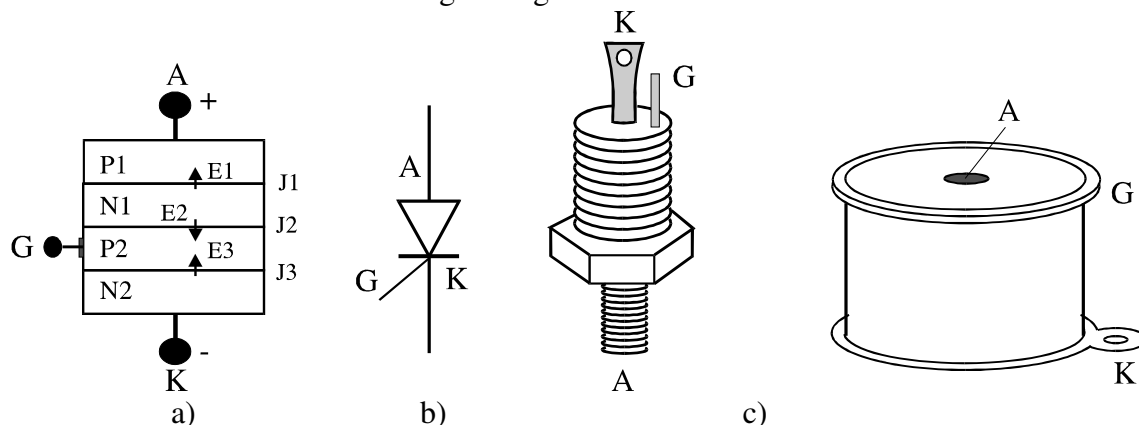


BÀI THÍ NGHIỆM MẠCH KÍCH THYRISTOR & TRIAC

PHẦN LÝ THUYẾT

I. Thyristor (SCR)

Thyristor (tên ghép từ Thyatron và Transistor) được cấu tạo từ 4 lớp bán dẫn p-n-p-n (hình 1.a), có các điện cực ra Anode (A), Cathode (K) và điện cực điều khiển (G). Ký hiệu quy ước cho trên hình 1b và hình dáng bên ngoài - hình 1.c.



Hình 1. Thyristor - cấu trúc và hình dáng

Thyristor có 3 lớp tiếp xúc J1, J2 và J3 với các điện trường nội (gây bởi hiệu ứng tiếp xúc giữa hai lớp bán dẫn) E1, E2 và E3 có chiều như trên hình 1.a. Khi nối Anode với cực “+” và cathode với cực “-” của nguồn một chiều, J1 và J3 được phân cực thuận và J2 - phân cực ngược. Kết quả là gần như toàn bộ điện thế nguồn đặt lên lớp tiếp xúc J2.

Nếu tác động vào cực G một điện thế dương so với K, sẽ làm cho các phân tử tải điện cơ bản của N2 (điện tử) chảy sang P2. Một phần điện tử chảy vào cực G (tạo thành dòng điều khiển), đa số phân tử còn lại chịu lực hút của điện trường tổng hợp trên J2 sẽ chuyển động qua J2. Nhận năng lượng đủ lớn của điện trường tổng cộng, các điện tử này sẽ ion hoá các nguyên tử bán dẫn, tạo ra các điện tử mới (thứ cấp). Các điện tử thứ cấp lại nhận năng lượng và gây ion hoá tiếp theo. Kết quả là một thác lũ điện tử được tạo ra trong lớp tiếp xúc J2 và chảy vào N1, sau đó qua P1 để tới cực A tạo thành dòng qua Thyristor. Thyristor làm việc trong chế độ này là chế độ mở, có điện trở thuận nhỏ và dòng dẫn I lớn. Khi Thyristor đã mở, tín hiệu điều khiển trở nên mất tác dụng. Độ lớn và thời gian kéo dài của tín hiệu điều khiển phụ thuộc loại SCR sử dụng, điện thế đặt trên SCR và dòng tải đang sử dụng. Khi làm việc với tải cảm lớn, độ rộng xung kích phải kéo dài hơn. Trong một số trường hợp, cần phải kích lồng xung để nếu xung đầu không kích được SCR, thì các xung tiếp theo có thể kích được. Ngoài ra việc kích lồng xung cũng làm giảm công suất điều khiển.

