

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG.....

LUẬN VĂN

THIẾT KẾ MÔ HÌNH MẠCH KÍCH THYRISTOR TRONG THIẾT BỊ CHỈNH LƯU



PHÂN B NỘI DUNG

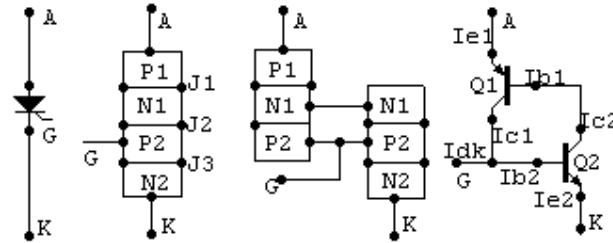
Chương 1 GIỚI THIỆU SƠ LƯỢC VỀ THYRISTOR

I - Cấu tạo – Nguyên lý làm việc của Thyristor

1 - Cấu tạo

Thyristor còn gọi là SCR (Silicon – Controlled – Rectifier) là loại linh kiện 4 lớp P – N đặt xen kẽ nhau. Để tiện việc phân tích các lớp bán dẫn này người ta đặt là P₁, N₁, P₂, N₂, giữa các lớp bán dẫn hình thành các chuyển tiếp lần lượt từ trên xuống dưới là J₁, J₂, J₃.

Sơ đồ cấu trúc, ký hiệu, sơ đồ tương đương và cấu tạo của thyristor được trình bày H1



H.I.1a. H.I.1b H.I.1c H.I.1d

- A : Anốt
- K : catốt
- G : Cực điều khiển
- J₁, J₃ : Mặt tiếp giáp phát điện tích
- J₂ : Mặt tiếp giáp trung gian
- H.I.1a : Sơ đồ ký hiệu của SCR
- H.I.1b : Sơ đồ cấu trúc bốn lớp của SCR
- H.I.1c : Sơ đồ mô tả cấu tạo của SCR
- H.I.1d : Sơ đồ tương đương của SCR

2. Nguyên lý làm việc của thyristor:

Có thể mô phỏng một Thyristor bằng hai transistor Q₁, Q₂ như H.I.1d. Transistor Q₁ ghép kiểu PNP, còn Q₂ kiểu NPN.

Gọi α₁, α₂ là hệ số truyền điện tích của Q₁ và Q₂. Khi đặt điện áp U lên hai đầu A & K của Thyristor, các mặt tiếp giáp J₁ & J₃ chuyển dịch thuận, còn mặt tiếp giáp J₂ chuyển dịch ngược (J₂ mặt tiếp giáp chung của Q₁ & Q₂). Do đó dòng chảy qua J₂ là I_{J2}

$$I_{J2} = \alpha_1 I_{e1} + \alpha_2 I_{e2} + I_0.$$

I₀ : Là dòng điện rò qua J₂

Nhưng vì Q_1 & Q_2 ghép thành một tổng thể ta có:

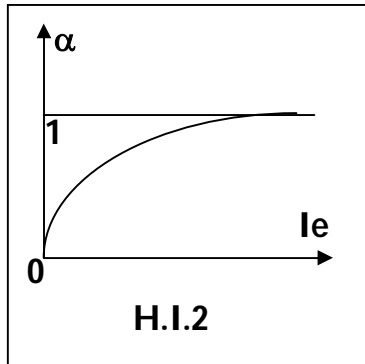
$$I_{e1} = I_{e2} = I_{J2} = I.$$

$$\text{Do đó } I_{J2} = I = \alpha_1 I + \alpha_2 I + I_0$$

$$\text{Suy ra } \Rightarrow I = I_0 / [1 - (\alpha_1 + \alpha_2)] \quad (1)$$

Do J_2 chuyển dịch ngược nên hạn chế dòng chảy qua nó, dẫn đến α_1, α_2 cùng đều có giá trị nhỏ, $I \approx I_0$, cả hai transistor ở trạng thái ngắt.

