

CHƯƠNG HAI BỘ NGUỒN MỘT CHIỀU BÁN DẪN

II.1 PHÂN LOẠI:

Với nghĩa rộng, bộ nguồn một chiều dùng để chỉ các thiết bị cung cấp điện một chiều cho các loại tải khác nhau, kể cả động cơ điện. Dù có khác biệt về nguồn, tải, mạch động lực hay điều khiển, chúng vẫn có các điểm để có thể khảo sát chung.

- Phân loại theo bộ biến đổi:

BBD điều khiển pha:

Lưới --> (Biến áp) --> Chỉnh lưu SCR --> (lọc) --> tải
Lưới --> BBD áp AC --> Biến áp tần số lưới--> Chỉnh lưu D --> (lọc) --> tải
Sơ đồ khối 1

Trong đó () là thiết bị có thể không cần.

Chỉnh lưu SCR và BBD áp AC đều dùng nguyên lý điều khiển pha để điều khiển điện áp ngõ ra .

BBD áp DC:

[Lưới --> Biến áp --> Chỉnh lưu D --> (lọc)] --> BBD --> (lọc) --> tải
[Lưới -> Chỉnh lưu D -> (lọc)] -> BBD -> Biến áp tần số cao -> Chỉnh lưu D -> (lọc) -> tải
Sơ đồ khối 2

Khi dùng nguồn DC, các khối [] không có.

Trong sơ đồ khối 2, BBD là bộ nghịch lưu, được xem là trường hợp riêng của BBD áp DC khi làm việc 4 phần tư mặt phẳng tải và trị trung bình áp ra bằng 0, nhóm này còn được gọi là bộ nguồn đóng ngắt (switching power supply).

So sánh hai loại:

Nhóm	Ưu	Nhược
Điều khiển pha	công suất lớn vì dùng SCR	tần số đóng ngắt bé (tần số lưới) => mạch lọc ngõ ra có trị số lớn
BBD áp DC	Tần số làm việc cao nên ảnh hưởng hài bậc cao nhỏ	công suất bé nếu dùng transistor, dùng thyristor yêu cầu mạch tắt

- Phân loại theo dạng tải: tải là động cơ DC, tải điện hóa, điện công nghệ, các mạch điện tử khác, có thể chia làm hai nhóm:

- tải áp: Tải cần áp ra phẳng, gồm có thiết bị điện tử, phải dùng mạch lọc LC ngõ ra BBD.
- tải dòng: gồm các tải còn lại - không cần áp ra phẳng, khi cần dòng phẳng có thể dùng cuộn kháng nối tiếp. Trong một số rất ít trường hợp, để dòng ra thật phẳng mới dùng lọc LC.

Một đặc tính khác là yêu cầu cách ly lưới – tải khi dùng nguồn từ lưới điện. Nhằm đảm bảo an toàn cho người vận hành máy, và hạn chế dòng rò qua tải xuống đất, người ta

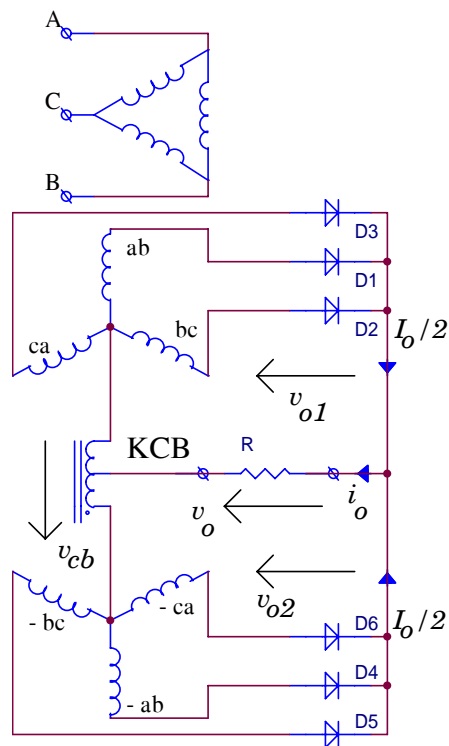
phải dùng biến áp để cách ly lưới – tải cho các bộ nguồn. Trong các tải trên, chỉ có động cơ DC là không yêu cầu đặc tính này.

=> các bộ nguồn điều khiển pha không thích hợp cho tải cần áp phẳng bằng bộ nguồn đóng ngắt.

II.2 THIẾT KẾ CHỈNH LƯU ĐIỀU KHIỂN PHA (ĐKP):

1. Chọn sơ đồ chỉnh lưu: Có các yếu tố:

- Có biến áp (BA) hay không: BA dùng để thay đổi tầm áp ra và cách ly điện nguồn – tải.
- Một pha hay nhiều pha: Sơ đồ nhiều pha phức tạp nhưng chất lượng ngõ ra cao và công suất tải lớn hơn.
- Sơ đồ tia hay cầu: Sơ đồ tia cần sử dụng trung tính và có dòng một chiều qua nguồn, chỉ thích hợp công suất trung bình và nhỏ.
- Cầu điều khiển hoàn toàn (SCR) hay không hoàn toàn (SCR + D): Sơ đồ sử dụng diod có áp ra > 0 nên không trả năng lượng về lưới được, hoạt động không đối xứng (có hài bậc chẵn) làm hạn chế công suất nhưng có ưu điểm là đơn giản, giá hạ.
- Các sơ đồ đặc biệt:
 - nối tiếp, song song các bộ chỉnh lưu: giảm sóng hài bậc cao và tăng công suất ngõ ra.



- Sơ đồ 6 pha có kháng cân bằng – hình II.2.1 (song song hai sơ đồ 3 pha hình tia): có dòng qua các chỉnh lưu bé nhất, thích hợp với ứng dụng có dòng tải lớn.

Hình II.2.1 Sơ đồ 6 pha có kháng cân bằng

- Sử dụng BBD áp AC ở phía sơ cấp biến áp và dùng chỉnh lưu ở thứ cấp:

Dạng áp ra sau chỉnh lưu cũng giống như sơ đồ chỉnh lưu ĐKP có diod phóng điện, sử dụng BBD áp AC ở phía sơ cấp biến áp có hiệu quả kinh tế trong hai trường hợp sau:

- Áp ra bé (chục V) và dòng tải lớn (nghìn A): giá SCR >> D cùng dòng tải, sụt áp thuận SCR gấp đôi của D.
- Áp ra lớn (chục nghìn V), dòng ra bé (chục A): Tránh việc nối tiếp SCR phức tạp và tổn kém.

2. Tính toán điện áp và góc kích:

a. Cơ sở lý thuyết:

Áp ra chỉnh lưu ĐKP phụ thuộc sơ đồ + chế độ tải. Khi thiết kế sơ bộ, người ta thường giả sử hai trường hợp tải: thuần trở và tải dòng liên tục.

- Công thức tính trung bình áp ra chỉnh lưu điều khiển hoàn toàn tải dòng liên tục:

$$V_o = V_{do} \cos \alpha, V_{do} = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} V \quad <II.2.1>$$

V_{do} : Trung bình áp ra chỉnh lưu diod.

m : số xung, bằng số pha ở sơ đồ tia và 2 lần số pha ở sơ đồ cầu.

V : hiệu dụng áp pha ở sơ đồ tia và áp dây ở sơ đồ cầu.

- Công thức tính trung bình áp ra chỉnh lưu điều khiển không hoàn toàn tải dòng liên tục hay tải RL:

$$V_o = \frac{V_{do}}{2} (1 + \cos \alpha) \quad <II.2.2>; V_{do} \text{ trung bình áp ra chỉnh lưu diod sơ đồ cầu tương ứng.}$$

Khi làm việc, có thể gặp những sụt áp sau:

- Sụt áp trên chỉnh lưu: 1 V / Diod và 2 V / SCR

- Sụt áp do chuyển mạch khi dòng liên tục:

$$\Delta U_x = \frac{m X_a I_o}{2\pi}; X_a = \omega L_a \quad m: \text{số xung; } \omega: \text{tần số góc nguồn}$$

<II.2.3>

I_o : trung bình dòng tải

L_a : tự cảm mạch anod chỉnh lưu

- Sụt áp nguồn hay biến áp (lấy giá trị áp thứ cấp ở không tải).

Những sụt áp này không thể tính được khi thiết kế sơ bộ, có thể ước lượng từ 15% - 20%.

b. Tính chọn áp thứ cấp biến áp / góc kích SCR:

- Khi chọn sơ đồ có biến áp, áp thứ cấp của biến áp có thể tính được từ áp tải với bù sụt áp ước lượng như trên và góc ĐKP min (từ 10 – 15°).

- Nếu chọn không dùng biến áp, việc kiểm tra phạm vi điều chỉnh góc ĐKP là cần thiết, tránh góc α_{min} quá lớn (> 40 - 50°) làm giảm các chỉ tiêu năng lượng của hệ thống. Khi đó có thể phải dùng biến áp giảm áp. Góc α_{min} được tính ở áp ra max (tính cả các sụt áp).

Góc kích tối đa: Thường chọn khoảng 150° với 2 lý do sau: Nếu không làm việc ở chế độ nghịch lưu, áp ra ở $\alpha > 150°$ thường rất bé, Nếu có làm việc ở chế độ nghịch lưu, góc nghịch lưu an toàn cũng có thể lấy bằng 30°, nếu không có yêu cầu áp nghịch lưu cao.

3. Tính chọn chỉnh lưu và biến áp:

a. Định mức áp: Áp khoá cực đại trên chỉnh lưu luôn bằng max áp dây.

Ví dụ: U_{IVmax} của chỉnh lưu cầu một pha bằng $\sqrt{2}$ hiệu dụng áp lưới, chỉnh lưu cầu ba pha bằng $\sqrt{2}\sqrt{3} = \sqrt{6}$ áp pha, chỉnh lưu dùng biến áp có điểm giữa bằng $2\sqrt{2}$ áp pha.

b. Định mức dòng chỉnh lưu và dòng qua BA (nếu có):

- Định mức dòng theo giá trị trung bình không phụ thuộc dạng sóng trong khi định mức dòng theo hiệu dụng tăng theo độ méo dạng. Cách thứ hai chính xác hơn đ/v chỉnh lưu.