Trong trường hợp không có tín hiệu điều khiển ở cực G, hiện tượng thác lũ nêu trên cũng có thể xảy ra khi thế đặt trên SCR lớn hơn thế giới hạn cho phép (đánh thủng SCR). Ngoài ra, SCR cũng dẫn khi tăng thế U đặt trên Thyristor thỏa mãn điều kiện :

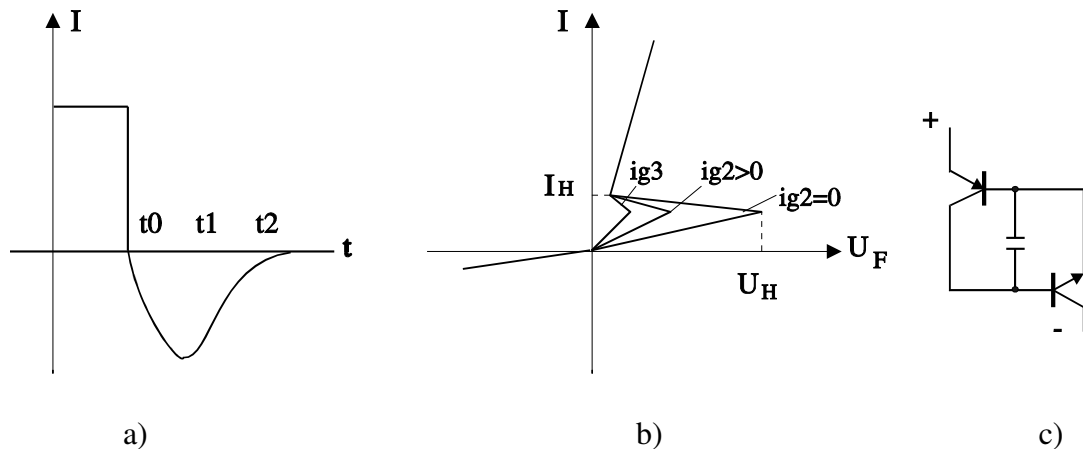
$$(dU_{AK}/dt) > (dU_{AK}/dt)_{MAX}, \text{ với giá trị } (dU_{AK}/dt)_{MAX} \text{ cho trong sổ tra cứu linh kiện.}$$

Khi điện thế U đủ lớn ($U > U_{m\ddot{o}i}$), các điện tử nhận đủ năng lượng để gây hiện tượng ion hoá do va chạm, làm mở Thyristor. Trong trường hợp này, hoạt động của Thyristor gần giống hoạt động của đèn neon.

Để đưa Thyristor về trạng thái cấm (khóa), cần tiến hành theo hai cách sau :

- Giảm dòng dẫn I xuống dưới giá trị duy trì dẫn.
- Đảo chiều thế phân áp U hoặc tạo thế phân cực ngược cho Thyristor.

Khi đặt điện áp ngược lên Thyristor đang dẫn (A nối “-“, K nối “+”), hai lớp tiếp xúc $J1$ và $J3$ bị phân cực ngược, $J2$ phân cực thuận. Các điện tử đang hiện diện trong Thyristor sẽ đảo chiều hành trình, tạo dòng điện ngược từ K về A và về cực “-“ của nguồn. Tại thời điểm chuyển từ mở sang cấm, dòng ngược này khá lớn, sau đó khi $J1$ và $J3$ bị cấm, các điện tử còn tồn tại giữa chúng sẽ dần tiêu tán, cấu trúc phần truyền của Thyristor được khôi phục lại, Thyristor chuyển sang trạng thái cấm với dòng nhỏ. Quá trình mô tả sự thay đổi dòng Thyristor từ mở sang cấm được mô tả trên hình 2.a. Sau khi Thyristor cấm, việc đảo cực lại thế U ($U < U_{m\ddot{o}i}$) trên Thyristor (A -> “+”, K -> “-“) không làm Thyristor dẫn. Cần lưu ý khi Thyristor chuyển từ dẫn sang cấm, trong khoảng thời gian đầu ($t_0 - t_1$ - hình 2a) khoảng vài chục μs , Thyristor còn dẫn với dòng ngược lớn. Nếu trong khoảng thời gian này đặt ngay thế ngược, có thể làm hỏng Thyristor.



Hình 2. Đặc trưng của Thyristor và sơ đồ tương đương

Đặc trưng Volt-Ampere của Thyristor được mô tả trên hình 2.b. Thyristor có cấu trúc và hoạt động tương đương với cặp Transistor mắc liên kết collector-base (hình 2.c).