Từ biểu thức (1) ta thấy rằng dòng điện chảy qua Thyristor phụ thuộc vào hệ số truyền điện tích α_1 & α_2 . Mối quan hệ giữa α và dòng emiter được trình bày ở H.I.2. Như vậy khi $\alpha_1 + \alpha_2$ tăng dần đến 1 thì I tăng rất nhanh. Theo sơ đồ tương đương của SCR H.I.1d ta có thể giải thích như sau:



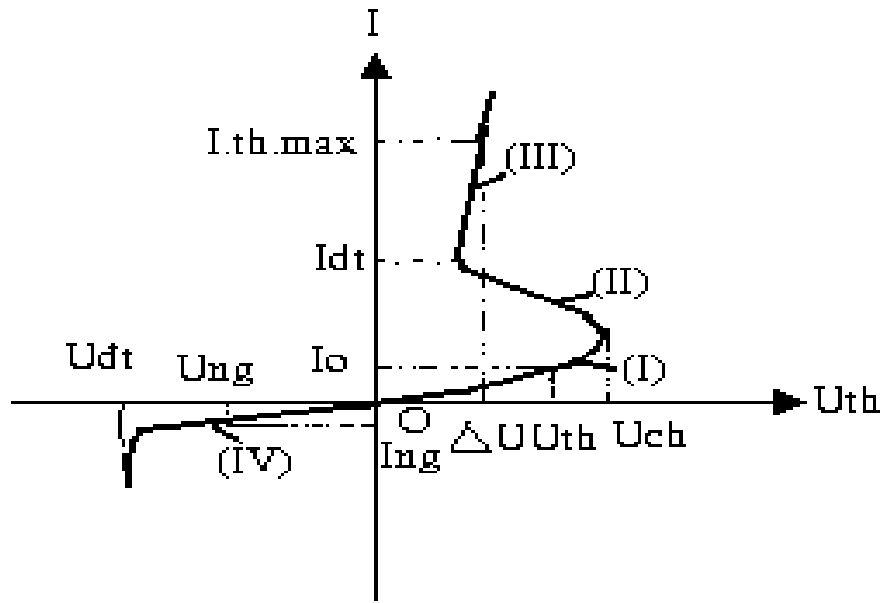
- Dòng I_{C1} chảy vào cực B của Q_2 làm cho Q_2 dẫn và I_{C2} tăng, tức I_{B1} cũng tăng ($I_{C2} = I_{B1}$) khiến Q_1 dẫn mạnh $\rightarrow I_{C1}$ tăng và cứ tiếp diễn như thế. Hiện tượng này gọi là hồi tiếp dương về dòng, tạo điều kiện làm tăng trưởng nhanh dòng điện chảy qua Thyristor.

- Dòng I_{e1} tăng làm cho α_1 tăng (H.I.2), còn tăng I_{e2} làm cho α_2 tăng. Cuối cùng thực hiện được điều kiện $(\alpha_1 + \alpha_2) \rightarrow 1$, cả hai transistor chuyển sang trạng thái

mở, lúc này nội trở giữa A và K của SCR rất nhỏ.

Vậy muốn làm cho Q_1, Q_2 từ trạng thái ngắt chuyển sang trạng thái bão hoà (hay muốn mở Thyristor) chỉ cần làm tăng I_{B2} . Để làm được việc này người ta thường cho một dòng điều khiển I_{dk} chảy vào cực công của Thyristor, đúng theo chiều I_{B2} trên H.I.1d.

II. Đặc tuyến Volt - Ampere của Thyristor:



H.I.3

H.I.3 Đặc tuyến Volt - Ampere của Thyristor

$I_{th\ max}$: Giá trị cực đại dòng thuận

U_{th} : Điện áp thuận

U_{ng} : Điện áp ngược

U_{dt} : Điện áp đánh thủng

I_{ng} : Dòng ngược.

I_0 : Dòng rò qua Thyristor

I_{dt} : Dòng duy trì.

ΔU : Điện áp rơi trên Thyristor

Để giải thích được ý nghĩa vật lý của đường đặc tuyến Volt - Ampere Thyristor, người ta chia ra làm bốn đoạn đánh số la mã như H.I. 3b

- Đoạn (I) ứng với trạng thái ngắt của Thyristor. Trong đoạn này $(\alpha_1 + \alpha_2) < 1$, có dòng rò qua Thyristor $I \approx I_0$, việc tăng giá trị U ít có ảnh hưởng đến giá trị dòng I . Khi U tăng đến giá trị U_{ch} (điện áp chuyển mạch) thì bắt đầu quá trình tăng trưởng nhanh chóng của dòng điện, Thyristor chuyển sang trạng thái mở.

-Đoạn (II) ứng với giai đoạn chuyển dịch thuận của mặt tiếp giáp J_2 (Q_1, Q_2 chuyển sang trạng thái bão hòa). Ở giai đoạn này, mỗi một lượng tăng nhỏ dòng điện ứng với một lượng giảm lớn của điện áp. Đoạn này được gọi là đoạn điện trở âm.

