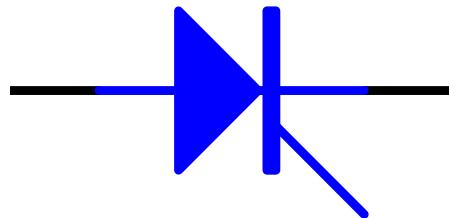


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
BỘ MÔN THIẾT BỊ ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

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



Biên soạn: TRẦN VĂN THỊNH

Hà nội, năm 2000

Mục đích yêu cầu:

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

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

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

Nội dung TK

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

8.1 Tóm tắt lý thuyết.

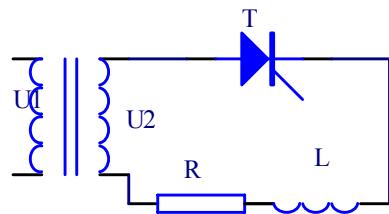
Để cấp nguồn cho tải một chiều, chúng ta cần thiết kế các bộ chỉnh lưu với mục đích biến đổi năng lượng điện xoay chiều thành một chiều. Các loại bộ biến đổi này có thể là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Với mục đích giảm công suất vô công, người ta thường mắc song song ngược với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

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

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

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

1. Chỉnh lưu một nửa chu kỳ.



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

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

$$U_{d0} = 0,45 \cdot U_2 \quad (8-1)$$

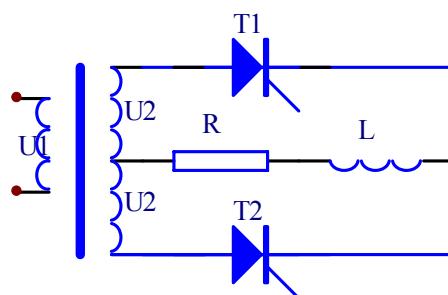
Với chất lượng điện áp rất xấu và cũng cho ta hệ số sử dụng biến áp xấu:

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

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

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

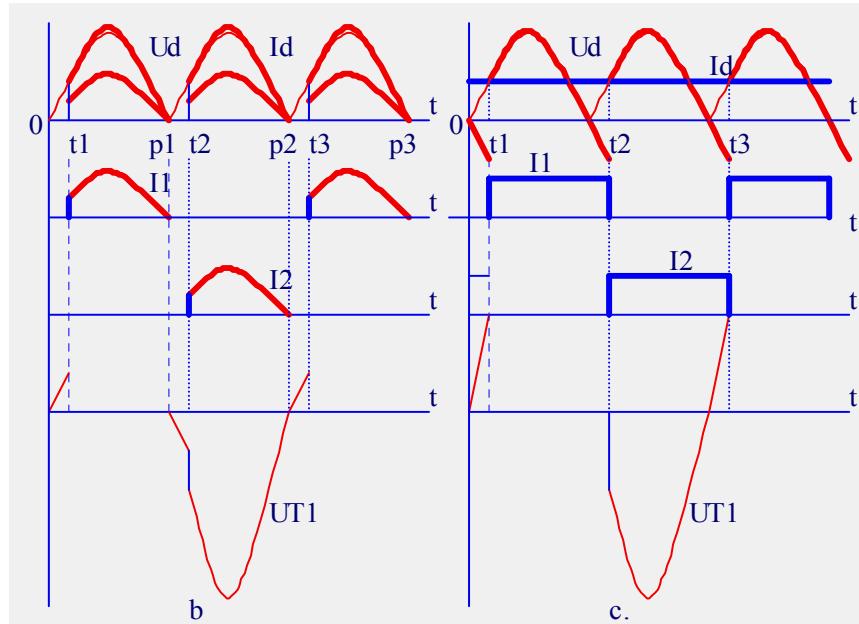
2. Chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính.