Một số đặc điểm cần lưu ý khi sử dụng Thyristor :

* Mỗi loại Thyristor chế tạo có các đặc trưng khác nhau, cần lựa chọn loại thích hợp với yêu cầu sử dụng :

- Dòng điện định mức I_n : (tùy loại) ~ 1A - 1000A.
- Dòng điện dò ~ mA.
- Điện áp ngược cực đại $U_{in,max}$: (tùy loại) vài trăm Volt - vài kV.
- Dòng điện điều khiển I_g
- Tốc độ tăng dòng điện dI/dt : A/ s
- Tốc độ tăng điện áp dV/dt : V/ s
- Thời gian khóa : vài chục μs
- Thời gian mở : vài μs

* Quá trình chuyển từ mở sang cấm không xảy ra tức thời. Nếu khi Thyristor chưa cấm hẳn mà đã xác lập thế U để $U_{A,K}$ dương, sẽ làm đoản mạch nguồn và hỏng Thyristor.

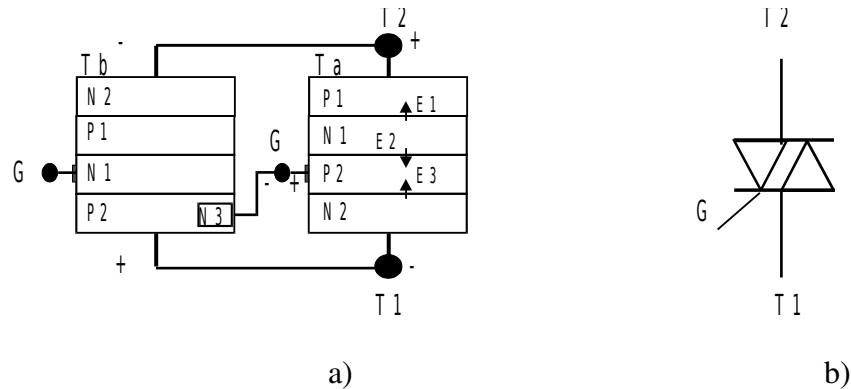
* Khi đặt vào Thyristor điện thế xoay chiều, Thyristor chỉ làm việc với bán kỳ dương mà không làm việc với bán kỳ âm của điện thế nuôi. Ở bán kỳ âm, Thyristor tự động chuyển về chế độ cấm do sự đảo cực của điện thế nuôi.

* Thyristor có trị số giới hạn cao nhất, tổn hao nhỏ nhất, rẻ tiền, song thời gian chuyển mạch chậm, vì vậy thích hợp cho những sơ đồ biến đổi điện lưới (50-60Hz) như các bộ chỉnh lưu, biến tần, nghịch lưu tần số thấp.

II. Triac (Triode Alternative Current)

Như đã trình bày ở trên, Thyristor là dụng cụ chỉ mở khi phân áp U_{A-K} dương. Nếu như mắc hai Thyristor ngược chiều nhau, có thể điều khiển chúng mở tương ứng với cả hai chiều thế phân cực dương và âm. Trong trường hợp này cần có hai tín hiệu điều khiển đồng bộ với nhau. Triac là dụng cụ tương đương với hai Thyristor mắc ngược nhau song có chung chỉ một điện cực điều khiển.

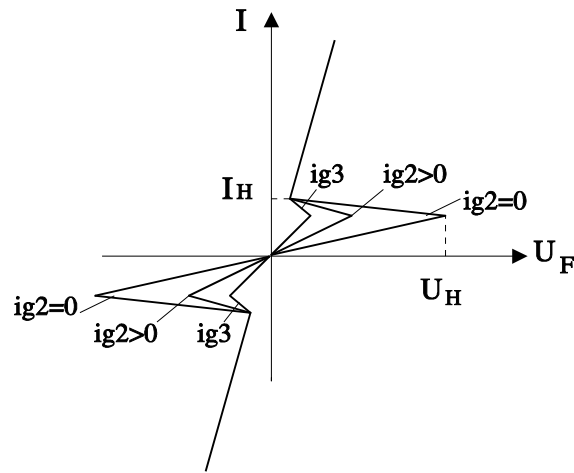
Do làm việc với cả nguồn phân cực dương và âm, khái niệm Anode và Cathode của Triac không phù hợp. Được quy ước sử dụng ký hiệu T2 (hoặc B2) và T1 (B1) cho các cực lối ra và cực điều khiển G ở gần T1.



