 các lá thép có độ dày 0,5 mm

Chọn mật độ từ cảm của trụ $B_t = 1 \text{ T}$

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 tròn $W_1 = 191$ 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 tròn $W_2 = 93$ vòng

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

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

13. Tiết diện dây dẫn sơ cấp máy biến áp

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

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

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

Kích thước dây dẫn có kể cách điện

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

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

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

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

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

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

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

Kích thước dây dẫn có kể cách điện: $S_{2cd} = a_2 \cdot b_2 = 3,28 \cdot 7,4 \text{ (mm} \times \text{mm)}$

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

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

KẾT CẤU DÂY DẪN SƠ CẤP

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

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

$$W_{11} = \frac{h - 2.h_g}{b_1} \cdot k_c = \frac{25 - 2 \cdot 1,5}{0,69} \cdot 0,95 = 30 \text{ vòng}$$

Trong đó:

$k_c = 0,95$ là hệ số ép chặt.

h – chiều cao trụ.

h_g – khoảng cách từ gông đến cuộn dây sơ cấp

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

18. Tính sơ bộ số lớp dây ở cuộn sơ cấp

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

19. 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 $191 - 6 \cdot 28 = 23$ vòng

20. Chiều cao thực tế của cuộn sơ cấp

$$h_1 = \frac{W_{11} \cdot b}{k_c} = \frac{28 \cdot 0,69}{0,95} = 20,34 \text{ cm}$$

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

22. Khoảng cách từ trụ tới cuộn dây sơ cấp chọn $cd_{01}=1,0$ cm.

23. Đường kính trong của ống cách điện.

$$D_t = d_{Fe} + 2 \cdot cd_{01} - 2 \cdot S_{01} = 11 + 2 \cdot 1 - 2 \cdot 0,1 = 12,8 \text{ cm}$$

24. Đường kính trong của cuộn sơ cấp

$$D_{t1} = D_t + 2 \cdot S_{01} = 12,8 + 2 \cdot 0,1 = 13 \text{ cm}$$

25. Chọn bề dày giữa hai lớp dây ở cuộn sơ cấp: $cd_{11}=0,1$ mm

26. Bề dày cuộn sơ cấp

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

27. Đường kính ngoài của cuộn sơ cấp

$$D_{n1} = D_{t1} + 2 \cdot B_{d1} = 13 + 2 \cdot 1,337 = 15,467 \text{ cm}$$

28. Đường kính trung bình của cuộn sơ cấp

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

29. Chiều dài dây quấn sơ cấp.

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

30. Chọn bề dày cách điện giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp: $cd_{12} = 1,0 \text{ cm}$

KẾT CẤU DÂY QUẤN THỨ CẤP

31. Chọn sơ bộ chiều cao cuộn thứ cấp

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

32. Tính sơ bộ số vòng dây trên một lớp

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

33. Tính sơ bộ số lớp dây quấn thứ cấp

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

34. Chọn số lớp dây quấn thứ cấp $n_{12} = 4 \text{ lớp}$. Chọn 6 lớp đầu có 24 vòng, lớp thứ 4 có $93 - 4 \cdot 24 = 21 \text{ vòng}$

35. Chiều cao thực tế của cuộn thứ cấp

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

36. Đường kính trong của cuộn thứ cấp.

$$D_{t2} = D_{n1} + 2 \cdot cd_{12} = 15,674 + 2 \cdot 1 = 17,674 \text{ cm}$$

37. Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp: $cd_2 = 0,1 \text{ mm}$

38. Bề dày cuộn sơ cấp

$$B_{d2} = (a_2 + cd_2) \cdot n_{12} = (0,328 + 0,01) \cdot 4 = 1,352 \text{ cm}$$

39. Đường kính ngoài của cuộn thứ cấp

$$D_{n2} = D_{t2} + 2 \cdot B_{d2} = 17,674 + 2 \cdot 1,352 = 20,378 \text{ cm}$$

40. Đường kính trung bình của cuộn thứ cấp

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

41. Chiều dài dây quấn thứ cấp

$$l_2 = \pi \cdot W_2 \cdot D_{tb2} = \pi \cdot 93 \cdot 19,026 = 55.5597 \text{ m}$$

42. Đường kính trung bình các cuộn dây

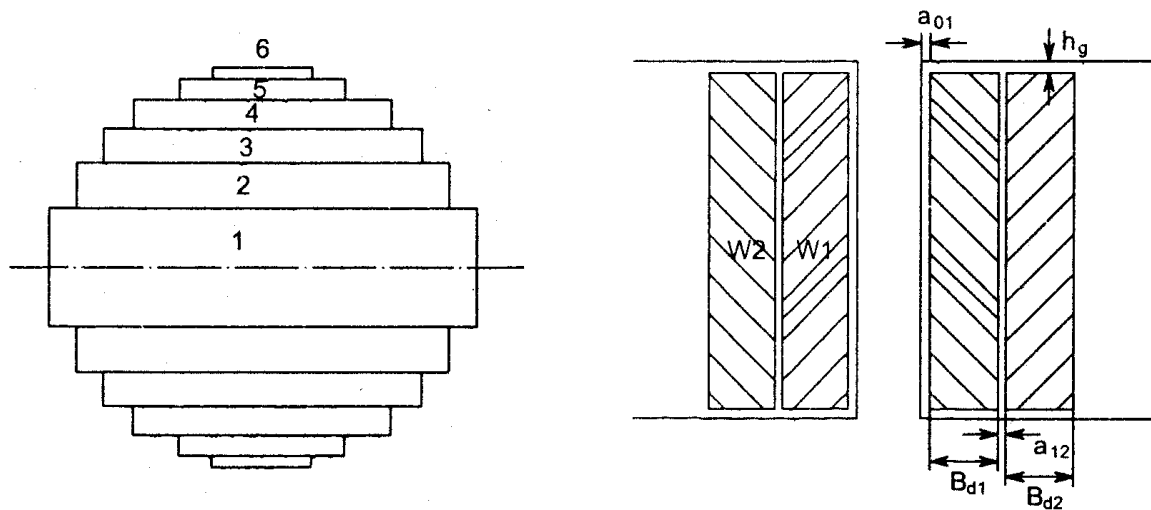
$$D_{l2} = \frac{D_{t1} + D_{n2}}{2} = \frac{13 + 20,378}{2} = 16,689 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_{l2} = \frac{D_{l2}}{2} = 8,344 \text{ cm}$$

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

TÍNH KÍCH THƯỚC MẠCH TỪ

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



Hình 1.67. Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ

45. Toàn bộ tiết diện bậc thang của trụ

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

46. Tiết diện hiệu quả của trụ

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

47. Tổng chiều dày các bậc thang của trụ

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

48. Số lá thép dùng trong các bậc

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

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

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

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

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

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

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 $Q_{bg} = a \times b = 107,1 \text{ cm}^2$