-Đoạn (III) ứng với trạng thái mở của Thyristor. Trong đoạn này cả 3 mặt tiếp giáp J_1, J_2, J_3 đều đã chuyển dịch thuận, một giá trị điện áp nhỏ có thể tạo ra một dòng điện lớn. Lúc này dòng điện thuận chỉ còn bị hạn chế bởi điện trở mạch ngoài, điện áp rơi trên Thyristor rất nhỏ. Thyristor được giữ ở trạng thái mở chừng nào dòng I_{th} còn lớn hơn dòng duy trì I_{dt} .

- Đoạn (IV) ứng với trạng thái của Thyristor khi ta đặt một điện áp ngược lên nó (cực dương lên catốt, cực âm lên Anod). Lúc này J_1 , J_3 chuyển dịch ngược, còn J_2 chuyển dịch thuận, vì khả năng khoá của J_3 rất yếu nên nhánh ngược của đặc tính Volt-Ampere chủ yếu được quyết định bằng khả năng khoá của mặt tiếp giáp J_1 , do đó có dạng nhánh ngược của đặc tính diod thường. Dòng điện I_{ng} có giá trị rất nhỏ $I_{ng} \approx I_0$. Khi tăng U_{ng} đến giá trị U_{dt} (điện áp đánh thủng) thì J_1 bị chọc thủng và Thyristor bị phá hỏng. Vì vậy để tránh hư hỏng cho Thyristor ta không nên đặt điện áp ngược có giá trị gần bằng U_{dt} lên Thyristor.

Nếu cho những giá trị khác nhau của dòng điều khiển I_{dk} thì sẽ nhận được một họ đường đặc tính Volt-Ampere của Thyristor (H.I.4). Đoạn (I) của đường đặc tính Volt-Ampere sẽ bị rút ngắn lại và điện áp U_{ch} cũng nhỏ đi nếu tăng dần giá trị U_{dk} . Khi dòng điều khiển tương đối lớn I_{dk3} (H.I.4) thì đường đặc tính được nắn gần như thẳng giống như nhánh thuận của đặc tính Diod, có thể nói với giá trị của I_{dk} như thế ($\alpha_1 + \alpha_2$) và mặt tiếp giáp J_2 chuyển dịch thuận nhanh chóng.

H.I.4

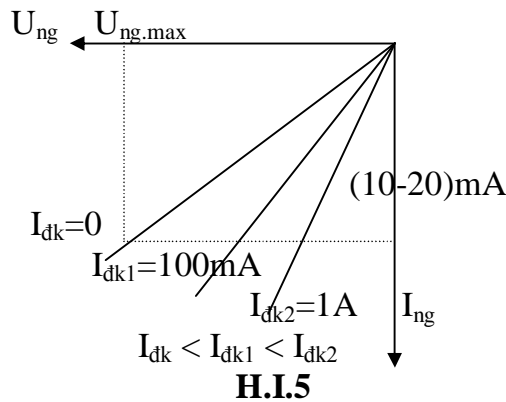
III. Các thông số chủ yếu của Thyristor.

1. Điện áp thuận cực đại ($U_{th.max}$):

Là giá trị điện áp lớn nhất có thể đặt lên Thyristor theo chiều thuận mà Thyristor vẫn ở trạng thái mở. Nếu vượt quá giá trị này có thể làm hỏng Thyristor.

2. Điện áp ngược cực đại ($U_{ng.max}$):

Là điện áp lớn nhất có thể đặt lên Thyristor theo chiều ngược mà Thyristor vẫn không hỏng. Dưới tác động của điện áp này, dòng điện ngược có giá trị $I_{ng} = (10 - 20) \text{mA}$. Khi điện áp ngược đặt lên Thyristor lưu ý phải giảm dòng điều khiển (H. I. 5)



3. Điện áp định mức (U_{dm}):

là giá trị điện áp cho phép đặt lên trên Thyristor theo chiều thuận và ngược. Thông thường $U_{dm} = 2/3 U_{th.max}$

4. Điện áp rơi trên Thyristor:

Là giá trị điện áp trên Thyristor khi Thyristor đang ở trạng thái mở.

5. Điện áp chuyển trạng thái (U_{ch}):

Ở giá trị điện áp này, không cần có I_{dk} , Thyristor cũng chuyển sang trạng thái mở.

6. Dòng điện định mức (I_{dm}):

Là dòng điện có giá trị trung bình lớn nhất được phép chảy qua Thyristor.

7. Điện áp và dòng điện điều khiển (U_{dkmin}, I_{dkmin}):

Là giá trị nhỏ nhất của điện áp điều khiển đặt vào G - K và dòng điện điều khiển đảm bảo mở được Thyristor.