- Khi thiết kế có thể xem dòng tải bộ chỉnh lưu là 1 trong 3 dạng sau phụ thuộc chế độ làm việc của tải, xếp theo thứ tự không phẳng:

- * Phẳng – liên tục.
- * Xung hình sin.
- * Xung tam giác.

- Từ nguyên lý làm việc của từng sơ đồ (xem bảng ở các tài liệu tham khảo), ta tính được dòng qua các phần tử.

4. Tính chọn mạch lọc ngõ ra:

Như ta đã biết chỉnh lưu m xung cho ra điện áp một chiều nhấp nhô m lần trong một chu kỳ lưới điện. Khi khai triển Fourier, tín hiệu có chu kỳ này gồm có:

- Thành phần một chiều hay trung bình, là phần hữu dụng hay mong muốn.
- Các thành phần hình sin có tần số $k.m.w$, còn gọi là sóng hài bậc n , $n = k.m$; với k là số nguyên, w là tần số lưới điện tính bằng rad. Thành phần này không những không hữu ích với tải một chiều, mà còn gây ra các tác dụng không mong muốn như: làm tăng giá trị hiệu dụng của dòng điện, dẫn đến tăng phát nóng; đối với động cơ một chiều còn tạo ra mô men phụ gây rung.

Khi dòng tải liên tục, trị hiệu dụng V_{Rn} của sóng hài bậc n của điện áp ra bằng:

$$V_{Rn} = V_{do} \cdot \frac{\sqrt{2}}{n^2 - 1} \sqrt{1 + (n^2 - 1) \sin^2 \alpha} \quad \text{<II.2.4>}$$

Trong đó, V_{do} là trị trung bình áp ra chỉnh lưu diod cùng sơ đồ.

Cũng như tính toán với thành phần một chiều của điện áp, ta có thể tìm ra các thành phần sóng hài dòng điện bậc n khi giải mạch điện tương đương bộ chỉnh lưu tải RLE cho các sóng hài điện áp (hình II.2.2):

$$I_{Rn} = V_{Rn} / \sqrt{R^2 + (nwL)^2} \quad \text{<II.2.5>}$$

Theo tính chất của các thành phần Fourier, trị hiệu dụng của dòng điện là:

$$I_R = \sqrt{(I_o)^2 + \sum_n I_{Rn}^2} \quad \text{<II.2.6>} \quad \text{với } I_o \text{ là trị trung bình của dòng điện.}$$

$\sqrt{\sum_n I_{Rn}^2}$ được gọi là hiệu dụng tổng các sóng hài - Total Harmonic Distortion (THD), biểu thị độ nhấp nhô (không phẳng) của dòng điện. THD còn biểu diễn ở dạng tương đối:

$$THD\% = \frac{\sqrt{\sum_n I_{Rn}^2}}{I_o} 100\% \quad \text{<II.2.7>}$$

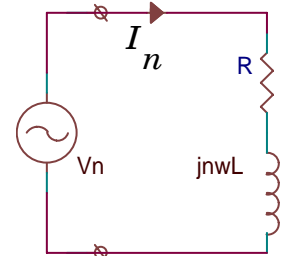
Chỉ số n được tính từ m đến ∞ . Trong thực tế, vì nwL và V_{Rn} giảm nhanh theo n , người ta chỉ tính toán với vài sóng hài đầu tiên ($k = 1 \dots 3$).

Ví dụ: Cho bộ chỉnh lưu ba pha cầu tải R có lọc LC ngõ ra hình 2.20*(a), nguồn có áp pha có trị số hiệu dụng V bằng 100 volt, tần số 50 Hz. Góc ĐK pha $\alpha = 60^\circ$, tải R 100 ohm. Mạch lọc LC bằng bao nhiêu để biên độ nhấp nhô áp ra (đỉnh – đỉnh) bằng 10 volt.

Các giả thiết để đơn giản tính toán:

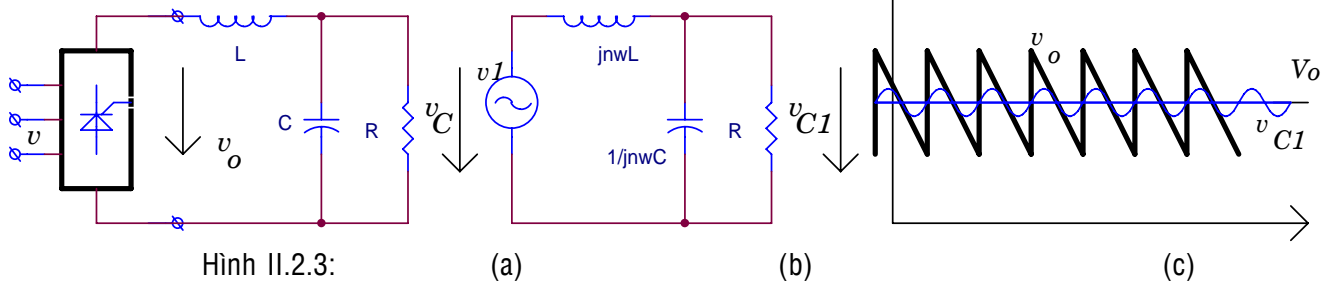
- Sau khi qua mắc lọc LC, các sóng hài bậc lớn hơn cơ bản ($k = 1$, ứng với tần số nhấp nhô ngõ ra 6 xung, bằng 300 Hz) là không đáng kể. Như vậy chỉ cần khảo sát sóng hài cơ bản.
- Dòng qua bộ chỉnh lưu là liên tục để có thể áp dụng <II.2.4>.

Hình II.2.3*: (a) là mạch động lực trong đó v_o là áp ra bộ chỉnh lưu, v_c là áp ngõ ra bộ lọc LC; (b) là mạch tương đ/v hài cơ bản, v_1 là sóng hài cơ bản - bậc $k = 1$ của áp ra bộ



Hình II.2.2:

chỉnh lưu, v_{C1} là sóng hài bậc $k = 1$ của áp qua tụ C – theo giả thiết trên cũng chính là áp ngõ ra mạch lọc; (c) là các dạng sóng trong mạch trong đó V_O là trung bình áp ra chỉnh lưu.



Ta có
$$V_{do} = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) V = \frac{6\sqrt{2}}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \cdot 100 = 2.34 \cdot 100 = 234 \text{ v}$$

 tính < II.2.4 > $n = 6; \alpha = 60 \Rightarrow V_1 = 48.9 \text{ v}$

Hình II.2.3.b cho ta:

$$\frac{V_{C1}}{V_1} = \left| \frac{(1/j\omega C) // R}{(1/j\omega C) // R + j\omega L} \right| = \frac{1}{\sqrt{(1 - n^2\omega^2 LC)^2 + (n\omega L/R)^2}}$$

Yêu cầu của đầu bài là biên độ nhấp nhô áp ra (đỉnh – đỉnh) bằng 10 volt, suy ra trị số hiệu dụng sóng hài cơ bản qua điện dung C là $V_{C1} = 10 / (2 \cdot \sqrt{2}) = 3.53 \text{ v}$.

Phương trình trên cho phép tính toán giá trị L và C . Vì chỉ có một phương trình cho hai ẩn số, cần phát biểu thêm điều kiện trước khi giải.

Để ý: $\sqrt{(1 - n^2\omega^2 LC)^2 + (n\omega L/R)^2} \approx n^2\omega^2 LC$ vì tần số trong mạch sẽ khá lớn so với tần số cộng hưởng của LC (mạch lọc chỉ cho tần số thấp qua),

$$\frac{V_{C1}}{V_1} = \frac{3.53}{48.9} \approx \frac{1}{n^2 \cdot \omega^2 \cdot LC} \Rightarrow LC = \frac{48.9}{3.53 \cdot 6^2 \cdot (100\pi)^2} = 3.90E - 6$$

Có nhiều phương án để chọn LC, ở đây chọn $C = 100 \mu F$ suy ra $L = 0.039 \text{ H}$. Giá trị LC như vậy có thể thực hiện dễ dàng trong thực tế.

Kiểm tra lại:

♦ phần tính toán : $n\omega L/R = 6 \cdot 100\pi \cdot 0.039/100 = 0.74 \ll (1 - n^2\omega^2 LC) = -12.86$

♦ Khảo sát sóng hài bậc lớn hơn cơ bản, với $k = 2$:

tính < 3.32 > với $V_{do} = 234$; $n = k \cdot m = 12$; $\alpha = 60 \Rightarrow V_2 = 23.8 \text{ v}$ và

$$V_{C2} = \frac{V_2}{\sqrt{(1 - 12^2 \cdot (100\pi)^2 \cdot 3.9 \cdot 10^{-6})^2 + (12 \cdot 100\pi / 100)^2}} = \frac{23.8}{37.5} = 0.63 \text{ volt.}$$

Vậy sóng hài

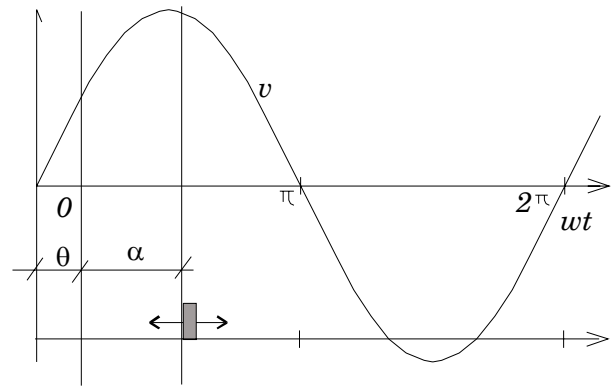
bậc $k = 2$ là không đáng kể so với thành phần cơ bản bậc $k = 1$, đúng như giả thiết.

♦ Kiểm tra dòng liên tục: Công thức <II.2.3> chỉ đúng trong trường hợp dòng liên tục, để đảm bảo kết quả cần phải kiểm tra sự liên tục của dòng điện. Tuy nhiên, giải tích mạch điện chỉnh lưu điều khiển pha tải RLC trong điều kiện dòng gián đoạn rất phức tạp và thường không cần thực hiện khi thiết kế vì khi dòng bằng không, áp ra sẽ bằng áp trên tụ – lớn hơn áp lưới trong khoảng này (chính là áp ra ngõ ra khi dòng liên tục). Như vậy nhấp nhô áp trên tải khi dòng gián đoạn sẽ bé hơn tính toán dựa vào giả thuyết dòng liên tục.