49. Tiết diện hiệu quả của gông

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

50. Số lá thép dùng trong một gông

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

51. Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ

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

52. Mật độ từ cảm trong gông

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

53. Chiều rộng của sổ

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

54. Tính khoảng cách giữa hai tâm trụ

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

55. Chiều rộng mạch từ

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

56. Chiều cao mạch từ

$$H = h + 2 \cdot d_{Fe} = 25 + 2 \cdot 10,5 = 46 \text{ cm}$$

TÍNH KHỐI LƯỢNG CỦA SẮT VÀ ĐỒNG

57. Thể tích của trụ

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

58. Thể tích của gông

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

59. Khối lượng của trụ

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

60. Khối lượng của gông

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

61. Khối lượng của sắt

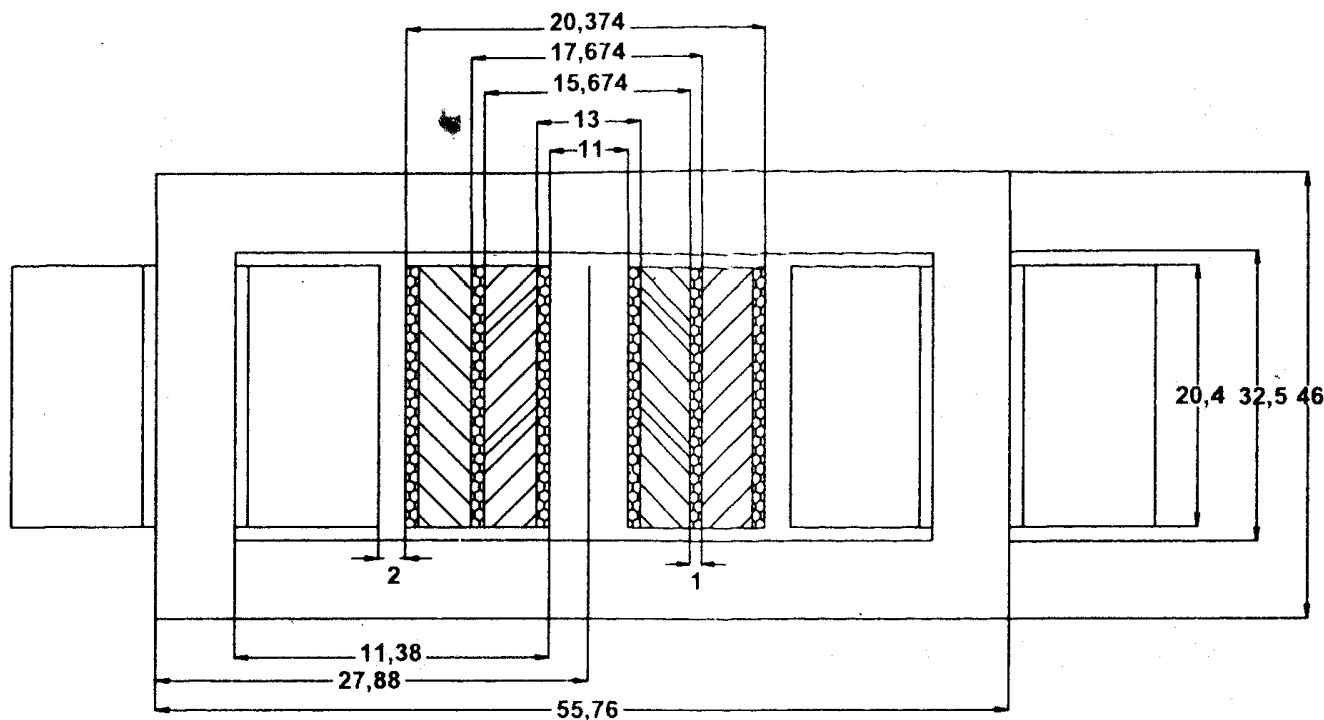
$$M_{Fe} = M_T + M_g = 48,21 + 93,752 = 141,962 \text{ Kg}$$

62. Thể tích đồng

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

63. Khối lượng của đồng

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



Hình 1.68. Sơ đồ kết cấu máy biến áp.

TÍNH CÁC THÔNG SỐ CỦA MÁY BIẾN ÁP

64. Điện trở của cuộn sơ cấp máy biến áp ở 75⁰ C

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

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

65. Điện trở cuộn thứ cấp máy biến áp ở 75⁰ C

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

66. Điện trở của máy biến áp quy đổi về thứ cấp

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

67. Sụt áp trên điện trở máy biến áp

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

68. Điện kháng máy biến áp quy đổi về thứ cấp

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

69. Điện cảm máy biến áp quy đổi về thứ cấp

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

70. Sụt áp trên điện kháng máy biến áp

$$\Delta U_x = \frac{3}{\pi} X_{BA} \cdot I_d = \frac{3}{\pi} 0,176 \cdot 79,41 = 13,35 \, V$$

71. Sụt áp trên máy biến áp

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{\Delta U_r^2 + \Delta U_x^2} = \sqrt{6,75^2 + 13,35^2} = 14,95 \, V$$

72. Điện áp trên động cơ khi có góc mở $\alpha_{min} = 10^0$

$$\begin{aligned} U &= U_{d0} \cdot \cos \alpha_{min} - 2 \cdot \Delta U_v - \Delta U_{BA} \\ &= 433,79 \cdot \cos 10^0 - 2 \cdot 1,6 - 19,46 = 405 \, V \end{aligned}$$

73. Tổng trở ngắn mạch qui đổi về thứ cấp

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

74. Tổn hao ngắn mạch trong máy biến áp

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

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

75. Tổn hao có tải có kể đến 15% tổn hao phụ

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

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

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

76. Điện áp ngắn mạch tác dụng

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

77. Điện áp ngắn mạch phản kháng

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

78. Điện áp ngắn mạch phần trăm

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

79. Dòng điện ngắn mạch xác lập

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

80. Dòng điện ngắn mạch tức thời cực đại

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

$$I_{\max} < I_{\text{pik}} = 2800 \, \text{A}$$

I_{pik} : Đỉnh xung max của Tiristor

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.

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

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

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

Vậy máy biến áp thiết kế sử dụng tốt.

82. Hiệu suất thiết bị chỉnh lưu

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

VIII.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 để có thể bù được sự giảm điện áp lưới.

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

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

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 :

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{U_{d \min}}{U_{do}} = \arccos \frac{U_{d \min}}{2,34 \cdot U_2} \quad (1.81)$$

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

$$\text{Từ } D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{U_{d \text{ dm}} - I_{u \text{ dm}} R_{u \Sigma}}{U_{d \min} - I_{u \text{ dm}} R_{u \Sigma}} \text{ suy ra}$$

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

$$\begin{aligned} U_{d \min} &= \frac{1}{D} \cdot [2,34 \cdot U_2 \cdot \cos \alpha_{\min} + (D-1) \cdot I_{u \text{ dm}} \cdot (R_u + R_{BA} + R_{dt})] \\ &= \frac{1}{20} \cdot \left[2,34 \cdot U_2 \cdot \cos \alpha_{\min} + (20-1) \cdot I_{u \text{ dm}} \cdot \left(R_u + R_{BA} + \frac{3}{\pi} \cdot X_{BA} \right) \right] \end{aligned}$$

Thay số

$$U_{d \min} = \frac{1}{20} \cdot \left[2,34.185,45 \cdot \cos \alpha_{\min} + (20-1) \cdot 79,412 \cdot \left(0,378 + 0,085 + \frac{3}{\pi} \cdot 0,176 \right) \right]$$

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

Thay số vào (1.81) ta được:

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{U_{d \min}}{U_{d0}} = \arccos \frac{648}{2,34.185,45} = 80,9^0$$

2. Xác định các thành phần sóng hài

Để thuận tiện cho việc khai triển chuỗi Fourier ta chuyển gốc toạ độ sang điểm θ_1 (thời điểm mở tiristor), khi đó điện áp tức thời trên tải khi Tiristor T_1 và T_4 dẫn

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

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

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

Trong đó $P = 6$ là số xung đập mạch trong một chu kì điện áp lưới.