8. Thời gian mở Thyristor (T_{on}):

Là khoảng thời gian tính từ sườn trước xung điều khiển đến thời điểm dòng điện tăng đến $0,9 I_{dm}$.

9. Thời gian khoá Thyristor (T_{off}):

Là khoảng thời gian tính từ thời điểm $I = 0$ đến thời điểm lại xuất hiện điện áp thuận trên Anod mà Thyristor không chuyển sang trạng thái mở.

10. Tốc độ tăng điện áp thuận cho phép (du/ dt):

Là giá trị lớn nhất của tốc độ tăng áp trên Anod mà Thyristor không chuyển từ trạng thái khoá sang trạng thái mở.

11. Tốc độ tăng dòng thuận cho phép (di/ dt):

là giá trị lớn nhất của tốc độ tăng dòng trong quá trình mở Thyristor.

IV. Mở Thyristor:**+ Các biện pháp mở Thyristor:****a) Nhiệt độ:**

Nếu nhiệt độ Thyristor tăng cao, số lượng điện tử tự do sẽ tăng lên, dẫn đến dòng điện rò I_o tăng lên. Sự tăng dòng này làm cho hệ số truyền điện tích α_1, α_2 tăng và Thyristor được mở. Mở Thyristor bằng phương pháp này không điều khiển được sự chạy hỗn loạn của dòng nhiệt nên thường được loại bỏ.

b) Điện thế cao:

Nếu phân cực Thyristor bằng một điện thế lớn hơn điện áp đánh thủng U_{dt} thì Thyristor mở. Tuy nhiên phương pháp này sẽ làm cho Thyristor bị hỏng nên không được áp dụng.

c) Tốc độ tăng điện áp (du/dt):

Nếu tốc độ tăng điện áp thuận đặt lên Anod và Catot thì dòng điện tích của tụ điện tiếp giáp có khả năng mở Thyristor. Tuy nhiên dòng điện tích lớn này có thể phá hỏng Thyristor và các thiết bị bảo vệ. Thông thường tốc độ tăng điện áp du/dt thì do nhà sản xuất qui định.

d) Dòng điều khiển cực G

Khi Thyristor đã phân cực thuận ta đưa dòng điều khiển dương đặt vào hai cực G & K thì Thyristor dẫn, dòng I_G càng tăng thì U_{dt} càng giảm.

V. Khoá Thyristor:

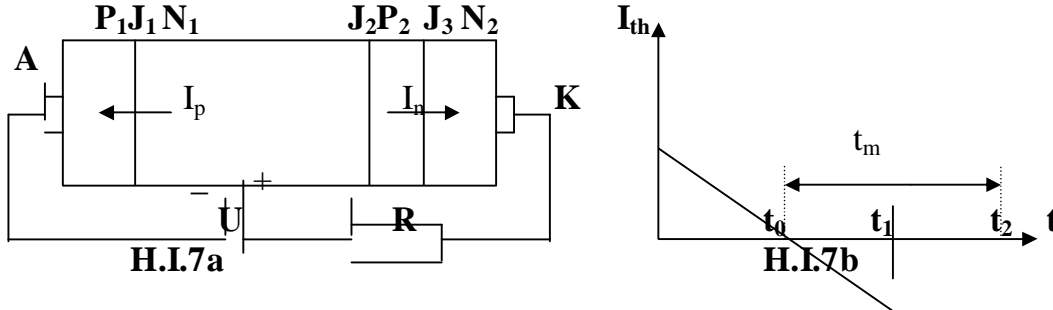
Khoá Thyristor tức là trả nó về trạng thái ban đầu trước khi mở với đầy đủ các tính chất có thể điều khiển được nó. Có hai phương pháp khoá Thyristor :

- Giảm dòng điện thuận hoặc cắt nguồn cung cấp.
- Đặt điện áp ngược lên Thyristor.

+ Quá trình khoá Thyristor:

Khi đặt điện áp ngược lên Thyristor (H.I.7a) tiếp giáp J_1, J_3 chuyển dịch ngược, còn J_2 chuyển dịch thuận. Do tác dụng của điện trường ngoài, các lỗ trống trong lớp P_2 chạy qua J_3 về Catot và trong lớp N_1 lỗ trống chạy qua J_1 về Anod tạo nên dòng điện ngược chạy qua tải, giai đoạn này từ $t_0 - t_1$ (H.I.7b). Khi các lỗ trống bị tiêu tán hết thì J_1 & J_3 (chủ yếu J_1) ngăn cản không cho điện tích tiếp tục chảy qua, dòng ngược bắt đầu giảm xuống, từ $t_1 - t_2$ gọi là thời gian khoá Thyristor.