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

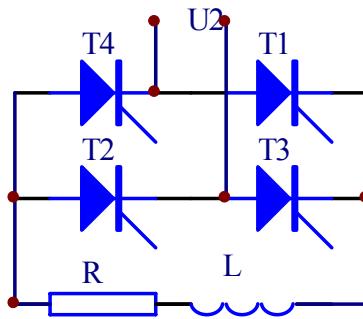
$$U_{nv} = 2\sqrt{2}U_2$$

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

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

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

3. Chỉnh lưu cầu một pha.



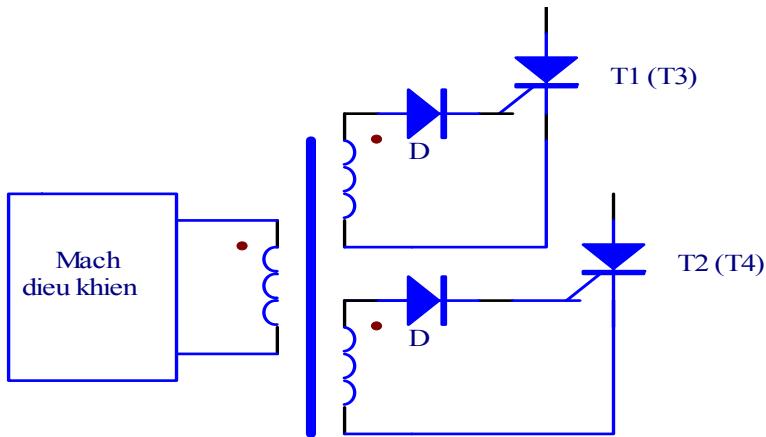
Hình 8.4. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng.

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

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

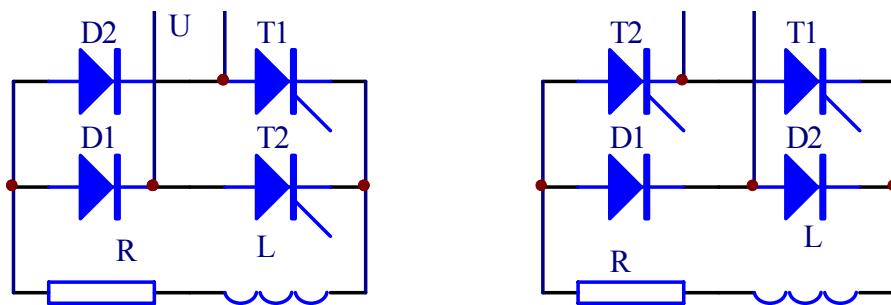
Việc điều khiển đồng thời các Tiristo T1,T2 và T3,T4 có thể thực hiện bằng nhiều cách, một trong những cách đơn giản nhất là sử dụng biến áp xung có hai cuộn thứ cấp như hình 8.5.

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



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

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

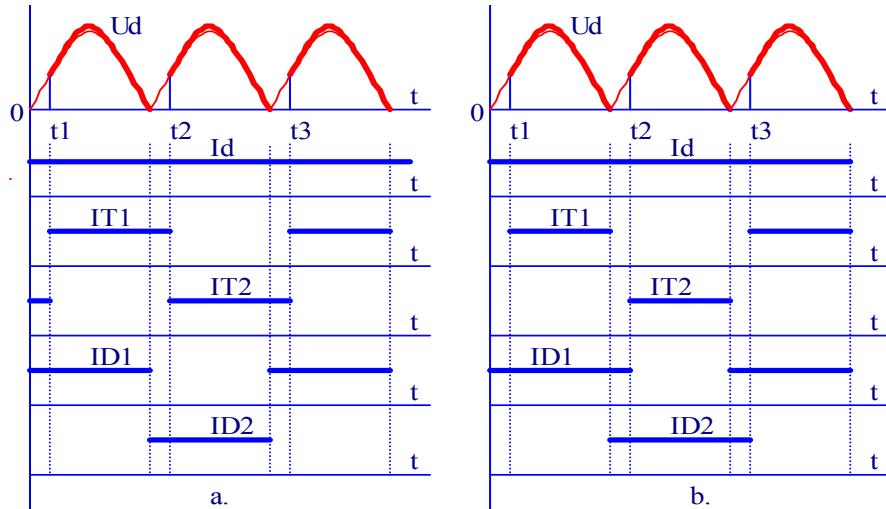


Hình 8.6. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đổi xứng.