Khai triển chuỗi Fourier của điện áp U_d :

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

Trong đó

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

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

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

Ta có $\frac{a_0}{2} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_2 \cdot \cos \alpha$

Vậy ta có biên độ của điện áp:

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

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

$$U_{k,n} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} \cdot U_{d0} \cdot \frac{1}{(6k)^2 - 1} \sqrt{1 + (6k)^2 \tan^2 \alpha}$$

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

3. Xác định điện cảm cuộn kháng lọc

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

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

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

Ta có:

$$U_u + U_{\sim} = E + R_u \cdot I_d + R_u \cdot i_{\sim} + L \frac{di_{\sim}}{dt}$$

Cân bằng hai vế

$$U_{\sim} = R \cdot i_{\sim} + L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt}; \text{ vì } R \cdot i_{\sim} \ll L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt} \text{ nên } U_{\sim} = L \cdot \frac{di_{\sim}}{dt}$$

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

$$U_{\sim} = U_{1m} \cdot \sin(6\theta + \varphi) \text{ nên}$$

$$I = \frac{1}{L} \int U_{\sim} dt = \frac{U_{1m}}{\rho \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \cos(6\theta + \varphi_1) = I_m \cdot \cos(6\theta + \varphi_1)$$

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

Suy ra

$$L \geq \frac{U_{Im}}{6.2.\pi.f.0,1.I_{dm}}$$

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

Trong đó

$$U_{Im} = 2. \frac{U_{do} \cos \alpha_{max}}{6^2 - 1} \sqrt{1 + 6^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{max}}$$

$$U_{Im} = 2. \frac{2,34.184,45. \cos 80,9^0}{36 - 1} \sqrt{1 + 36 \operatorname{tg}^2 80,9^0} = 146,95$$

Thay số:

$$L = \frac{147,78}{6.2.50.\pi.0,1.79,41} = 0,00986 \text{ H} = 9,8 \text{ mH}$$

Điện cảm mạch phản ứng đã có:

$$L_{uc} = L_u + 2.L_{BA} = 6,1 + 2.0,53 = 7,16 \text{ mH}$$

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:

Điện cảm yêu cầu của cuộn kháng lọc $L_k = 2,7 \text{ mH}$

Dòng điện định mức chạy qua cuộn kháng $I_m = 79,41 \text{ A}$

Biên độ dòng điện xoay chiều bậc 1 $I_{Im} = 10\% I_{dm} = 7,94 \text{ A}$

Các bước tính toán:

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 .

$$Z_k = X_k = 2.\pi.m.f.L_k = 2.\pi.6.50.2,70.10^{-3} = 5,09 \Omega$$

2. Điện áp xoay chiều rơi trên cuộn kháng lọc .

$$\Delta U_K = Z. \frac{I_{Idm}}{\sqrt{2}} = 5,09. \frac{7,94}{\sqrt{2}} = 28,58 \text{ V}$$

3. Công suất của cuộn kháng lọc .

$$S_k = \Delta U_K. \frac{I_{Idm}}{\sqrt{2}} = 28,58. \frac{7,94}{\sqrt{2}} = 160,46 \text{ VA}$$

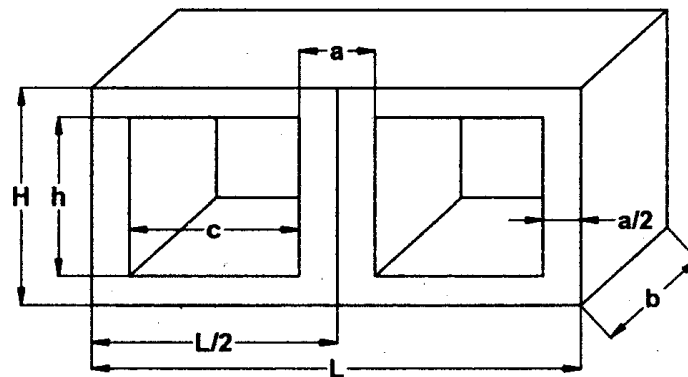
4. Tiết diện cực từ chính của cuộn kháng lọc .

$$Q = k_Q \cdot \sqrt{\frac{S_k}{m.f}} = 5 \cdot \sqrt{\frac{160,46}{6.50}} = 3,656 \text{ cm}^2$$

k_Q là hệ số phụ thuộc phương thức là mát, khi làm mát bằng không khí tự nhiên $k_Q = 5$.

Chuẩn hoá tiết diện trụ theo kích thước có sẵn:

Chọn $Q = 4,25 \text{ cm}^2$



Hình 1.69. Kết cấu mạch từ cuộn kháng

5. Với tiết diện trụ $Q = 4,25 \text{ cm}^2$

Chọn loại thép E330A, 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 E_k

$$E_k = 4,44 \cdot w \cdot f' \cdot B_T \cdot Q$$

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 $W = 63 \text{ vòng}$

8. Ta có dòng điện chạy qua cuộn kháng: $i = I_d + i_{lm} \cos(6\theta + \varphi_1)$

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: $S_1 = \frac{I_k}{J} = \frac{79,61}{2,75} = 28,95 \text{ mm}^2$

Chọn dây dẫn tiết diện hình chữ nhật, cách điện cấp B, chọn $S_k = 29,90 \text{ mm}^2$
 với kích thước dây: $a_k \times b_k = 3,80 \times 8,00 \text{ (mm} \times \text{mm)}$

Tính lại mật độ dòng: $j = \frac{I_k}{S_k} = \frac{79,61}{29,9} = 2,66 \text{ A/mm}^2$