II.3 MẠCH PHÁT XUNG ĐIỀU KHIỂN PHA:

1. Nguyên lý điều khiển pha:

Hiểu một cách đơn giản nhất, mạch kích các SCR trong sơ đồ điều khiển pha sẽ cung cấp cho cực cổng một dạng sóng cùng tần số (đồng bộ) với lưới điện nhưng pha thay đổi được theo tín hiệu điều khiển. Để tăng độ chính xác, dạng sóng này cần có độ dốc lớn tại thời điểm kích SCR, như dạng xung trên hình II.3.1. Bề rộng xung có thể lấy từ 100 usec đến 1 msec vì các SCR luôn được kích khi phân cực thuận. Cũng



Hình II.3.1

trên hình này, ta có nhận xét, trong trường hợp

tổng quát, gốc để tính góc điều khiển pha α (ứng với trường hợp $\alpha = 0$) sẽ lệch với áp lưới v một góc θ phụ thuộc sơ đồ và cách lấy tín hiệu lưới để đồng bộ mạch kích.

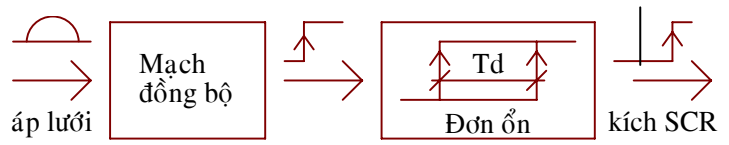
Có hai nguyên lý điều khiển pha thường dùng: làm trễ và so sánh.

a. Nguyên lý làm trễ: (hình II.3.2)

Dựa vào mạch đơn ổn. Áp lưới sau khi qua mạch đồng bộ sẽ kích mạch đơn ổn (làm trễ) tại điểm $\alpha = 0$. Xung ra mạch đơn ổn sẽ trễ so với xung đồng bộ thời gian T_d tương ứng góc điều khiển pha:

$$\alpha = \omega \cdot T_d \quad \text{II.3.1}$$

Như vậy việc điều khiển pha thông qua chậm trễ thời gian T_d .

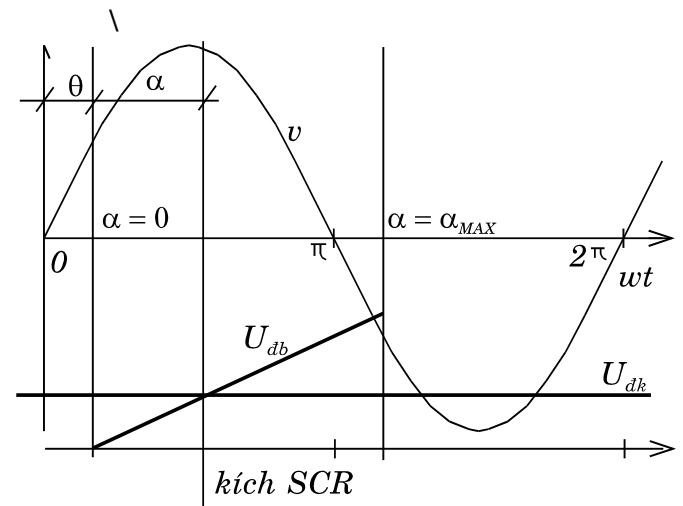
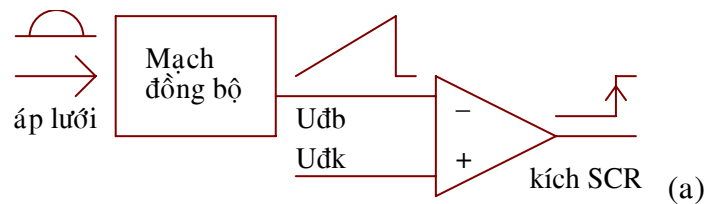


Hình II.3.2

b. Nguyên lý so sánh: (hình II.3.3)

Phát xung điều khiển pha theo nguyên lý so sánh có hạt nhân là mạch so sánh với ngõ vào là hai tín hiệu: U_{dk} là tín hiệu điều khiển là tín hiệu một chiều, U_{db} là tín hiệu ngõ ra mạch đồng bộ, là tín hiệu cùng tần số lưới, có độ dốc không đổi dấu trong khoảng $\alpha = 0$ đến $\alpha = \pi$ là khoảng thay đổi của góc điều khiển pha α .

Khi $U_{dk} = U_{db}$, ngõ ra bộ so sánh thay đổi trạng thái, đánh dấu thời điểm kích SCR. Thay đổi áp U_{dk} sẽ điều khiển góc điều khiển pha α tương ứng. Hình II.3.3.(b) vẽ các dạng sóng với áp đồng bộ răng cưa.

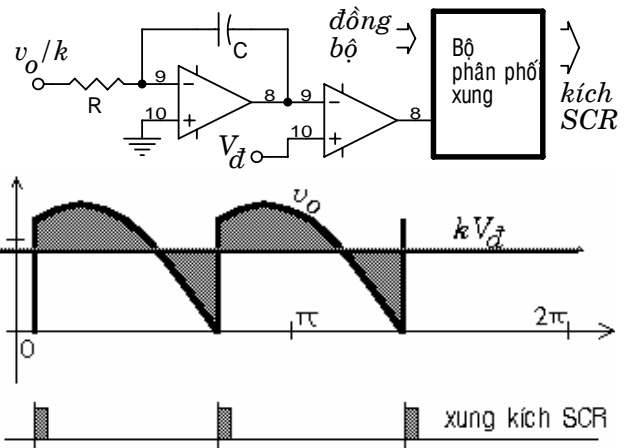


(b)

Hình II.3.3 a và b

Nguyên lý so sánh thường dùng trong các bộ điều khiển tương tự (analog) vì thông qua tín hiệu điều khiển là áp một chiều U_{dk} , trong khi nguyên lý làm trễ thích hợp với mạch số (digital) hay các sơ đồ điều khiển đơn giản – khi mà việc làm trễ thực hiện bằng mạch dao động nạp xả ở chế độ có đồng bộ (trigger).

Một nguyên lý điều khiển, tuy rất lý thú nhưng rất ít gặp, là tích phân. Xung kích SCR được phát ra khi tích phân áp ra v_O (đã được tỉ lệ hệ số k) bằng với giá trị đặt V_d . Một bộ chia xung sẽ hướng xung này đến SCR cần được kích. Trên hình II.3.4 xung kích SCR sẽ được phát ra khi phần diện tích cao hơn của v_O/k so với V_d bằng phần diện tích thấp hơn (phần tô đậm).



Hình II.3.4: sơ đồ và giản đồ điện áp ngõ ra chỉnh lưu, xung kích các SCR của nguyên lý tích phân

Nguyên lý này có hai ưu điểm:

- Hệ số khuếch đại (quan hệ vào ra) của BBD là hằng số: trị trung bình áp ra $V_O = k \cdot V_d$

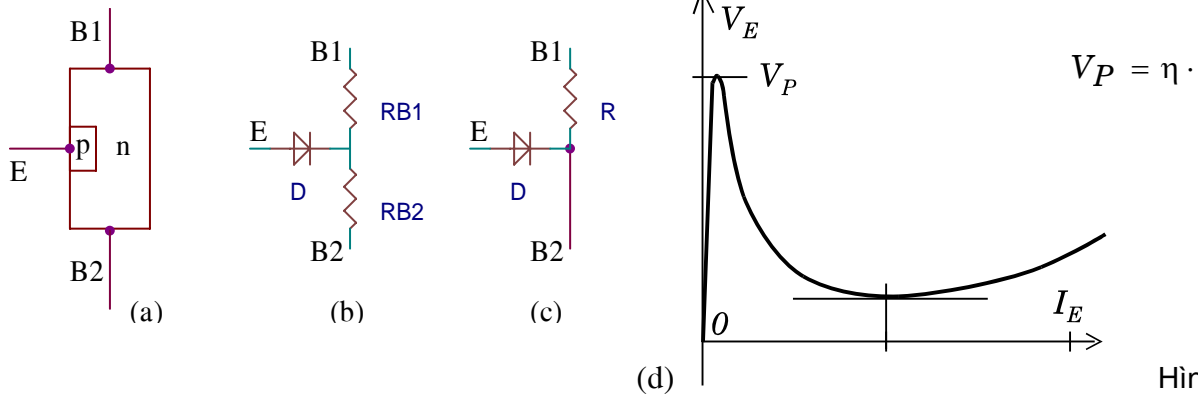
- Việc điều khiển bộ chỉnh lưu không bị ảnh hưởng bởi tần số nguồn hình sin như hai nguyên lý đầu.

Dù nguyên lý phát biểu rất đơn giản, khi thực hiện sơ đồ điều khiển sẽ phải giải quyết một số vấn đề phát sinh tương đối phức tạp chỉ có thể giải quyết khi sử dụng các hệ thống điều khiển dùng kỹ thuật số. Điều này đã hạn chế việc sử dụng nó trong thực tế.

2. Hai ví dụ của nguyên lý làm trễ:

a. Mạch kích dùng UJT:

UJT là viết tắt của chữ Uni - Junction - Transistor nghĩa là transistor một tiếp giáp, có cấu tạo nguyên lý trên hình II.3.5.(a) bao gồm thanh vật liệu n (hay p) có hai cực (terminal) B1 và B2 (viết tắt chữ base), có điện trở R_{BB} khoảng 6k đến 10k ohm, trên đó tạo ra mối nối pn với cực E (emitter).