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

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

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



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

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

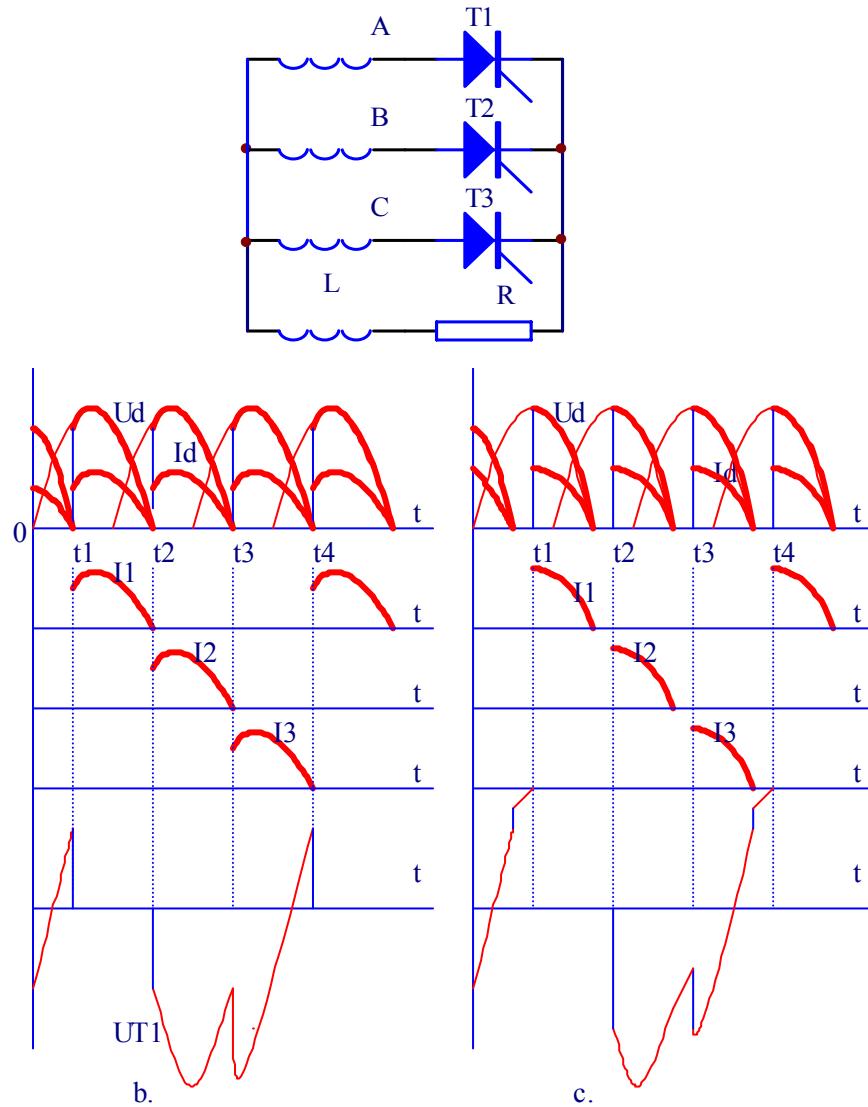
Các sơ chỉnh lưu một pha cho ta điện áp với chất lượng chưa cao, biên độ đập mạch điện áp quá lớn, thành phần hài bậc cao lớn điều này không đáp ứng được cho nhiều loại tải. Muốn có chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta phải sử dụng các sơ đồ có số pha nhiều hơn.