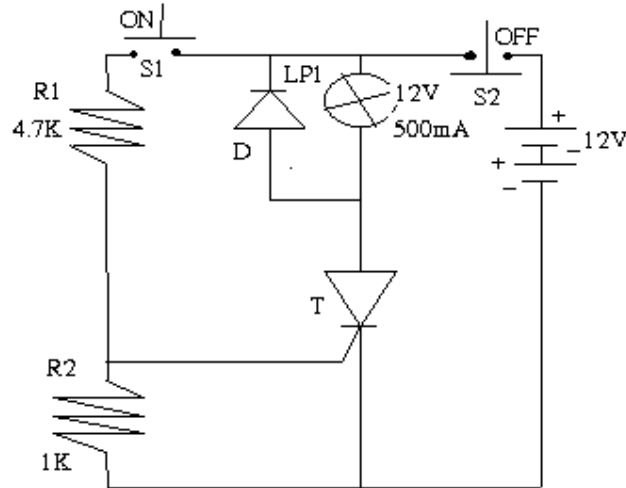
Thời gian khoá này thường dài gấp 8 - 10 lần thời gian mở.



VI. Một số sơ đồ cơ bản của Thyristor:

1. Sơ đồ chủ yếu dùng Thyristor trong mạch một chiều.

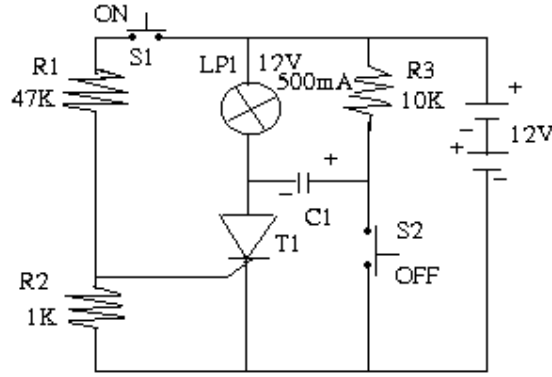
Sau khi đã hiểu biết các đặc tính cơ bản của Thyristor ta nghiên cứu một số sơ đồ chủ yếu để kiểm chứng lại các đặc tính đó về phương diện thực hành.



H.I.9

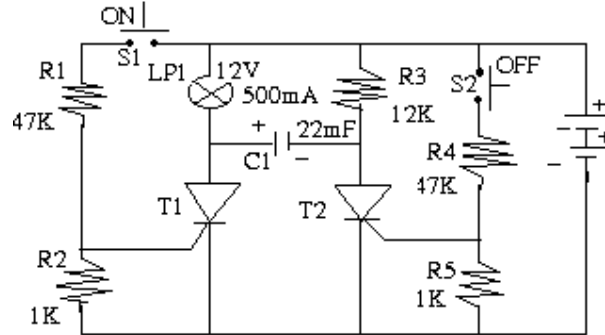
H. I.9 giới thiệu một công tắc tơ một chiều đơn giản dùng để điều khiển bóng đèn 12 Volt, 100mA. Nếu cần thiết ta có thể thay tải khác vào vị trí của bóng đèn, nhưng trong trường hợp tải cảm kháng thì cần phải nối song song một Diode D_1 để tránh cho mạch khỏi sự cố do sức điện động cảm ứng gây ra. Khi đóng hoặc cắt mạch Thyristor dùng trong mạch này có thể chịu được dòng điện Anod đến 2A và có thể được đóng (thông mạch) bởi dòng điện điều khiển bé cỡ vài trăm miliAmpere. Dòng điện điều khiển được cấp qua điện trở bảo vệ R_1 và nút ấn S_1 . Điện trở R_2 được nối giữa cực khiên và Catot dùng để nâng cao độ ổn định của mạch điện.

Khi nhấn S_1 thì mạch sẽ đóng điện, một khi Thyristor đã mở thì dù cho nút S_1 hở mạch thì nó vẫn duy trì trạng thái mở đó. Muốn cho Thyristor ngưng dẫn ta nhanh chóng đưa dòng điện Anod trở về không bằng cách nhấn nút S_2 .



H.I.10

H.I.10 giới thiệu một phương pháp ngắt Thyristor. Thực vậy, khi T đang ở trạng thái mở, tụ C₁ được nạp từ nguồn qua điện trở R₃. Khi ta ấn S₂ lại, bản cực dương của tụ nối mass và áp trên tụ làm cho Anod của T trở thành âm, điều này gây đảo ngược phân cực trên T và làm cho nó ngắt. Tụ C₁ phóng rất nhanh nhưng đủ để giữ cho anod âm trong vài phần triệu giây, và do đó đảm bảo cho T ngưng dẫn. Cần chú ý rằng nếu S₂ vẫn giữ trạng thái đóng sau khi dòng tải đã được ngắt, thì tụ sẽ được nạp ngược thông qua tải, do đó cần chọn tụ không phân cực như tụ Mylar hoặc tụ Polyester.