Hình II.3.5

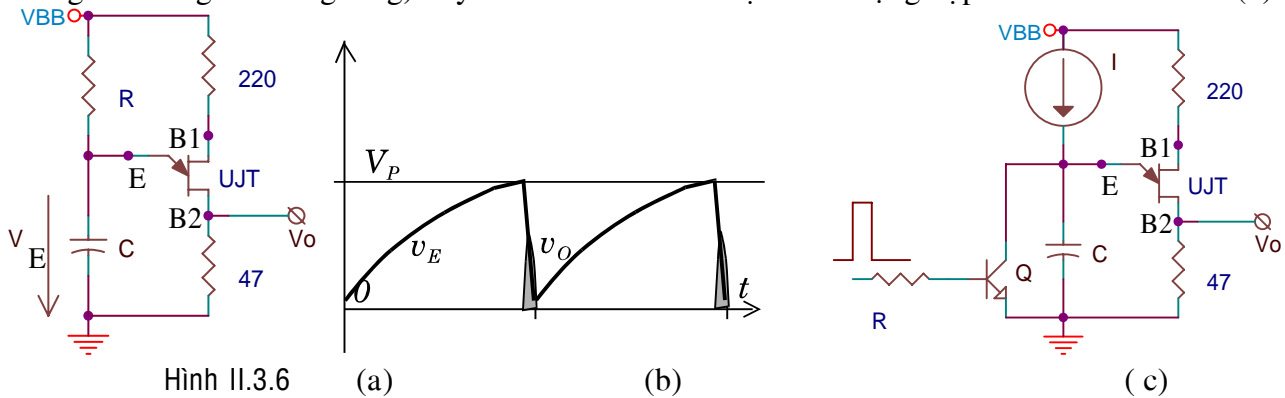
UJT có mạch tương đương như hình (b) khi mối nối pn phân cực nghịch: xảy ra khi $V_{EB2} < \eta V_{BB}$, với $\eta = R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$, η có trị số từ 0.6 đến 0.75. V_{BB} là áp giữa hai cực B1 và B2.

Nhưng khi $V_{EB2} > \eta V_{BB}$, diod D (mối nối pn) phân cực thuận và EB2 tương đương mối nối diod có điện trở lớn (sụt áp V_v khoảng 2 volt) - hình (c).

Đặc tuyến V - I của EB2 trình bày trên hình (d):

Lấy B2 làm điểm chung, điện áp V_E tăng dần từ không. Dòng qua cực E rất bé vì mối

nối pn phân cực nghịch do $V_{EB2} < \eta V_{BB}$. Khi V_E tăng đến giá trị ngưỡng (dấu < trở nên dấu =), mối nối phân cực thuận, EB2 dẫn điện. Vậy ta có vùng điện trở âm từ V_P đến V_V (áp giảm trong khi dòng tăng) là yếu tố căn bản cho mạch dao động nạp xả trên hình II.3.6.(a).



Tụ C nạp đến V_P thì phóng điện, tạo ra xung ở ngõ ra V_O . Khi áp giảm đến V_V thì mối nối phục hồi trạng thái khoá và ta có mạch dao động nạp xả – hình II.3.6.(b). Thời gian C phóng thường rất bé, khoảng vài chục micro giây nên chu kỳ dao động T chủ yếu do thời gian nạp, từ phương trình áp trên C có dạng hàm mũ thời hằng RC:

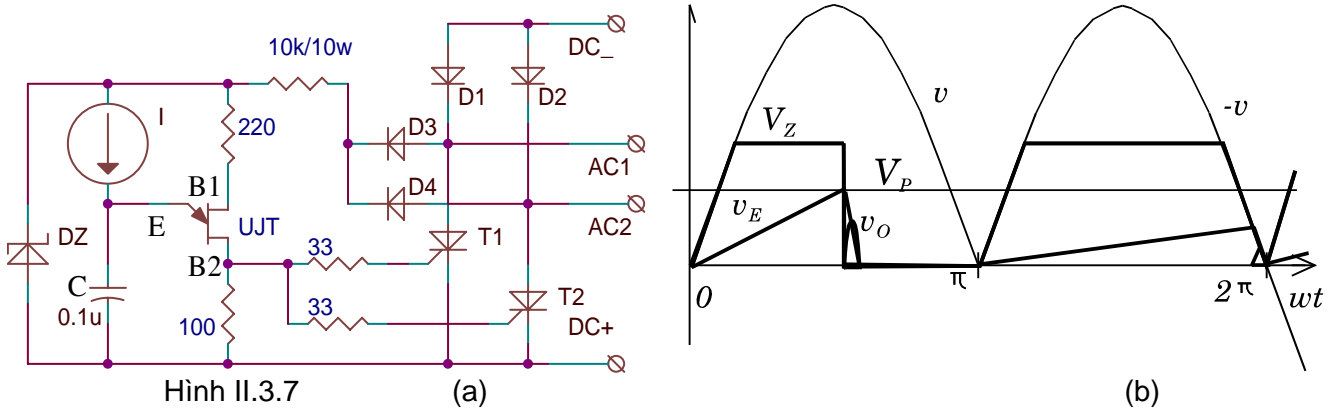
$$v_E = V_{BB}(1 - e^{-t/RC}) = V_P \text{ khi } t \approx T, \text{ suy ra}$$

$$T = RC \cdot \ln \frac{1}{1-\eta} \quad \text{<II.3.2>}$$

Để kích SCR, ta bắt đầu nạp C tại $wt = \theta$ và khi v_E bằng V_P , mạch sẽ phát ra xung kích khởi SCR. Khi thay đổi T, ta thay đổi góc điều khiển pha $\alpha = \omega T$.

Hình (c) cho ta một phương pháp đồng bộ. Ngắt điện Q khi dẫn điện sẽ xả tụ C về 0 và C chỉ bắt đầu nạp khi Q tắt.

Hình II.3.7 trình bày sơ đồ kích chỉnh lưu một pha, sơ đồ cầu hỗn hợp SCR - Diode.



Mạch động lực bao gồm T1, T2, D1, D2. Khi các SCR không dẫn điện, mạch điều khiển được cung cấp điện qua D1, D2, D3, D4, và tải. Mạch điều khiển hạn chế dòng bằng điện trở 10k ohm và xén ở giá trị V_Z (thường lấy bằng 20 volt) bằng diode zener DZ. Tụ điện C bắt đầu nạp ở $wt = 0$, khi đạt giá trị V_P thì có xung kích cho hai SCR. SCR nào phân cực thuận sẽ làm việc và ngắt mạch mạch điều khiển. Tụ điện C giữ giá trị 0 đến bán kỳ sau mới nạp điện trở lại. Điện trở R dùng cho nạp tụ được thay thế bằng nguồn dòng I cho phép xử lý tín hiệu điều khiển bằng mạch điện dễ dàng hơn điện trở R. Hơn nữa, áp trên tụ sẽ tăng tuyến tính.

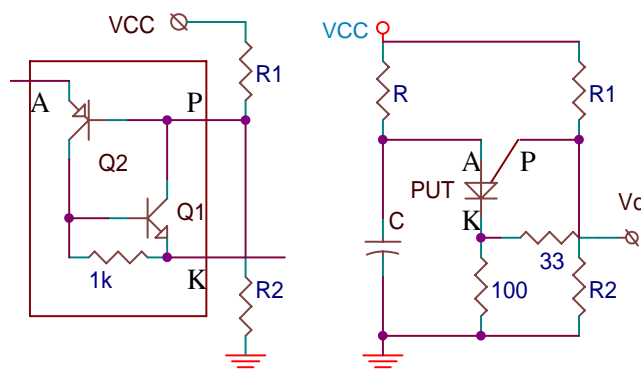
Ở bán kỳ thứ hai của dạng sóng hình II.3.7.(b) ứng với trường hợp dòng nạp bé, áp

trên tụ tăng rất chậm. Đến cuối bán kỳ, áp trên tụ vẫn không đạt V_z . Nhưng do áp phân cực UJT giảm, V_p sẽ giảm tỉ lệ nên UJT vẫn xả được áp trên C để có thể nạp lại ở đầu bán kỳ sau. Sử dụng xung áp âm ở cực B1 là phương pháp đồng bộ UJT thứ hai sau cách dùng ngắt điện để xả tụ đã trình bày trên hình II.3.6.(c).

Hình II.3.8 cho ta một phần tử dao động nạp xả kích được SCR khác, PUT – transistor đơn nối lập trình được. PUT thuộc họ thyristor, có mạch tương đương như SCR nhưng có cực P thay cho G. Khi A có điện áp lớn hơn P một mối nối diod, AK dẫn điện như mối nối EB2 của UJT. Điện áp cực P thay đổi nhờ cầu phân áp bên ngoài, như vậy ngưỡng phóng điện của tụ C là

lập trình được. Mạch tương đương của PUT có thể thay thế nó khá tốt khi chọn giá trị R_1, R_2 thích hợp.

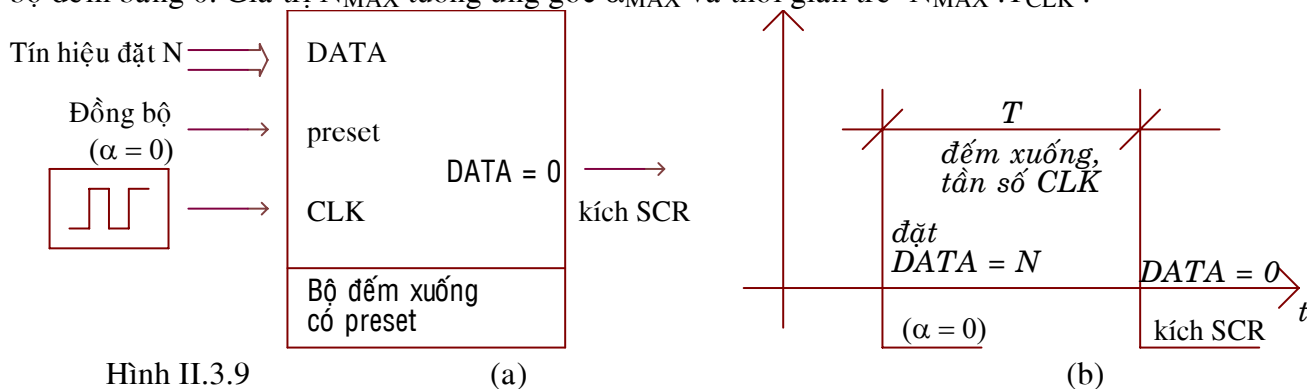
Ngày nay PUT hầu như được dùng để thay thế UJT trong các ứng dụng. UJT hay các phương pháp làm trễ dùng phần tử tương tự (analog) khác có nhược điểm lớn là điều khiển thời gian trễ bằng tín hiệu áp rất khó khăn. Ví dụ như cho mạch hình II.3.7, nguồn dòng I có điểm chung khác với cực Katod của SCR hay các phần tử mạch khác.