10. Chọn tỷ số lấp đầy: $K_{ld} = \frac{w.S_k}{Q_{cs}} = 0,7$

11. Diện tích cửa sổ: $Q_{cs} = \frac{w.S_k}{k_{ld}} = \frac{63.29,9}{0,7} = 26,91 \text{ cm}^2$

12. Tính kích thước mạch từ: $Q_{cs} = c \cdot h$

Chọn $m = \frac{h}{a} = 3$

Suy ra $h = 3 \cdot a = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm}$

$c = \frac{Q_{cs}}{h} = \frac{26,91}{6,0} = 4,5 \text{ cm} = 45 \text{ mm}$

13. Chiều cao mạch từ: $H = h + a = 60 + 20 = 80 \text{ mm}$

14. Chiều dài mạch từ: $C = 2.c + 2.a = 2.45 + 2.20 = 130 \text{ mm}$

15. Chọn khoảng cách từ gông tới cuộn dây: $h_g = 2 \text{ mm}$

16. Tính số vòng trên một lớp: $w_l = \frac{h - 2.h_g}{b_k} = 7 \text{ vòng}$

17. Tính số lớp dây quấn: $n_l = \frac{w}{w_l} = \frac{63}{7} = 9 \text{ lớp}$

18. Chọn khoảng cách cách điện giữa dây quấn với trụ: $a_{0l} = 3 \text{ mm}$

Cách điện giữa các lớp: $cd_l = 0,1 \text{ mm}$

19. Bề dày cuộn dây: $B_d = (a_k + cd_l) \cdot n_l = (3,8 + 0,1) \cdot 9 = 35,1 \text{ mm}$

20. Tổng bề dày cuộn dây: $B_{d\Sigma} = B_d + a_{0l} = 35,1 + 3 = 38,1 \text{ mm}$

21. Chiều dài của vòng dây trong cùng:

$$l_1 = 2(a+b) + 2.\pi a_{0l} = 2(20+25) + 2.\pi.3 = 108,8 \text{ mm}$$

22. Chiều dài của vòng dây ngoài cùng:

$$l_2 = 2(a+b) + 2\pi.(a_{0l} + B_d) = 2.(20+25) + 2\pi(3+35,1) = 329,4 \text{ mm}$$

23. Chiều dài trung bình của một vòng dây

$$l_{tb} = (l_1 + l_2) / 2 = (108,8 + 329,4) / 2 = 219,1 \text{ mm}$$

24. Điện trở của dây quấn ở 75°

$$R = \rho_{75} \cdot l_{tb} \cdot w / s_k = 0,02133 \cdot 219,1 \cdot 10^{-3} \cdot 63 / 29,9 = 0,0098 \, \Omega$$

với $\rho_{75} = 0,02133 \, (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$ Điện trở suất của đồng ở 75° c

ta thấy điện trở rất bé nên giả thiết ban đầu bỏ qua điện trở là đúng

25. Thể tích sắt

$$V_{fe} = 2 \cdot a \cdot b \cdot h + 2 \cdot a / 2 \cdot b \cdot l = a \cdot b \cdot (2h + l) = 0,125 \, \text{dm}^3$$

26. Thể tích sắt

$$M_{fe} = V_{fe} \cdot m_{fe} = 0,944 \, \text{Kg}$$

Trong đó m_{fe} là khối lượng riêng của sắt $m_{fe} = 7,85 \, \text{kg/dm}^3$

27. Khối lượng đồng: $M_{cu} = V_{cu} \cdot m_{cu} = s_k \cdot l_{tb} \cdot w \cdot m_{cu} = 3,7 \, \text{Kg}$.

Trong đó: $m_{cu} = 8,9 \, \text{kg/dm}^3$

VIII.5 Tính chọn các thiết bị bảo vệ mạch động lực

1. Sơ đồ mạch động lực có các thiết bị bảo vệ

Sơ đồ mạch động lực với đầy đủ bảo vệ mô tả trên hình 1.70

2. Bảo vệ quá nhiệt độ cho các van bán dẫn

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

Tính toán cánh tản nhiệt:

Thông số cần có:

+ Tổn thất công suất trên 1 Tiristor: $\Delta p = \Delta U \cdot I_{lv} = 73,4 \, \text{W}$

+ Diện tích bề mặt toả nhiệt: $S_{TN} = \Delta p / K_m \cdot \tau$

Trong đó:

Δp – tổn hao công suất W

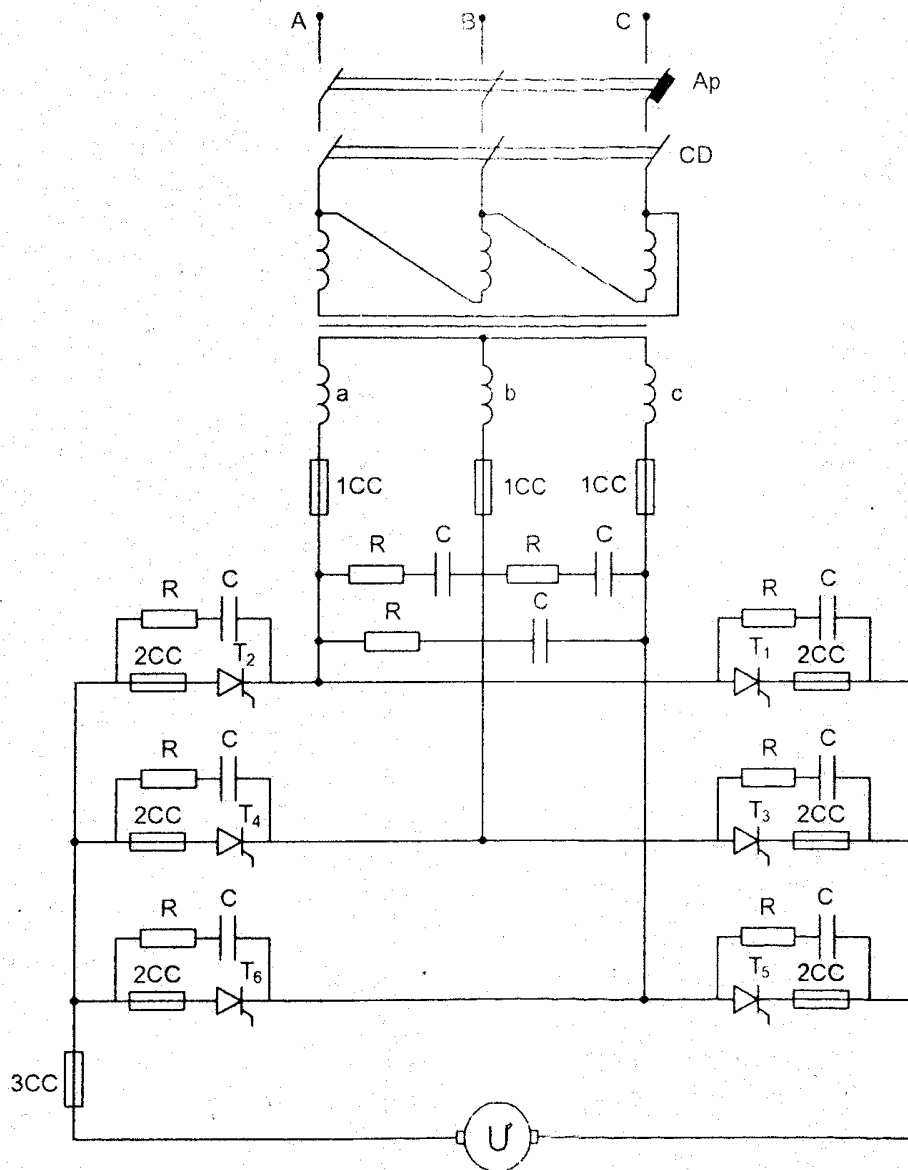
τ – độ chênh nhiệt độ so với môi trường

Chọn nhiệt độ môi trường $T_{mt} = 40^\circ \text{C}$.