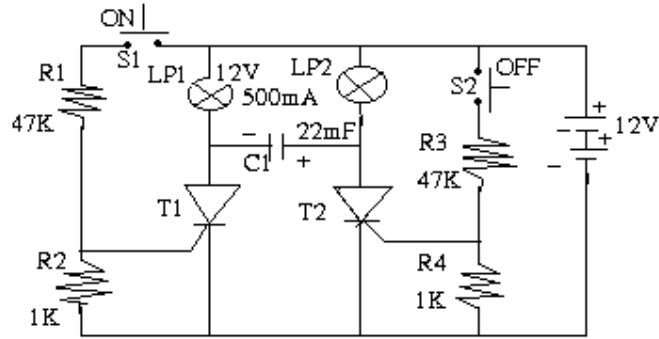


H.I.11

Một phương pháp khác khoá T bằng tụ như H.I.11. Ở đây, người ta dùng T₂ phụ để thay thế cho nút ấn trong H.I.10. Thyristor T₁ được ngắt bằng cách mở T₂ trong khoảng thời gian rất ngắn nhờ một xung điện điều khiển rất nhỏ chảy qua nút ấn S₂ vì dòng Anod của nó được cấp qua R₃ có giá trị nhỏ hơn dòng duy trì.

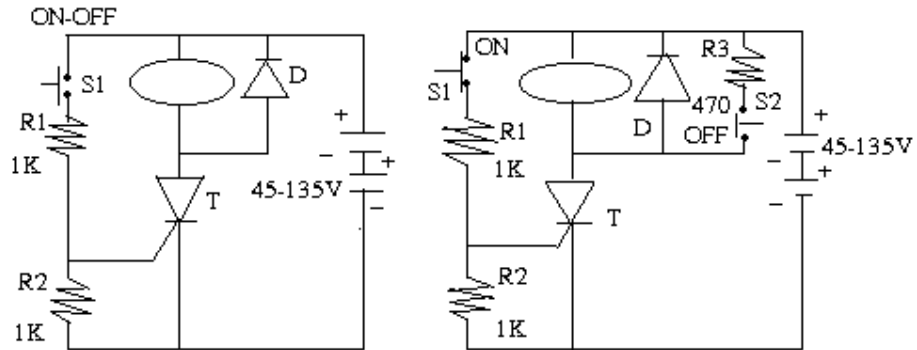
H.I.12 giới thiệu một sơ đồ Thyristor nối theo mạch dao động dùng để điều khiển hai bóng đèn riêng biệt LP₁ & LP₂. Giả sử T₁ mở trong khi T₂ ngắt tụ C₁ (loại không có cực tính) được nạp với cực tính dương phía LP₂.

Khi ấn S₂, mạch sẽ chuyển trạng thái, T₂ mở do tác dụng của cực điều khiển và T₁ sẽ bị chính T₂ khoá lại dưới tác dụng của tụ C₁. Đồng thời tụ này được nạp theo chiều ngược lại. Khi tụ được nạp đầy, trạng thái của mạch có thể thay đổi nếu ta ấn nút S₁, khi đó T₂ ngắt nhờ tụ C₁. Trạng thái dao động này có thể lặp đi lặp lại mãi.



H.I.12

Các mạch H.I.9, H.I.10, H.I.11, H.I.12 đều dùng cho tải cố định đơn giản thuộc loại mạch tự duy trì .



H.I.13a

H.I.13b

H.I.13 giới thiệu một hệ thống báo động đơn giản dùng điện một chiều, với loại tải không liên tục như chuông điện, bộ rung hoặc còi. Khi đóng nguồn, một dòng điện sẽ chảy qua cuộn dây phần ứng bố trí trong mạch có hai tiếp điểm, dòng điện đó cảm ứng ra từ trường trong cuộn dây nên làm cho các tiếp điểm mở ra. Khi tiếp điểm mở dòng điện bị ngắt và từ trường cũng bị mất theo. Kết quả là các tiếp điểm lại đóng lại dòng điện chảy qua cuộn dây, hiện tượng như trên cứ thế lặp đi lặp lại.