Hình II.3.8

b. Điều khiển pha dùng bộ đếm:

UJT hay PUT là các phương pháp kích SCR điều khiển pha khá cổ điển, khi mạch điện tử chủ yếu dựa vào linh kiện rời. Ngày nay, khi vi điện tử đã phổ biến, nguyên lý làm trễ thường được sử dụng khi ta tạo ra độ lệch pha thông qua thời gian trễ xác định bởi bộ đếm xung – hình 3.30. Ở thời điểm $\alpha = 0$, bộ đếm xuống có preset được nạp số N. Xung đồng hồ CLK luôn được đưa vào làm bộ đếm giảm trị số và phát xung kích SCR khi nội dung bộ đếm bằng 0. Giá trị N_{MAX} tương ứng góc α_{MAX} và thời gian trễ $N_{MAX} \cdot T_{CLK}$.

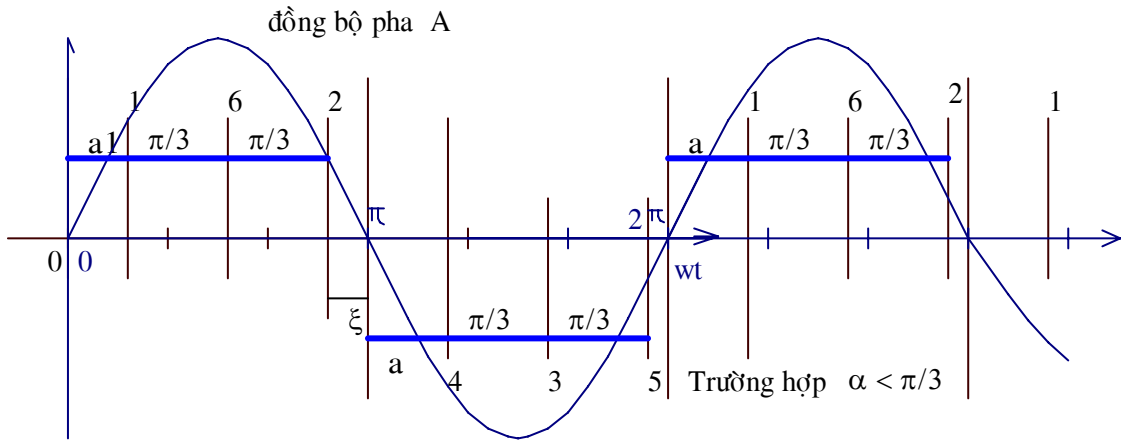


Hình II.3.9

Ta có
$$\alpha_{MAX} = w \cdot N_{MAX} \cdot T_{CLK} <II.3.3>$$

Nếu dùng bộ đếm lên, ta không cần có preset nhưng phải so sánh số đếm với giá trị đặt N và khi đồng bộ thì reset bộ đếm về 0. Thiết bị sử dụng nguyên lý này trở nên đơn giản khi sử dụng vi xử lý, làm trễ có thể dùng phần mềm hay các bộ đếm – định thì chuyên dùng.

c. Điều khiển pha dùng vi xử lý:



Hình 11.3.9 (c) : giản đồ thời gian phát xung kích sơ đồ cầu 3 pha dùng vi xử lý. a, a_1 : góc điều khiển pha khi tính từ điểm áp pha qua zero

Một pha lưới (pha A) được dò điểm không (có thể dùng ngắt ngoài) để làm cơ sở cho các quá trình delay tạo xung kích các SCR theo trình tự (Hình 11.3.9c). Các bài toán cần giải quyết:

- Tối thiểu việc sử dụng các tài nguyên phần cứng của vi xử lý: I/O, interrupt, timer, thanh ghi..
- Giảm thiểu sai số tuyệt đối và loại trừ sai số tích lũy khi sử dụng delay thời gian thay thế lệch pha góc.
- Kết hợp các bảo vệ, tính toán vòng kín để đảm bảo hệ thống có chất lượng điều khiển cao và làm việc tin cậy, an toàn.

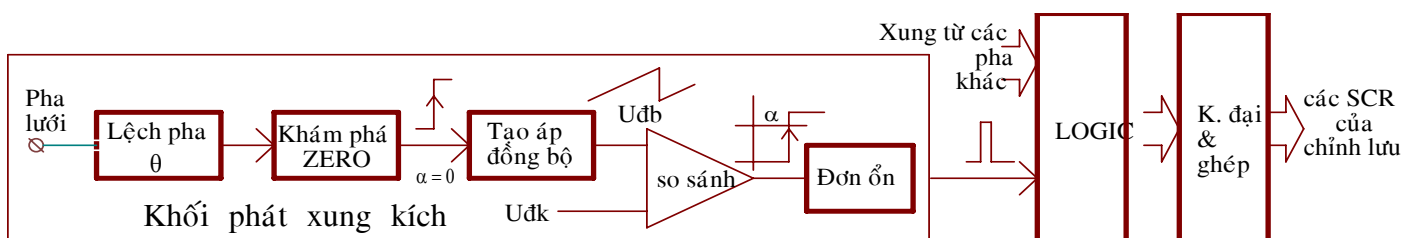
3. Mạch kích chỉnh lưu điều khiển pha theo nguyên lý so sánh:

Là nguyên lý sử dụng rộng rãi nhất hiện nay khi thiết kế bằng vi mạch tương tự (analog). Đã có nhiều vi mạch chuyên dùng kích SCR điều khiển pha, có thể kể TCA280, họ TCA78x được nhiều hãng sản xuất hay uAA 145 sử dụng răng cưa với độ dốc âm.

a. Sơ đồ khối:

Hình 11.3.10 cho ta sơ đồ khối đầy đủ mạch kích chỉnh lưu điều khiển pha. Khối lệch pha θ hiệu chỉnh độ lệch pha của áp lưới sao cho mạch khám phá zero cho ra các xung ở góc pha $\alpha = 0$. Tín hiệu zero này sẽ đồng bộ các mạch phát xung theo nguyên lý làm trễ hay kích khởi mạch tạo áp đồng bộ. Như ta đã biết, mạch so sánh xác định thời điểm kích SCR khi $U_{đb}$ bằng $U_{đk}$. Mạch đơn ổn ở ngõ ra bộ so sánh xác định bề rộng xung kích SCR.

Các mạch vừa được kể thuộc vào khối phát xung kích SCR, khác nhau ở mỗi pha. Trong sơ đồ chỉnh lưu nhiều pha, mỗi pha sẽ có ít nhất một khối phát xung kích SCR, các ngõ ra của chúng được đưa và khối logic để phối hợp, đảm bảo sơ đồ nhiều pha làm việc đúng. Khối khuếch đại và ghép nâng mức công suất xung và nối vào cực cổng SCR, có thể phải đảm bảo các điều kiện cách ly điện giữa các SCR với nhau, SCR và mạch điều khiển.

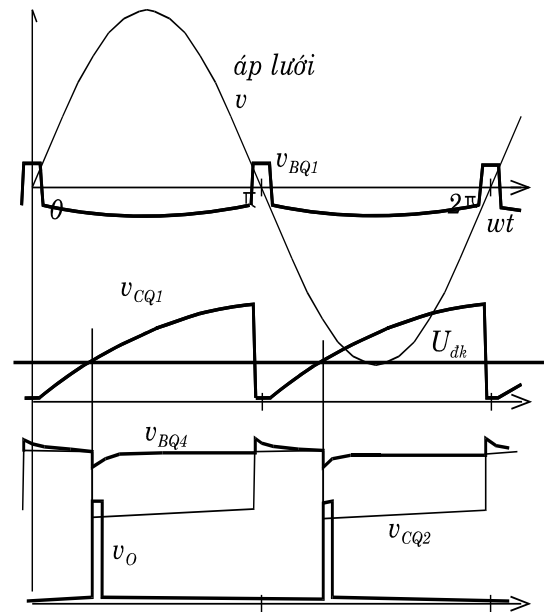
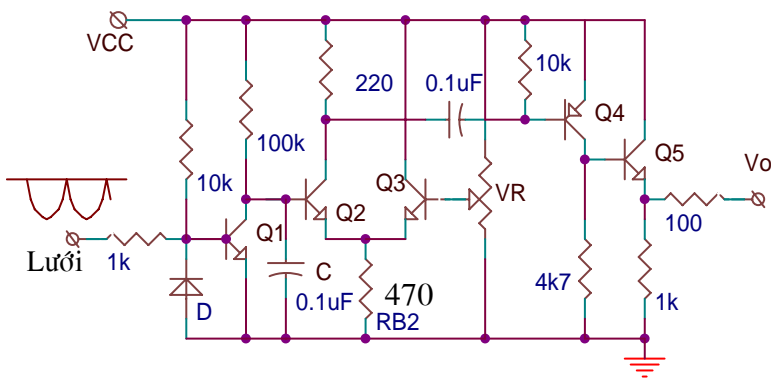


Hình II.3.10

b. Mạch kích chỉnh lưu cầu một pha (sơ đồ hỗn hợp SCR – Diode) dùng BJT:

Là một ví dụ tương đối tiêu biểu cho sơ đồ khối hình II.3.10 vì tính đơn giản – chỉ sử dụng 5 transistor. Mạch dùng để kích sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha hỗn hợp SCR và diode.