Nhiệt độ làm việc cho phép của Tiristor $T_{cp} = 125^\circ \text{C}$.

Chọn nhiệt độ trên cánh toả nhiệt $T_{lv} = 80^\circ \text{C}$

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



Hình 1.70. Mạch động lực có các thiết bị bảo vệ

K_m hệ số toả nhiệt bằng đối lưu và bức xạ. Chọn $K_m = 8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

vậy $S_{TN} = 0,2294 \text{ m}^2$

Chọn loại cánh toả nhiệt có 12 cánh, kích thước mỗi cánh

$a \times b = 10 \times 10 \text{ (cm x cm)}$.

Tổng diện tích toả nhiệt của cánh $S_{TN} = 12.2.10.10 = 2400 \text{ cm}^2$

3. Bảo vệ quá dòng điện cho van

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

– Chọn 1 aptomat có

Dòng điện làm việc chạy qua aptomat

$$I_{lv} = \frac{S_{ba}}{\sqrt{3} \cdot 380} = 50,53 \text{ A}$$

Dòng điện aptomat cần chọn

$$I_{dm} = 1,1 I_{lv} = 1,1 \cdot 50,53 = 55,58 \text{ A}$$

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

Có 3 tiếp điểm chính, có thể đóng cắt bằng tay hoặc bằng nam châm điện. Chính định dòng ngắn mạch $I_{nm} = 2,5 I_{lv} = 126 \text{ A}$

$$\text{Dòng quá tải } I_{qt} = 1,5 \cdot I_{lv} = 75 \text{ A}$$

Từ thông số trên chọn aptomat SA63B do hãng Fuji chế tạo, có thông số $I_{dm} = 60 \text{ A}$, $U_{dm} = 380 \text{ V}$.

Chọn cầu dao có dòng định mức $I_{qt} = 1,1 \cdot I_{lv} = 50,53 \text{ A}$

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

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

Nhóm 1cc: dòng điện định mức dây chảy nhóm 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 chảy nhóm : 1cc loại 80 A

2cc loại 50 A

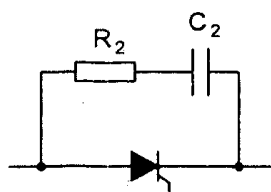
3cc loại 100 A

4. Bảo vệ quá điện áp cho van

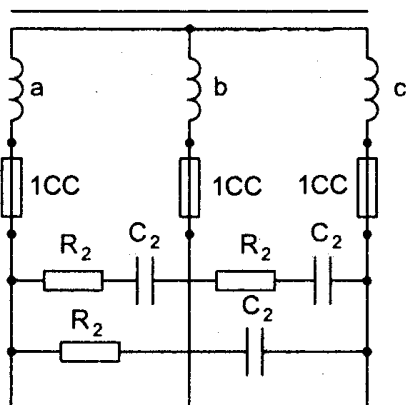
– Bảo vệ quá điện áp do quá trình đóng cắt Tiristor được thực hiện bằng cách mắc R– C song song với Tiristor. Khi có sự chuyển mạch, các điện tích tích tụ trong các lớp bán dẫn phóng ra ngoài tạo ra dòng điện ngược trong khoảng thời gian ngắn, sự biến thiên nhanh chóng của dòng điện ngược gây ra sức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

Theo kinh nghiệm $R_1 = (5 \div 30) \Omega$; $C_1 = (0,25 \div 4) \mu\text{F}$

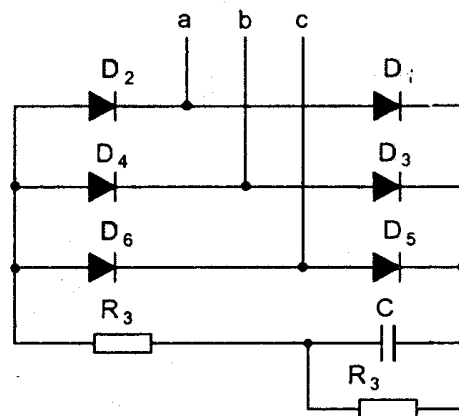
Chọn theo tài liệu [4]: $R_1 = 5,1 \Omega$; $C_1 = 0,25 \mu\text{F}$



Hình 1.71.
Mạch R – C bảo vệ quá điện áp do chuyển mạch



Hình 1.72. Mạch R – C bảo vệ điện áp từ lưới



Hình 1.73. Mạch cầu 3 pha dùng diốt tải RC bảo vệ do cắt MBA non tải

– Bảo vệ xung điện áp từ lưới điện ta mắc mạch R–C như hình 1.72 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]: $R_2 = 12,5 \, \Omega$; $C_2 = 4 \, \mu\text{F}$

+ 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 diod công suất bé. Thông thường giá trị tự chọn trong khoảng $10 \div 200 \, \mu\text{F}$.

Chọn theo tài liệu [4]: $R_3 = 470 \, \Omega$; $C = 10 \, \mu\text{F}$

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

VIII.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 1.74.

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

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

+ Điện áp điều khiển Tiristor: $U_{dk} = 3,0 \, \text{V}$

+ Dòng điện điều khiển Tiristor: $I_{dk} = 0,1 \, \text{A}$

+ Thời gian mở Tiristor: $t_m = 80 \, \mu\text{s}$

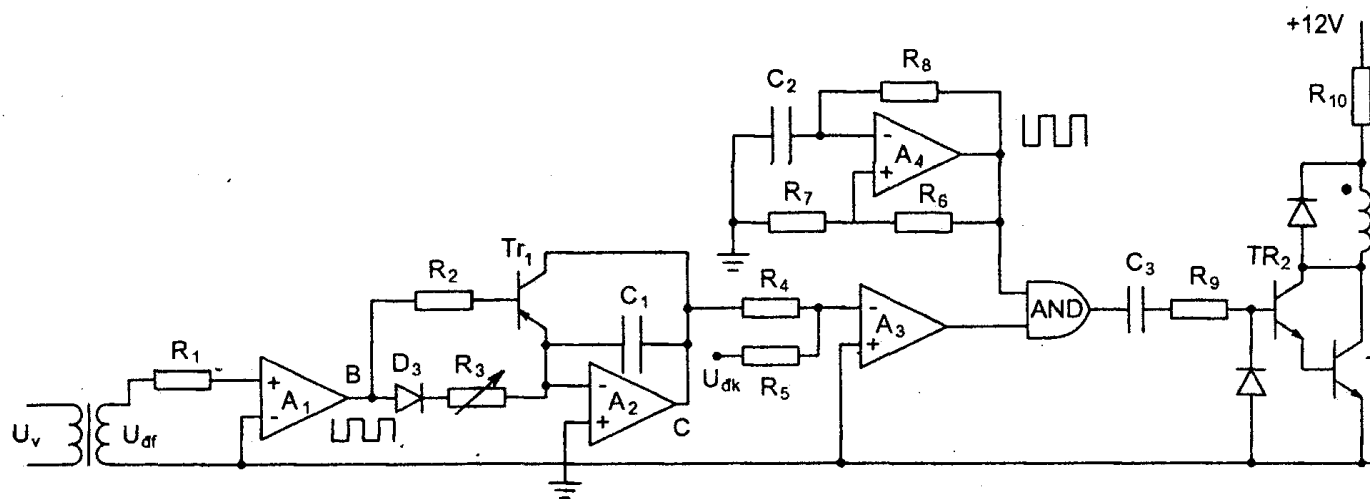
+ Độ rộng xung điều khiển $t_x = 2.t_m = 160 \, (\mu\text{s})$ – tương đương khoảng 3° điện

+ Tần số xung điều khiển: $f_x = 3 \, \text{kHz}$.