Hình 3. Cấu trúc Triac

Cấu trúc bán dẫn của Triac có thể mô tả bằng hai cấu trúc chứa 4 lớp tiếp xúc bán dẫn T_a và T_b (hình 3.a). Trong trường hợp nối T2 với nguồn “+” và T1 với “-”, G với “+”, nửa T_a của Triac làm việc như một Thyristor thông thường. Nếu phân cực nguồn ngược lại, điện tử từ N3 sẽ phóng vào P2, gây ra quá trình thác lũ do va chạm làm dẫn T_b . Trong thực tế, Triac được thiết kế với cấu trúc liên kết với các lớp bán dẫn N1, P1, N2, P2 là chung cho cả hai nửa. Ký hiệu quy ước của Triac cho trên hình 3.b.

Đặc trưng Volt-Ampere của Triac (hình 4) có tính đối xứng. Nhánh ở cung phần tư thứ nhất ứng với T2 nối “+” và T1 nối “-”. Ở nhánh cung phần tư thứ 3, đặc trưng tương ứng với sự đảo chiều điện thế trên T1 và T2.



Hình 4. Đặc trưng V-A của Triac

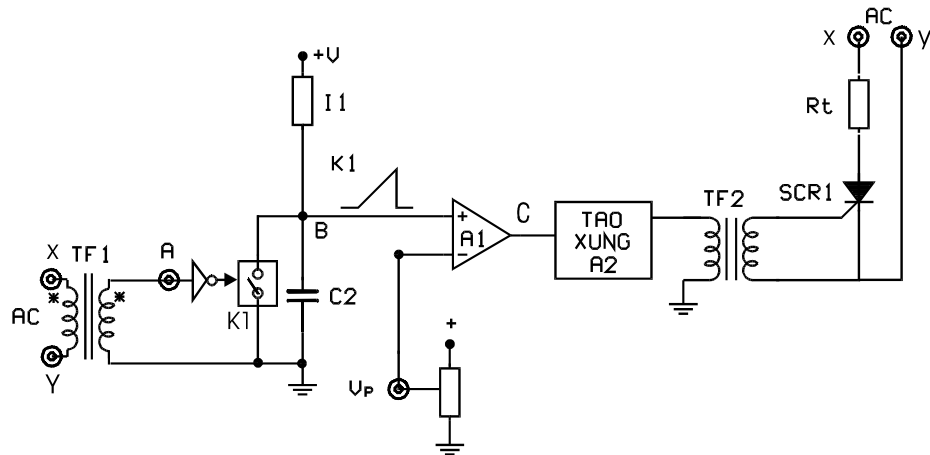
Khác với Thyristor, Triac có thể làm việc với điện thế điều khiển âm và không đổi trạng thái khi đảo cực nguồn thế nuôi.

III. Sơ đồ điều khiển (kích) Thyristor và Triac

Thyristor và Triac có thể được kích bằng nguồn một chiều.

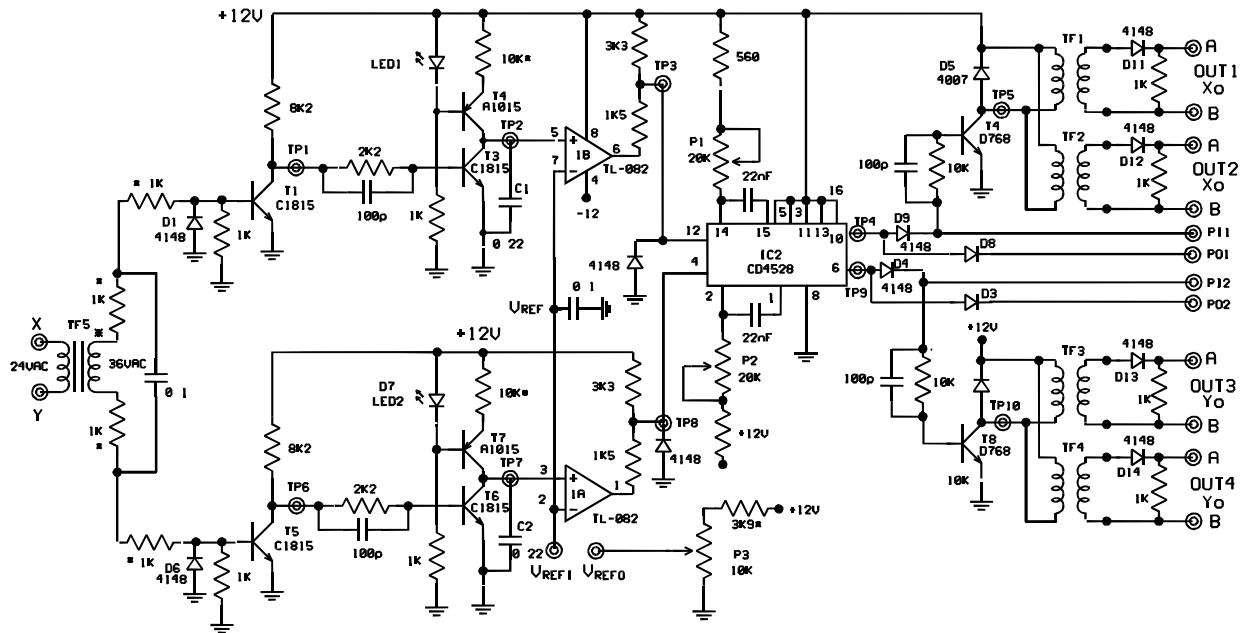
Thời gian kích để chuyển trạng thái Thyristor và Triac không lớn. Sau khi được kích dẫn, tín hiệu điều khiển mất tác dụng. Chính vì vậy có thể điều khiển các linh kiện này bằng xung có biên độ và thời gian kéo dài tương ứng với từng loại sử dụng.