Ngõ vào đồng bộ là áp pha đã giảm xuống qua biến áp và chỉnh lưu lấy giá trị âm (không có vẽ trên giản đồ thời gian hình (b)). Q1 là phần tử khám phá zero. Cầu phân áp 1k / 10k ở cực B của Q1 làm cho nó chỉ bảo hòa khi áp lưới qua zero. Q1 bảo hòa tụ điện C, chỉ cho phép nó nạp điện qua điện trở 100k. Điện trở 100k và tụ điện 0.1uF là mạch tạo ra áp đồng bộ răng cưa có độ dốc dương. Bộ so sánh gồm Q2 và Q3, so sánh áp ở hai cực nền. Khi v_C lớn hơn U_{dk} – thay đổi bằng cách chỉnh chiết áp VR, Q2 bảo hòa xác định thời điểm kích SCR



Hình II.3.11 (a) (b)

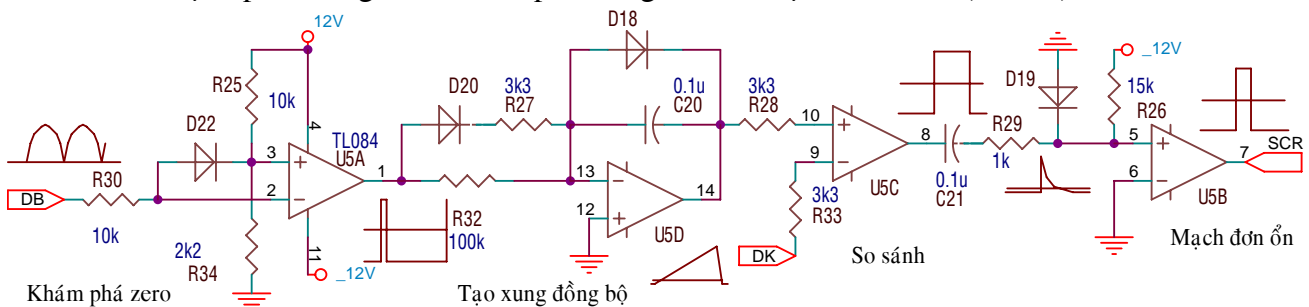
Q4 và mạch RC ở cực nền là mạch đơn ổn không có tự giữ, kích bằng cạnh xuống của áp cực C của Q2 xác định bề rộng xung kích SCR. Q5 là mạch đệm điện áp lấy tải cực E, khuếch đại dòng điện.

Điện trở 100 ohm vừa hạn chế dòng qua cực cổng SCR vừa là phần tử phân dòng khi dùng một xung kích cho hai SCR (như mạch hình II.3.7)

Mạch kích hình II.3.11 có hai nhược điểm:

- Khuếch đại vi sai Q2, Q3 làm việc một nguồn với khoảng áp vào thay đổi rộng nên chất lượng hoạt động không tốt.
- Mạch tạo áp đồng bộ có tổng trở ra khá lớn dễ bị nhiễu.

c. Mạch phát xung điều khiển pha dùng khuếch đại thuật toán (KĐTT):



Hình II.3.12.(a)

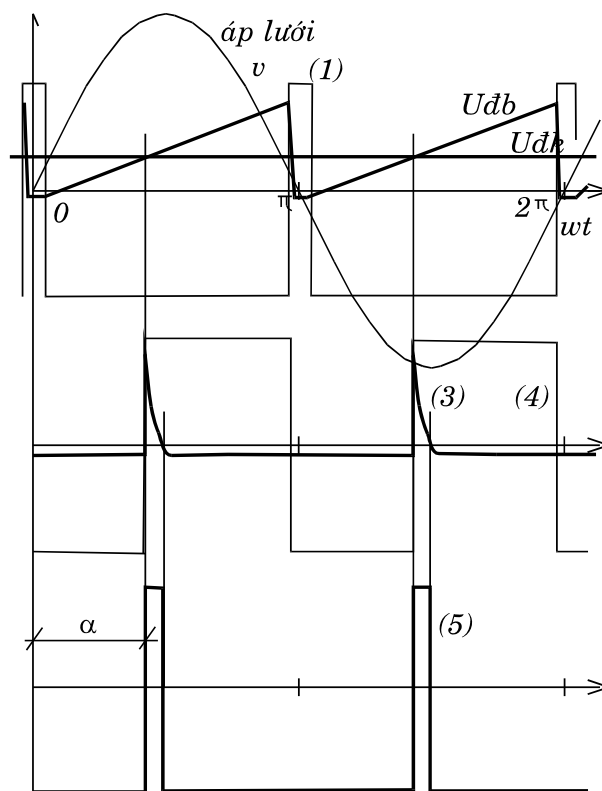
Mạch khám phá zero U5A so sánh tín hiệu DB là sin lưới chỉnh lưu và ngưỡng một chiều, cho ra xung dương khi DB qua zero [dạng sóng (1) trên hình II.3.12(b)].

U 5D là mạch tích phân để tạo áp đồng bộ $U_{đb}$. Khi ngõ ra U5A cao, U 5D tích phân xuống với thời hằng gần bằng $R27 \cdot C20$ có trị số bé tạo cạnh xuống của áp đồng bộ. Khi ngõ ra U5A thấp, U 5D tích phân lên với thời hằng bằng $R32 \cdot C20$ có trị số lớn cho ta cạnh lên của răng cưa, là độ dốc làm việc. Diode D18 có anod nối ngõ vào – của KĐT giữ cho giá trị $U_{đb}$ ở trong khoảng từ $-V_{\gamma}$ đến $U_{đbmax}$.

U 5C là bộ so sánh dùng KĐT, cho ra xung dương [dạng sóng (4)] khi $U_{đb} > U_{đk}$. Cạnh lên của ngõ ra U5C là thời điểm kích SCR.

U5B là bộ so sánh của mạch đơn ổn không tự giữ, xác định bề rộng xung kích SCR, thường lấy bằng 1 mili giây cho các sơ đồ chỉnh lưu. Bề rộng này thay đổi theo thời hằng $C21 \cdot R26$ của mạch vi phân [dạng sóng (3)]. Diode D19 không cho ngõ vào U 5B có giá trị âm,

bảo vệ ngõ vào KĐT và xả nhanh tụ C26, giữ không đổi bề rộng xung trong suốt khoảng thay đổi của α .



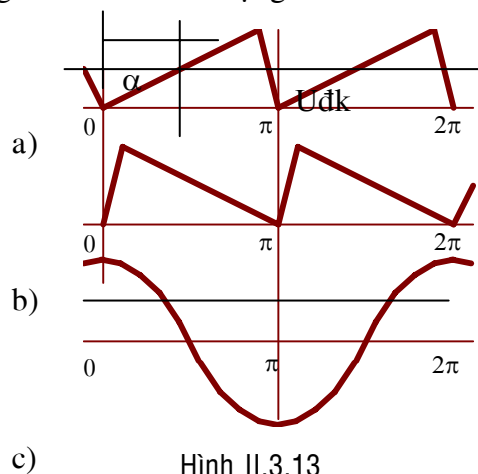
Hình II.3.11.(b)

Sơ đồ hình II.3.11.a cho ra xung kích SCR ở hai bán kỳ [dạng sóng (5)], có thông số chỉ phụ thuộc hai tụ điện (C20, C21) và hai điện trở (R32, R26); dùng áp một chiều để điều khiển góc α cho thấy khả năng chế tạo vi mạch điều khiển pha. Trong công nghiệp, những vi mạch điều khiển pha đều có sơ đồ khối tương tự, nhưng kỹ thuật mạch thay đổi để có thể dùng một nguồn, các trở tụ thường nối xuống điểm chung để giảm số chân sử dụng.

4. Áp đồng bộ dạng cosin và khối lệch pha:

Như đã trình bày trong phần nguyên lý, áp đồng bộ của mạch phát xung điều khiển pha cần có độ dốc không đổi dấu trong khoảng α bằng 0 đến α_{max} . Như vậy có thể có các dạng răng cưa với (a) độ dốc dương, (b) độ dốc âm và (c) dạng cosin [trên hình II.3.13].

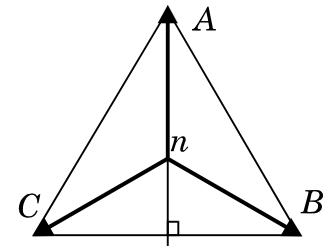
Dạng (a) rất dễ thực hiện nhưng có bất lợi là khi $U_{đk}$ tăng, góc kích α tăng tương ứng áp ra V_o giảm. Dạng (b) có đặc tính ngược lại, rất khó thực hiện. Áp đồng bộ răng cưa cho ta góc điều khiển pha α thay đổi tuyến tính với áp điều khiển $U_{đk}$. Điều này làm cho quan hệ trung bình điện áp ngõ ra và $U_{đk}$ không thể tuyến tính, vì quan hệ $V_o(\alpha)$ có các hàm sin, cos. Đây là một bất lợi cho hệ thống điều khiển tự động vì khó hiệu chỉnh hệ thống phi



Hình II.3.13

tuyến.

Đồng bộ cosin cho ta quan hệ $\alpha(U_{đk})$ có dạng Arccos, hàm này sẽ bị khử bỏ khi dòng qua chỉnh lưu là liên tục, khi đó, $V_o(\alpha)$ có dạng \cos (<II.2.1>). Thực vậy,



Hình II.3.14

nếu gọi biên độ hình cosin là $U_{đbmax}$, khi $U_{đk} = U_{đb}$ ta có:

$$U_{đk} = U_{đb} = U_{đbmax} \cdot \cos \alpha \text{ hay}$$

$$\alpha = \cos^{-1}(U_{đk}/U_{đbmax}) \text{ <II.3.4>}$$

và <II.3.1> viết lại

$$V_o = V_{do} \frac{U_{đk}}{U_{đbmax}}, \text{ với } V_{do} = \frac{m\sqrt{2}}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} V$$

Để tạo hàm cosin, người ta thường lấy áp lưới qua biến áp giảm và cho lệch pha. Có thể sử dụng mạch lệch pha dùng RC, RC và KĐT, mạch xoay pha bằng biến áp và RC hay chọn pha thích hợp. Hình II.3.14 cho ta các vector áp pha và dây của lưới điện ba pha. Các áp pha và dây của lưới ba pha có các độ lệch pha $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$. Có thể chọn trong đó các thành phần thích hợp để có hàm cosin cho mạch điều khiển pha.

Ví dụ để kích SCR cho mạch 1 pha, ta cần lệch 90° . Từ hình II.3.14, nhận xét pha A và áp dây BC lệch 90° . Một ví dụ khác, ở sơ đồ ba pha tia, đối với SCR pha C là T3, $\alpha = 0$ khi áp dây CB bằng không. Hàm cosin kích T3 là pha - A.