4. Chỉnh lưu tia ba pha.

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

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

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



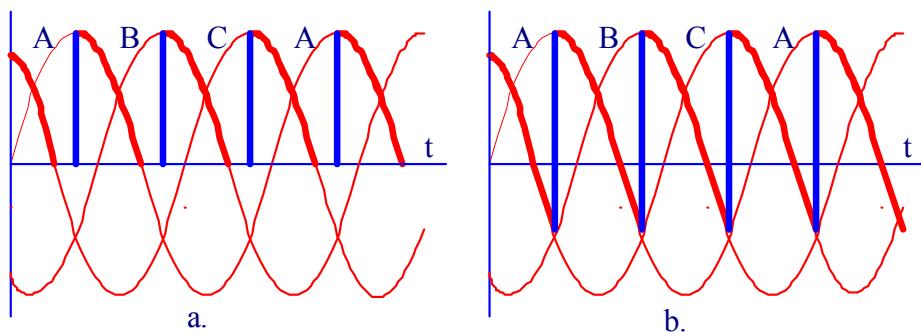
Hình 8.8. Chỉnh lưu tia ba pha

- a. Sơ đồ động lực; b- Giản đồ đường các cong khi $\alpha = 30^0$ tải thuận trớ; c- Giản đồ các đường cong khi $\alpha = 60^0$ các đường cong gián đoạn.

Theo hình 8.8b,c tại mỗi thời điểm nào đó chỉ có một van dẫn, như vậy mỗi van dẫn thông trong $1/3$ chu kỳ nếu điện áp tải liên tục (đường cong I_1, I_2, I_3 trên hình 8.8b), còn nếu điện áp tải gián đoạn thì thời gian dẫn thông của các van nhỏ hơn. Tuy nhiên trong cả hai trường hợp dòng điện trung bình của các van đều bằng $1/3.Id$. Trong khoảng thời gian van dẫn dòng điện của van bằng dòng điện tải, trong khoảng van khoá dòng điện van bằng 0. Điện áp của van phải chịu bằng điện dây giữa pha có van khoá với pha có van đang dẫn.

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

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



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

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

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

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

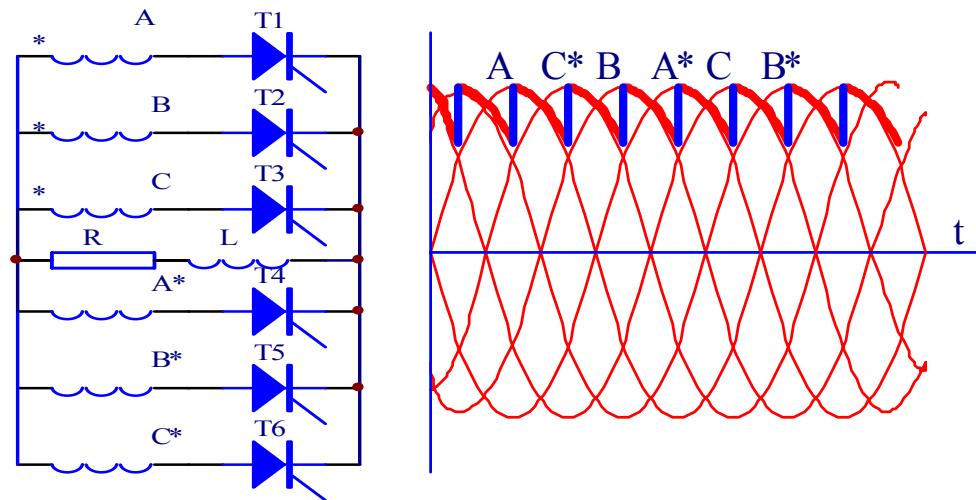
Trong đó; $U_{do} = 1,17 \cdot U_{2f}$ điện áp chỉnh lưu tia ba pha khi van la điôt.

U_{2f} - điện áp pha thứ cấp biến áp.

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

trung tính chịu dòng điện tải.

5. Chỉnh lưu tia sáu pha:



Hình 8.10. Chỉnh lưu tia sáu pha.

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

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

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

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

6. Chỉnh lưu cầu ba pha.

Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đổi xứng.

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