Một đặc điểm ứng dụng quan trọng của điện tử công suất là quá trình kích dẫn Thyristor đồng bộ với điện lưới cấp. Nhờ vậy có thể thay đổi điện thế xoay chiều hoặc biến đổi chúng phù hợp với yêu cầu sử dụng.



Hình 5. Sơ đồ hình thành tín hiệu điều khiển đồng bộ

Trên hình 5 giới thiệu một kiểu sơ đồ điều khiển đồng bộ pha cho Thyristor và Triac, trên hình 6 – là sơ đồ chi tiết Module PEC-502 sử dụng trong thực tập và trên hình 7 - giản đồ thời gian hoạt động tương ứng.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý bộ hình thành tín hiệu điều khiển đồng bộ PEC-502

Tín hiệu xoay chiều cấp cho lối vào A của sơ đồ hình 5-6 là đồng pha với tín hiệu xoay chiều cấp cho trở tải R_t mắc trên Thyristor. Sơ đồ sẽ khuếch đại tín hiệu sin lối vào thành xung vuông góc có độ rộng tương ứng, sử dụng để ngắt khoá K1, cho phép dòng I1 nạp cho tụ C2. Tương ứng với bán kỳ dương của tín hiệu vào, trên tụ C2 sẽ có xung dạng răng cưa. Bộ so sánh A1 thực hiện so sánh thế răng cưa với thế đặt V_p . Khi thế răng cưa lớn hơn thế đặt, bộ so sánh tạo xung dương lối ra, sử dụng để điều khiển Thyristor SCR1.

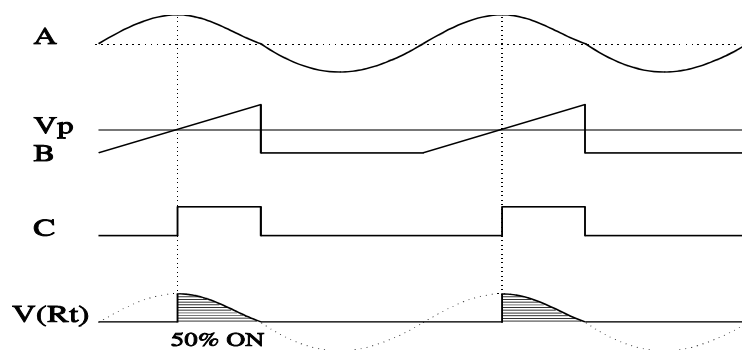
Như vậy, khi thay đổi thế ngưỡng V_p , sẽ làm dịch thời điểm mở SCR. Giá trị V_p được quy ước tương ứng với đại lượng góc cắt pha. Giá trị $V_p = 0$ (tương ứng với $V_p = 0$), Thyristor mở toàn bộ 100% theo mỗi bán kỳ dương.

Với $V_p = 45^\circ$, Thyristor mở 75%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 25%.

Với $V_p = 90^\circ$, Thyristor mở 50%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 50% (hình 7).

Với $V_p = 135^\circ$, Thyristor mở 25%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 75%.

Kết quả là với việc thay đổi góc cắt, có thể điều khiển mở SCR tương ứng với vị trí pha điện lưới, làm thay đổi tương ứng điện thế trên tải.



Hình 7. Giải đồ xung điều khiển đồng bộ pha cho SCR.