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

+ Điện áp nguồn nuôi mạch điều khiển $U = \pm 12 \, \text{V}$

+ Mức sụt biên độ xung: $s_x = 0,15$



Hình 1.74. Sơ đồ mạch điều khiển một kênh của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng

1. Tính biến áp xung

+ Chọn vật liệu làm lõi là sắt Ferit HM. Lõi có dạng hình xuyên, làm việc trên một phần của đặc tính từ hoá có: $\Delta B = 0,3 \text{ T}$, $\Delta H = 30 \text{ A/m}$ [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: $U_2 = U_{dk} = 3,0 \text{ V}$

+ 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: $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ (H/m)}$ là độ từ thẩm của không khí

Thể tích của lõi thép cần có:

$$V = Q \cdot L = (\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot t_x \cdot s_x \cdot U_1 \cdot I_1) / \Delta B^2$$

$$\text{Thay số } V = 0,834 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,834 \text{ cm}^3.$$

Chọn mạch từ OA-20/25-6,5 có thể tích $V = Q \cdot l = 0,162 \cdot 7,1 = 1,15 \text{ cm}^3$. Với thể tích đó ta có kích thước mạch từ như sau:

$$a = 2,5 \text{ mm}; b = 6,5 \text{ mm}; Q = 0,162 \text{ cm}^2 = 16,2 \text{ mm}^2; Q_{cs} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$d = 20 \text{ mm}; D = 25 \text{ mm}$. Chiều dài trung bình mạch từ: $l = 7,1 \text{ cm}$

+ Số vòng quấn dây sơ cấp biến áp xung:

Theo định luật cảm ứng điện từ:

$$U_1 = w_1 \cdot Q \cdot dB/dt = w_1 \cdot Q \cdot \Delta B / t_x$$

$$w_1 = U_1 \cdot t_x / \Delta B \cdot Q = 227 \text{ vòng};$$

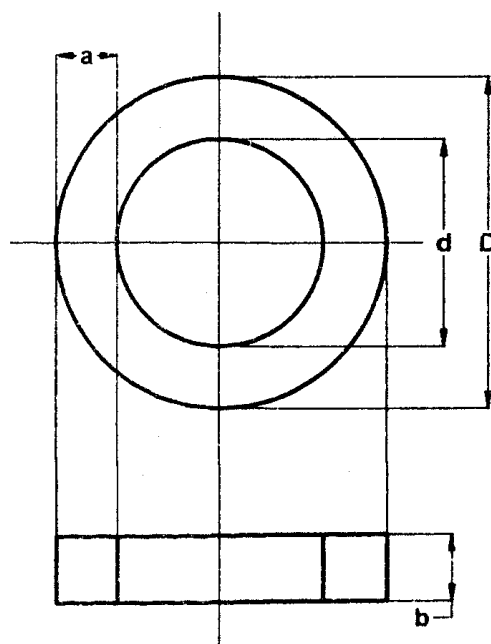
+ Số vòng dây thứ cấp: $W_2 = w_1 / m = 227 / 3 = 75 \text{ (vòng)}$

+ Tiết diện dây quấn thứ cấp: $S_1 = I_1 / J_1 = 33,3 \cdot 10^{-3} / 6 = 0,0056 \text{ mm}^2$

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 $d_1 = 0,1 \text{ mm}$ $S_1 = 0,00785 \text{ mm}^2$



Hình 1.75. Hình chiếu lõi biến áp xung

+ Tiết diện dây quấn thứ cấp: $S_2 = I_2 / J_2 = 0,1/4 = 0,025 \text{ mm}^2$

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

Bảng 1.5. Bảng thông số các loại lõi thép xuyên tròn

Loại lõi thép	Kích thước mm				Số liệu cần tra cứu				
	d	a	b	D	Q (cm ²)	l cm	Q _{cs} (cm ²)	P (g)	Q.Q _{cs} (cm ⁴)
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

+ Đường kính dây quấn thứ cấp: $d_2 = \sqrt{\frac{4S_2}{\pi}} = 0,178 \text{ mm}$

Chọn dây có đường kính $d_2 = 0,18 \text{ mm}$, $S_2 = 0,02545 \text{ mm}^2$

+ Kiểm tra hệ số lấp đầy:

$$K_{ld} = \frac{S_1 \cdot W_1 + S_2 \cdot W_2}{Q_{cs}} = \frac{0,00785 \cdot 227 + 0,02545 \cdot 75}{314} = 0,0117$$

Như vậy, cửa sổ đủ diện tích cần thiết

2. Tính tầng khuếch đại cuối cùng

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

Tranzitor loại npn, vật liệu bán dẫn là Si.

Điện áp giữa Colecto và Bazơ khi hở mạch Emito: $U_{CBO} = 40V$

Điện áp giữa Emitơ và Bazơ khi hở mạch Colecto: $U_{EBO} = 4V$

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 : $I_{B3} = I_{c3} / \beta = 33,3 / 50 = 0,66 \text{ mA}$

Ta thấy rằng với loại Tiristor 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 Tr_3 khá bé, trong trường hợp này ta có thể không cần Tranzito Tr_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 Tr_3 .

$$R_{10} = (E - U_1) / I_1 = 90 (\Omega)$$

Tất cả các diod 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 diod 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 AND (sơ đồ chân hình 1.76), các thông số:

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

Nhiệt độ làm việc: $-40^\circ \text{ C} \div 80^\circ \text{ C}$

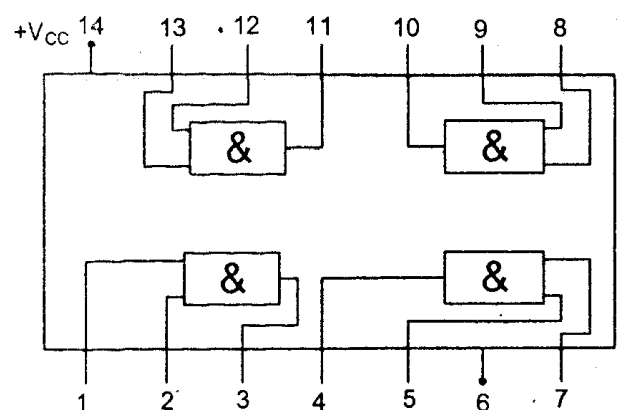
Điện áp ứng với mức logic “1”: $2 \div 4,5 \text{ V}$.