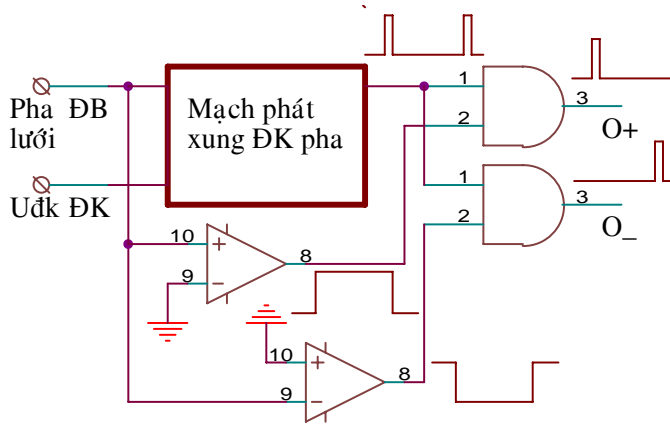
Các bất lợi có thể kể ra của đồng bộ cosin là: một dạng \cos chỉ có thể kích cho một SCR thay vì một pha như đồng bộ răng cưa (hình II.3.13), phạm vi thay đổi góc kích hẹp vì α không thể giảm về không và áp đồng bộ thường có nguồn gốc lưới nên biên độ bị thay đổi theo nguồn và dễ bị nhiễu ...

Các phương pháp làm lệch pha trình bày trên cũng ứng dụng vào khối lệch pha trong sơ đồ khối tổng quát của mạch kích SCR điều khiển pha (hình II.3.10). Khối lệch pha cần thiết cho việc sử dụng mạch khám phá zero tìm ra điểm $\alpha = 0$ khi áp lưới không qua zero ở $\alpha = 0$ (hình II.3.1).

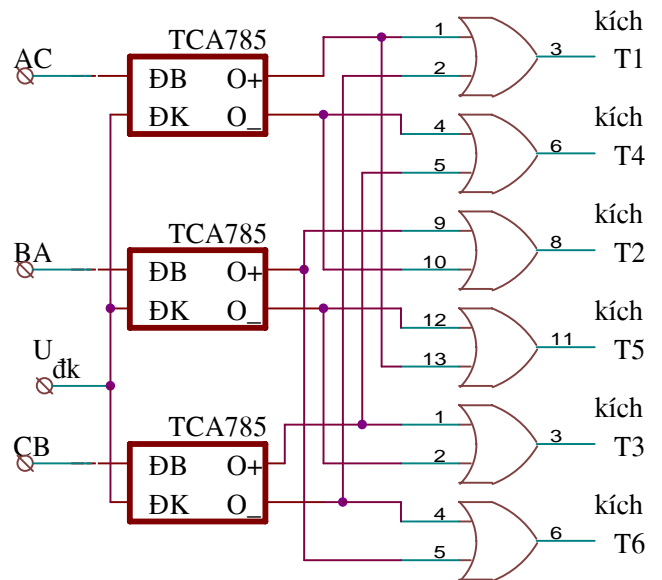
Ví dụ ở sơ đồ ba pha tia, để kích SCR pha A là T1, có thể làm chậm áp pha A góc 30° hay dùng áp dây AC đưa vào mạch khám phá zero.

5. Mạch phát xung điều khiển pha kích SCR dùng vi mạch:

Bao gồm mạch phát xung điều khiển pha có hoạt động tương tự như đã trình bày trong mục 3. Nhưng thường sử dụng một nguồn cấp điện, ngõ vào đồng bộ là hình sin không chỉnh lưu nhưng phát xung kích hai bán kỳ để tăng hiệu quả. Các vi mạch này có thể bổ sung mạch tách xung cho hai bán kỳ như hình II.3.15 nhằm nâng cao chất lượng ngõ ra, các SCR chỉ nhận được xung điều khiển khi phân cực thuận. Các vi mạch như vậy có thể được phối hợp để thực hiện sơ đồ kích SCR cho chỉnh lưu cầu ba pha.



Hình II.3.15



Hình II.3.16

6. Mạch tạo xung kích cầu 3 pha:

Hình II.3.16 trình bày sơ đồ nguyên lý mạch tạo xung điều khiển pha cho chỉnh lưu cầu ba pha. Xem lại giản đồ xung kích sơ đồ cầu 3 pha, các SCR của sơ đồ cầu ba pha cần 6 lần phát xung trong một chu kỳ, mỗi SCR nhận được hai xung: một để kích dẫn (xung của chính nó), một để đảm bảo luôn có hai SCR dẫn điện (xung của SCR liền sau nó).

Mạch tạo xung sử dụng ba vi mạch TCA785 hay mạch điện tương đương nhận tín hiệu đồng bộ lưới ở ĐB, tín hiệu điều khiển ĐK, ngõ ra là hai xung O+ và O- như sơ đồ khối hình II.3.15.

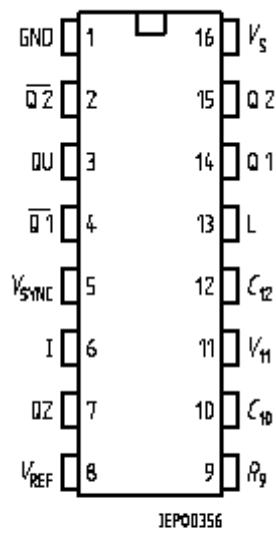
Để ý các tín hiệu đồng bộ lưới là các áp dây AC, BA, CB để kích các SCR pha A, B, C. không phải dùng mạch lệch pha. Các mạch OR cộng logic các xung ngõ ra bộ phát xung điều khiển pha đưa vào mạch khuếch đại và ghép đến cực cổng SCR theo các trình tự đã quy định $T1 \rightarrow T6 \rightarrow T2 \rightarrow T4 \rightarrow T3 \rightarrow T5 \rightarrow T1$ có xung phụ. Đây chính là khối LOGIC trên sơ đồ khối hình 3.31. Lưu ý là việc chọn các áp dây cho tín hiệu đồng bộ và thứ tự xung kích đã ngầm định một thứ tự pha của sơ đồ là $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$, nếu thứ tự này không là thứ tự pha của nguồn thì mạch sẽ hoạt động sai, cần đổi lại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO PHẦN 1 CHƯƠNG II

Vi mạch điều khiển pha TCA785

TCA785 là vi mạch tương đối đầy đủ của họ TCA78x dùng để điều khiển pha sơ đồ một pha. Vi mạch sử dụng nguồn đơn, dùng rất ít linh kiện phụ. TCA785 có hai ngõ ra Q1 và Q2 riêng biệt tải max 250 mA dùng cho điều khiển hai bán kỳ dương và âm, có thể kích xung hẹp (chỉnh lưu) và rộng (điều khiển áp AC). Vi mạch có nguồn chuẩn 3.1 volt và ngõ vào cấm để phối hợp với các mạch điều khiển khác. Ngõ ra bộ so sánh Z cũng được nối ra ngoài để tiện dụng.

1. Mô tả các chân: (lưu ý RAMP signal: tín hiệu hàm dốc, này quen gọi là răng cưa)



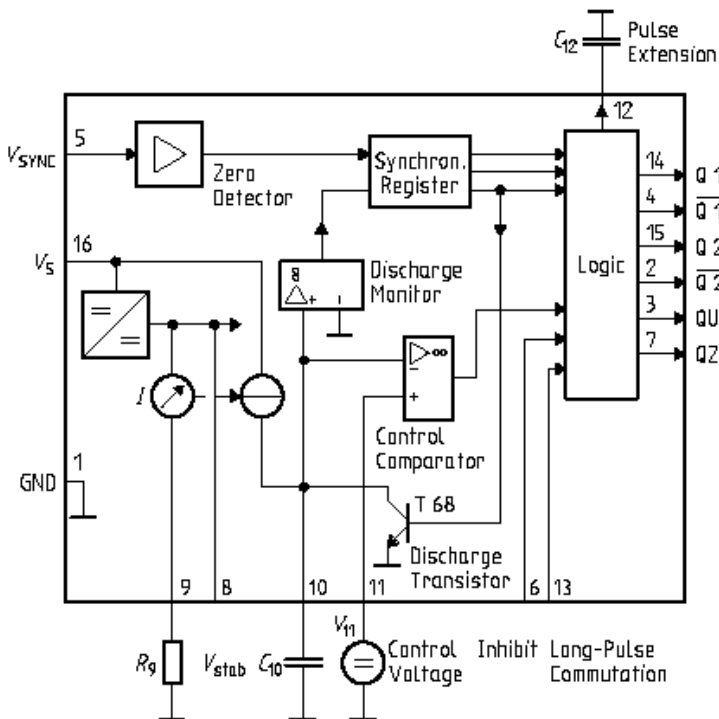
Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	$\overline{Q1}$	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V_s	Supply voltage

- Đất (điểm chung)
- Ngõ ra 2 (đảo)
- Ngõ ra U
- Ngõ ra 1 (đảo)
- Ngõ vào đồng bộ lưới
- Cấm (khóa)
- Ngõ ra Z
- Áp chuẩn
- Điện trở chỉnh răng cưa
- Điện dung chỉnh răng cưa
- Áp điều khiển
- Điện dung chỉnh độ rộng
- Chọn xung rộng (ngõ vào)
- Ngõ ra Q1
- Ngõ ra Q2
- Nguồn cấp điện