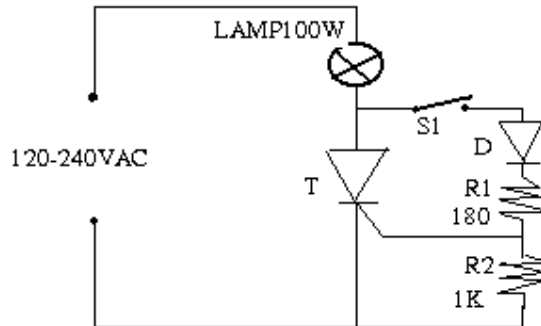
Một tải như vậy được xem như một công tắc tự đóng mở theo chu kỳ với tốc độ rất nhanh. Khi tải trên được nối vào mạch H.I.13a tín hiệu báo động chỉ được phát ra nếu S₁ đóng. Do tải có điện cảm nên khi sử dụng với mạch Thyristor ta cần nối song song với một diod D₁ cản dục.

Khi cần thiết ta có thể lắp sơ đồ trên theo kiểu mạch duy trì bằng cách nối song song với dụng cụ cảnh báo một điện trở R₃ = 470 (H.I.13b). Trong trường hợp này, khi hệ thống báo động tự ngắt do rung dòng Anod của Thyristor không bị triệt tiêu, mà chỉ giảm đến một giá trị qui định bởi điện trở R₃ và sức điện động của nguồn. Nếu giá trị này lớn hơn dòng duy trì của Thyristor thì T sẽ tự duy trì. Nhân điều kiện đó dòng Anod sẽ không giảm về

không khi tín hiệu báo động chuyển vào khoảng khe hở dòng điện giữa hai lần rung, và do đó T sẽ bị ngắt.

Mạch tín hiệu báo động H.I.13 được dùng nhiều trong các dụng cụ có điện áp thấp (3 đến 12 volt) như chuông điện, bộ rung còi. Đó là những dụng cụ điện tiêu thụ dòng dưới 2A. Bộ nguồn phải đảm bảo cấp đủ một điện áp trên 1.5V so với điện áp cần thiết để dụng cụ cảnh báo hoạt động bình thường. Phần điện áp dùng để bù vào điện áp bão hoà của Thyristor khi đã thông.

2. Sơ đồ cơ bản dùng Thyristor trong mạch xoay chiều:

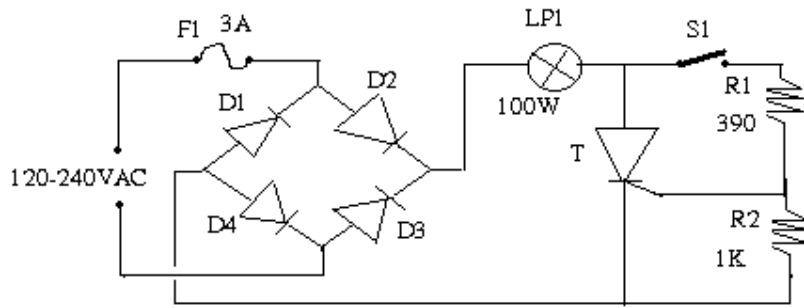


H.I.14

H.I.14 trình bày một mạch điện tương đương như dùng khoá đóng cắt theo nửa chu kỳ để điều khiển bóng đèn 100W nối với nguồn điện xoay chiều 120V hoặc 240V. Khi khoá S₁ mở cực điều khiển của Thyristor T ngắt và đèn tắt. Ngược lại, nếu S₁ đóng ở thời điểm khởi đầu của mỗi nửa chu kỳ dương T đang ngắt, do đó toàn bộ điện áp đặt lên cực điều khiển qua đèn, Diod D₁ & R₁, khi điện áp đủ để mỗi thông T thì đèn sáng lên. Kể từ lúc T mở, điện áp trên nó giảm xuống giá trị xấp xỉ không, do đó dòng điều khiển không còn nữa. Lúc này dòng Anod có giá trị đủ lớn nên T thực tế được duy trì ở trạng thái mở trong suốt nửa chu kỳ dương. Nó sẽ tự động ngắt vào cuối nửa chu kỳ này khi giá trị dòng Anod giảm xuống không.