Dòng điện nhỏ hơn 1 mA

Công suất tiêu thụ $P = 2,5 \text{ mW/1 cổng}$.

4. Chọn tụ C_3 và R_9

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



Hình 1.76. Sơ đồ chân IC 4081

$$R_9 \geq \frac{U}{I_{b3}} = \frac{12}{2 \cdot 10^{-3}} = 6 \text{ k}\Omega ; \text{ chọn } R_9 = 6,8 \text{ k}\Omega.$$

Trong đó : $U = 12 \text{ V} ; I_{c3} = I_{\text{AND}} = 2 \text{ mA} < \frac{I_{c3}}{\beta} = 10 \text{ mA}$

Chọn C_3 . $R_9 \cdot t_x = 167 \text{ }\mu\text{s}$. Suy ra $C_3 = t_x / R_9$

$C = 167 / 6,8 \cdot 10^3 = 0,024 \text{ }\mu\text{F}$. 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 TL084 do hãng texasInstruments chế tạo, mỗi IC này có 4 khuếch đại thuật toán (sơ đồ chân hình 1.77). Thông số của TL084:

Điện áp nguồn nuôi : $V_{cc} = \pm 18 \text{ V}$ chọn $V_{cc} = \pm 12 \text{ V}$

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

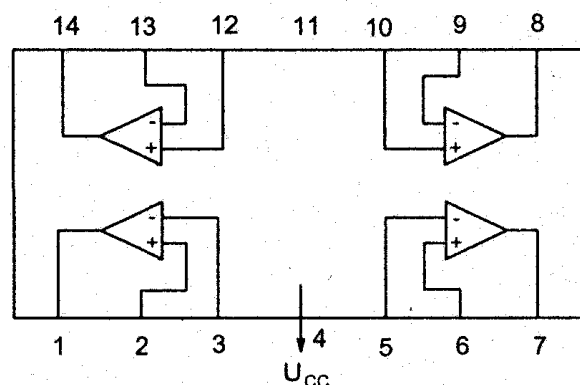
Nhiệt độ làm việc : $T = -25 \div 85^\circ \text{ C}$

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

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

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

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



Hình 1.77. Sơ đồ chân IC TL084

Mạch tạo chùm xung có tần số $f_x = 1/2t_x = 3 \text{ kHz}$ hay chu kỳ của xung chùm

$T = 1/f = 334 \text{ }(\mu\text{s})$; ta có: $T = 2 \cdot R_8 \cdot C_2 \cdot \ln(1 + 2 \cdot R_8 / R_7)$

Chọn $R_6 = R_7 = 33 \text{ (k}\Omega)$ thì $T = 2,2 R_8 \cdot C_2 = 334 \text{ }(\mu\text{s})$

Vậy: $R_8 \cdot C_2 = 151,8 \text{ }(\mu\text{s})$

Chọn tụ $C_2 = 0,1 \mu\text{F}$ có điện áp $U = 16 \text{ V} ; R_8 = 1,518 \text{ }\Omega$.

Để thuận tiện cho việc điều chỉnh khi lắp mạch thì ta chọn R_8 là biến trở $2 \text{ K}\Omega$

6. Tính chọn tầng so sánh

Khuếch đại thuật toán đã chọn loại TL084

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 $I_{Iv} < 1 \text{ mA}$.

Chọn $R_4 = R_5 > U_v / I_v = 12 / 1 \cdot 10^{-3} = 12 \text{ K}\Omega$

Do đó ta chọn $R_4 = R_5 = 15 \text{ (k}\Omega\text{)}$ khi đó dòng vào A_3 :

$$I_{v\max} = 12 / (15 \cdot 10^3) = 0,8 \text{ mA}$$

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 $T_r = R_3 \cdot C_1 = 0,005 \text{ s}$.

Chọn tụ $C_1 = 0,1 \text{ (}\mu\text{F)}$ thì điện trở $R_3 = T_r / C_1 = 0,005 / 0,1 \cdot 10^{-6}$

$$\text{Vậy: } R_3 = 50 \cdot 10^3 \text{ }\Omega = 50 \text{ k}\Omega$$

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 Tr_1 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 : $T_{cp} = 150^\circ \text{ C}$

Hệ số khuếch đại : $\beta = 250$

Dòng cực đại của Bazơ : $I_{B3} = I_c / \beta = 100 / 250 = 0,4 \text{ mA}$

Điện trở R_2 để hạn chế dòng điện đi vào bazơ tranzito Tr_1 được chọn như sau:

Chọn R_2 thỏa mãn điều kiện: $R_2 \geq U_{N\text{ Max}} / I_B \approx 12 / 0,4 \cdot 10^{-3} = 30 \text{ k}\Omega$

Chọn $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$

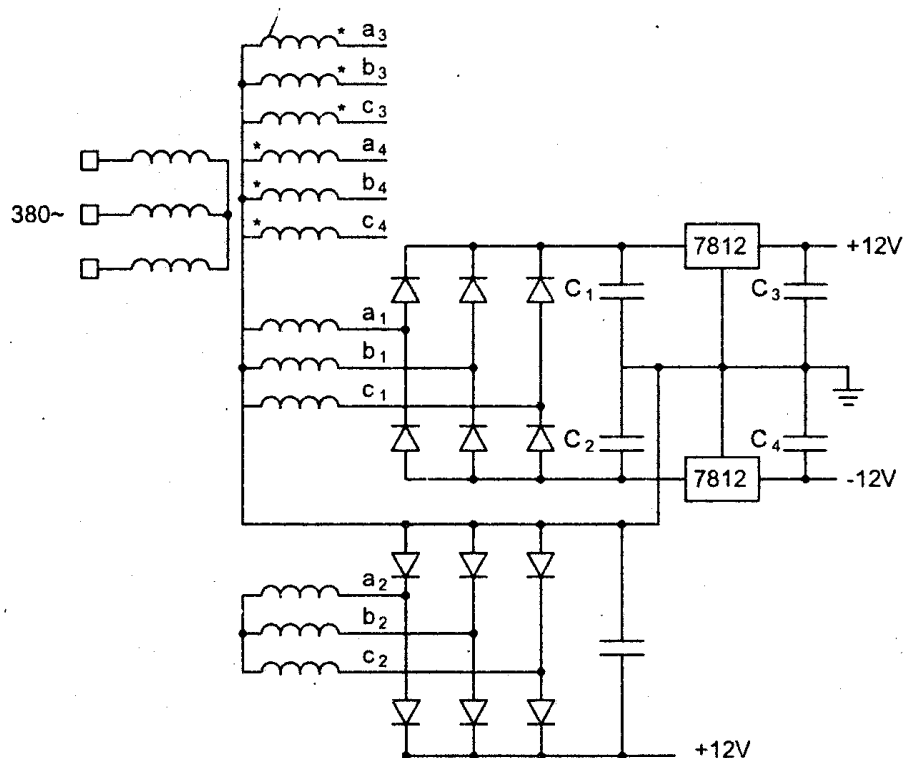
Chọn điện áp xoay chiều đồng pha: $U_A = 9 \text{ V}$.