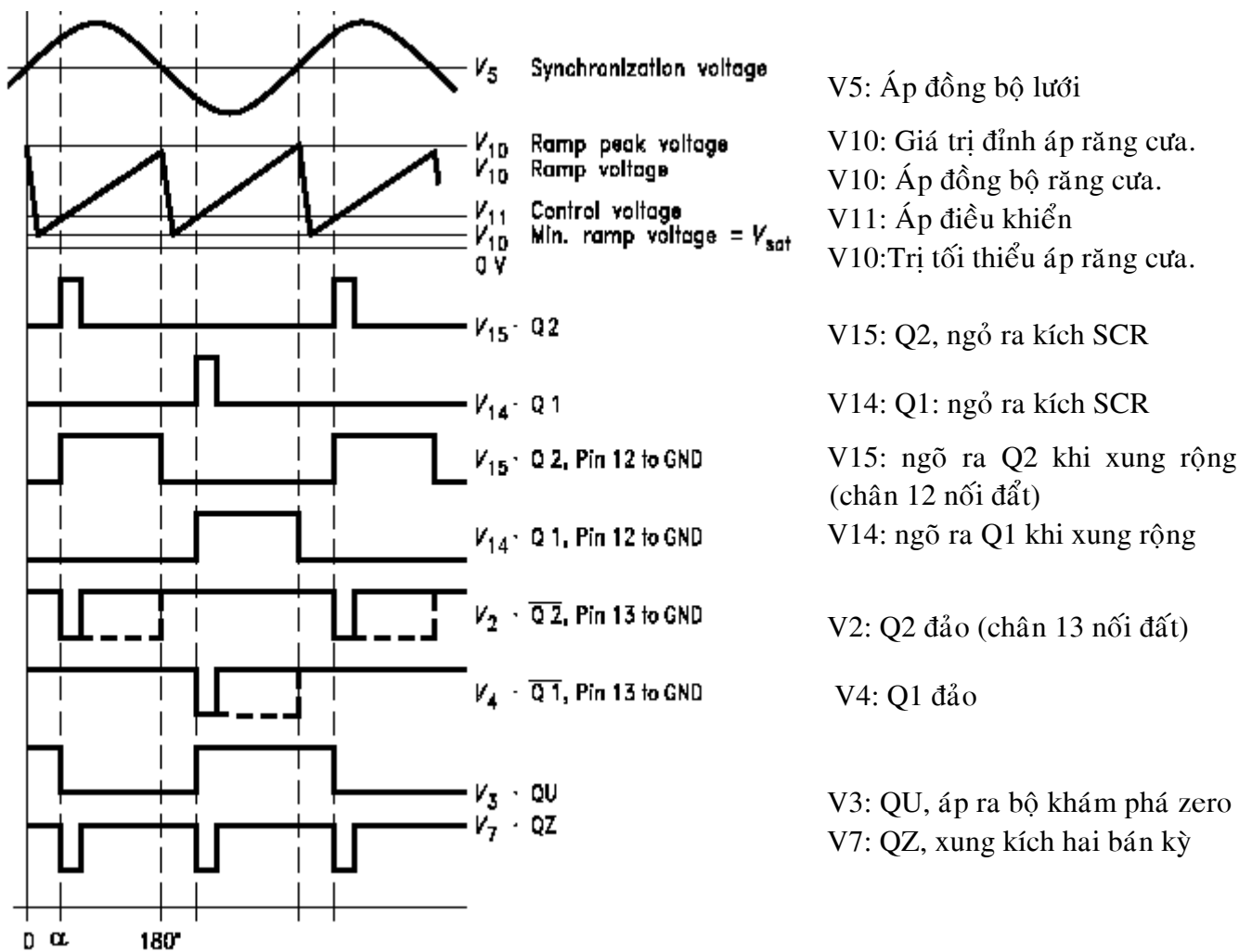
2. Sơ đồ khối:



Sơ đồ khối bao gồm:

- Mạch khám phá zero lấy tín hiệu đồng bộ V_{SYNC} (V5) từ lưới, tác động vào thanh ghi đồng bộ khi áp nguồn qua zero. Áp nguồn cấp điện V_s qua ổn áp tạo áp chuẩn V_{REF} và nguồn dòng I (được điều khiển bởi R_9) để nạp tụ C_{10} . Tụ điện C_{10} sẽ được xả ở mỗi đầu bán kỳ bằng T68 thành lập áp đồng bộ răng cưa (Ramp voltage) V_{10} . Áp này được so sánh với áp điều khiển V_{11} xác định pha kích các SCR. Khối logic bao gồm các mạch tạo bề rộng xung (từ C_{12}), tín hiệu điều khiển cấm (Inhibit) và chọn xung rộng/hẹp Long Pulse Commutation để tạo ra các xung ngõ ra theo các dạng ở hình dưới.

3. Các dạng sóng:



4. Tính toán các linh kiện R, C:

- Trị số điện dung tụ điện tạo răng cưa C10: tối thiểu 400 pF, tối đa 1 μ F.

- Áp răng cưa: $V_{10MAX} = V_S - 2V$, V_S : áp cấp điện.

$$V_{10}(t) = \frac{V_{REF} \cdot K}{R9 \cdot C10} t \text{ với } K = 1.1 \pm 20\%; V_{REF} = 3.1V.$$

Khi tính toán, ở tần số lưới 50 Hz, có thể lấy $t = 10ms$ để có $V_{10} = V_{10MAX}$.

- Bề rộng xung kích SCR có thể tính gần đúng $t_x = 620 \cdot C_{12}$ (μ sec), C12 tính bằng nF.

Khi kích SCR chỉnh lưu, t_x thường được chọn khoảng 1 msec cho chỉnh lưu công suất lớn.

5. Mạch ứng dụng:

Mạch dưới đây sử dụng TCA785 để làm mạch điều chỉnh độ sáng đèn có tim (light dimmer). TCA785 được sử dụng để kích trực tiếp TRIAC Tc từ nguồn điện lưới 220 VAC.

Cuộn dây L và tụ 0.22 μ F/250VAC tạo thành mạch lọc hạn chế ảnh hưởng lên lưới điện của việc đóng ngắt TRIAC tải thuần trở khi áp không qua zero.

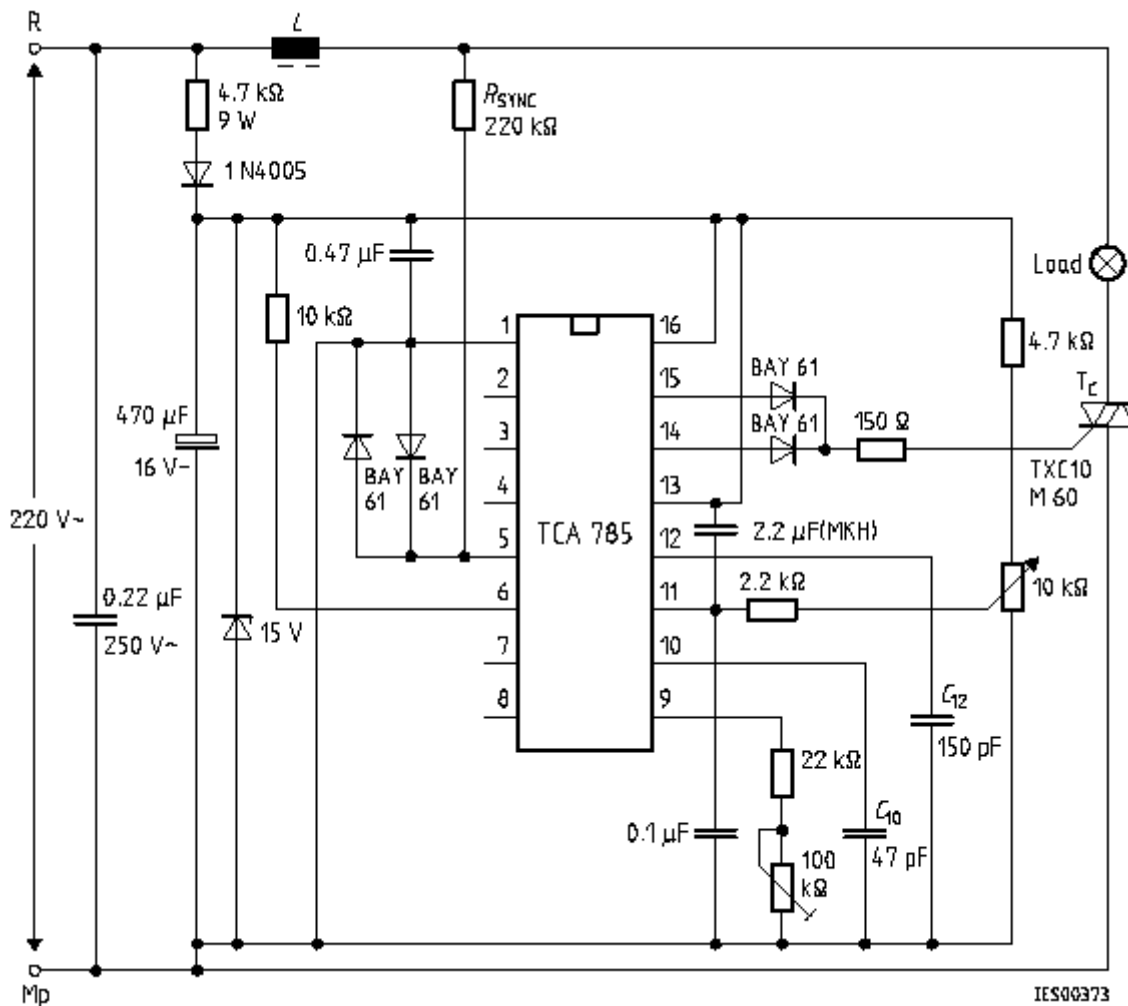
Vi mạch được cấp điện trực tiếp từ lưới qua điện trở 4k7/9W, ổn áp bằng diod ổn áp 15V (vào chân 16).

Tín hiệu đồng bộ lưới lấy trực tiếp qua R_{SYNC} 220k ohm, ngõ vào 5 được bảo vệ bằng hai diod. Ngõ vào cấm 6 nối lên 15V để cho phép mạch hoạt động. Thông số mạch tạo

ràng cửa: $C_{10} = 47 \text{ nF}$ (sơ đồ gốc in sai!), R_9 là biến trở 100k ohm và điện trở 22k ohm . Tụ $C_{12} = 150 \text{ pF}$ ứng với bề rộng xung kích $620 \times 0.15 = 93 \mu\text{s}$.

Hai ngõ ra Q1, Q2 nối vào cực cổng TRIAC qua hai diod, tạo thành cổng OR (wired OR) để kích ở hai bán kỳ. Điện trở 150 ohm hạn chế biên độ dòng cực cổng bé hơn $15 / 150 = 0.1 \text{ A}$.

Để ý tụ $2.2 \mu\text{F}$ nối chân 11 của áp điều khiển và nguồn nhằm chống nhiễu và tạo khả năng khởi động mềm (soft start): U_{dk} (góc điều khiển pha α) sẽ giảm dần từ giá trị max đến giá trị làm việc khi đóng điện.



Dựa vào sơ đồ này, ta có thể vẽ mạch kích SCR cho các bộ điều khiển phức tạp hơn, để ý việc nối chung các chân VREF sẽ giúp các vi mạch hoạt động giống nhau (khi dùng nhiều hơn một vi mạch TCA785 trong một bộ điều khiển), cách lấy tín hiệu đồng bộ và khối ghép với mạch động lực.