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

$R_1 > U_A / I_v = 9 / 1 \cdot 10^{-3} = 9 \text{ K}\Omega$. Chọn $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$).

8. Tạo nguồn nuôi

Thiết kế máy biến áp dùng cho cả việc tạo điện áp đồng pha và tạo nguồn nuôi, chọn kiểu máy biến áp 3 pha 3 trụ, trên mỗi trụ có 5 cuộn dây (như hình 1.78), một cuộn sơ cấp và bốn cuộn thứ cấp.



Hình 1.78. Sơ đồ nguyên lý tạo nguồn nuôi mạch điều khiển

Cuộn thứ cấp thứ nhất.

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

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

$$U_{21} = \frac{20}{\sqrt{2}} = 14,18\text{ V}$$

Chọn $U_{21} = 14\text{ V}$

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: $U_V = 7\div 35\text{ V}$.

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

IC 7912 có $U_{ra} = -12\text{ V}$.

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

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

Chọn $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 470 (\mu\text{F})$; $U = 35 \text{ V}$

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

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

9. Tính toán máy biến áp nguồn nuôi và đồng pha

1. Điện áp lấy ra ở thứ cấp cuộn dây nguồn nuôi IC: $U_{21} = 14 \text{ V}$.

2. Công suất tiêu thụ ở 6 IC TL 084 sử dụng làm khuếch thuật toán ta chọn hai IC TL 084 để tạo 6 kênh điều khiển và 2 cổng AND.

$$P_{IC} = 8. P_{IC} = 8.0,68 = 5,12 \text{ W}$$

3. Công suất BAX cấp cho cực điều khiển Tiristor.

$$P_x = 6. U_{NX} \cdot I_{dk} = 6.3.0,1 = 1,8 \text{ W}$$

4. Điện áp pha thứ cấp cuộn dây nguồn nuôi biến áp xung a_2, b_2, c_2 .

$$U_{22} = \frac{12}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} = 4,91 \text{ V}; \text{ chọn } 5 \text{ V}$$

5. Điện áp lấy ra ở thứ cấp cuộn dây đồng pha ($a_3, b_3, c_3, a_4, b_4, c_4$) $U_{3,4} = 5 \text{ V}$

6. Dòng điện chạy qua cuộn dây đồng pha chọn 10 mA

7. Công suất các cuộn dây đồng pha

$$P_{df} = 6. U_{df} \cdot I_{df} = 6.5.0,01 = 0,3 \text{ W}$$

8. Công suất sử dụng cho việc tạo nguồn nuôi.

$$P_N = P_{df} + P_{IC} + P_x$$

$$P_N = 0,3 + 5,12 + 1,8 = 7,22 \text{ W}$$

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

$$S = 1,05. P_N = 1,05. 7,22 = 7,58 \text{ VA}.$$

10. Dòng điện sơ cấp máy biến áp:

$$I_1 = S / 3. U_1 = 7,58 / 3. 220 \approx 0,0114 \text{ A}$$

11. Tiết diện trụ của máy biến áp được tính theo công thức :

$$Q_t = k_Q \cdot \sqrt{\frac{S}{m \cdot f}} = 1,34 \text{ cm}^2$$

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.

Vì kích thước này quá nhỏ nên ta chọn chuẩn hoá tiết diện trụ theo bảng

$$Q_t = 1,63 \text{ cm}^2.$$

Kích thước mạch từ lá thép dày $\sigma = 0,5 \text{ mm}$

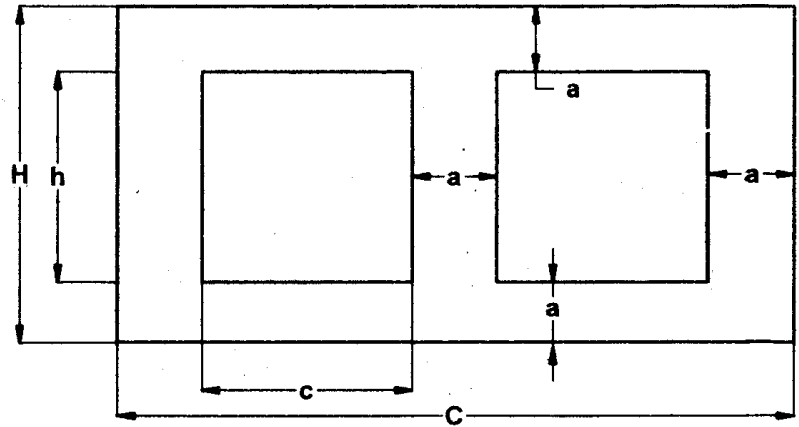
Số lượng lá thép: 68 lá

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

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

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

hệ số ép chặt $k_c = 0,85$.



Hình 1.79. Kích thước mạch từ biến áp

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

$$W_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot B \cdot Q_T} = 6080 \text{ vòng}$$

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

Tiết diện dây quấn sơ cấp:

$$S_1 = \frac{I_1}{J} = \frac{0,0114}{2,75} = 0,0041 \text{ mm}^2$$

Đường kính dây quấn sơ cấp:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = 0,072 \text{ mm}$$

Chọn $d_1 = 0,1 \text{ mm}$ để đảm bảo độ bền cơ. Đường kính có kể cách điện:

$$d_{lcd} = 0,12 \text{ mm}.$$

14. Số vòng dây quấn thứ cấp W_{21} :

$$W_{21} = W_1 \cdot \frac{U_2}{U_1} = 6080 \cdot \frac{14}{220} = 396 \text{ vòng}$$

15. Số vòng dây quấn thứ cấp W_{22} :

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

16. Số vòng dây quấn thứ cấp W_{23} :

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

17. Đường kính dây quấn các cuộn thứ cấp vì kích thước nhỏ không đáng kể chọn 0,26 mm:

Các thông số còn lại của biến áp nguồn nuôi được tính như đã giới thiệu ở trên.

18. Tính chọn diốt cho bộ chỉnh lưu nguồn nuôi:

+ Dòng điện hiệu dụng qua diốt:

$$I_{DHD} = \frac{I_{\Sigma IC}}{\sqrt{3}} \approx \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{5,12W}{2,12V} = 0,123A$$

+ Điện áp ngược lớn nhất mà diốt phải chịu: $U_{Nmax} = \sqrt{6} \cdot U_{21} = 2,45 \cdot 14 = 34,3 \text{ V}$

+ Chọn diốt có dòng định mức:

$$I_{dm} \geq K_i \cdot I_{DHD} = 10 \cdot 0,123 = 1,23 \text{ A}$$

Chọn diốt có điện áp ngược lớn nhất:

$$U_n = k_u \cdot U_{Nmax} = 2 \cdot 34,3 = 68,6 \text{ V}$$

Chọn diốt loại KII208A có các thông số:

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

+ Điện áp ngược cực đại của diốt: $U_N = 100 \text{ V}$.