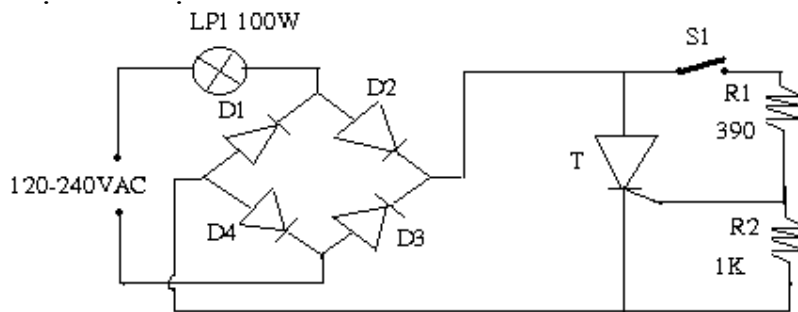
Quá trình nêu trên sẽ được lặp đi lặp lại theo các nửa chu kỳ nếu ta giữ S₁ ở trạng thái đóng. Khi mở S₁, T sẽ ngắt và đèn tắt, vì như đã trình bày, T khoá vào mỗi chu kỳ dương.

Diod D₁ trong mạch này có tác dụng ngăn không cho điện áp âm đặt lên cực khiển. Điện trở R₁ có giá trị đủ nhỏ để cho phép mỗi thông T vào đầu nửa chu kỳ dương, nhưng nó cũng phải có giá trị đủ lớn để hạn chế dòng điện đỉnh nhọn trong cực điều khiển ở một giá trị thích ứng. Khi ta đóng S₁ vào thời điểm có điện áp cực đại trên đường dây, cần chú ý rằng đỉnh nhọn của áp và dòng chỉ đặt lên điện trở R₁ trong vài phần triệu giây để mỗi thông T, nên công suất tiêu tán trên R₁ rất bé.



H.I.15

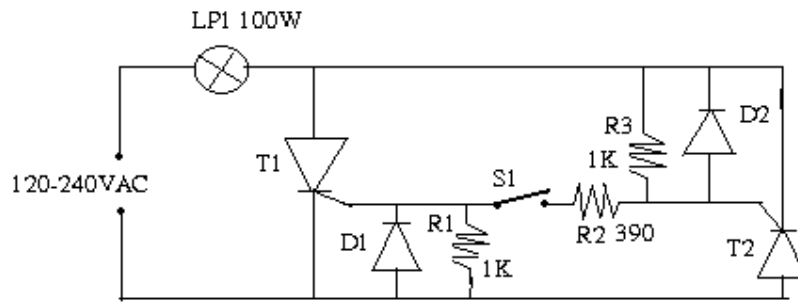
Có nhiều cách dùng Thyristor để điều khiển cả hai nửa chu kỳ trong mạch xoay chiều. Trong H.I.15 và H.I.16 điện áp xoay chiều được biến đổi thành điện áp chỉnh lưu (không lọc) nhờ cầu bốn Diod D_1, D_2, D_3, D_4 . Điện áp chỉnh lưu đó được đặt lên Thyristor T. Khi khoá S_1 mở, T ngắt nên không có dòng điện chạy qua cầu và tải. Khi S_1 đóng, T được nối thông ngay từ đầu mỗi nửa chu kỳ, nên toàn bộ công suất được đặt lên tải. Trong khi T dẫn, cực điều khiển mất tác dụng một cách tự động, nhưng T vẫn giữ ở trạng thái mở trong suốt cả nửa chu kỳ như giải thích trên. T sẽ tự động ngắt vào cuối mỗi nửa chu kỳ khi dòng Anod giảm xuống không, do đó sơ đồ này dùng để cấp điện cho tải một chiều. Ở phía xoay chiều của cầu chỉnh lưu người ta đặt cầu chì bảo vệ khi có sự cố.



H.I.16

Trong H.I.16 tải được nối ở phía xoay chiều của cầu, do đó mạch này được dùng để điều khiển tải xoay chiều. Trường hợp này không cần cầu chì bảo vệ, vì chính tải đã có tác dụng hạn chế dòng điện giá trị cho phép khi có sự cố trong các phần tử.

Cuối cùng H.I.17 mắc hai Thyristor T_1 & T_2 song song ngược nhau để tạo ra một sóng hoàn chỉnh cấp cho tải. Khi S_1 mở, cực khiển của T_1 & T_2 không được cấp điện, tải không tiêu thụ năng lượng. Khi S_1 được đóng, cực khiển T_1 được cấp điện trong các nửa chu kỳ dương thông qua diod D_2 , điện trở R_2 và T_1 mở. Ngược lại trong các nửa chu kỳ âm, T_2 được mở thông qua D_1 và R_2 . Như vậy ta thực hiện được điều khiển toàn sóng.



H.I.17

Chương II

CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN DÙNG THYRISTOR

Thyristor thường được dùng để điều khiển các thiết bị dùng điện một chiều như các động cơ điện một chiều, lò điện, các máy hàn điện và đèn chiếu sáng với hiệu suất cao. Để mở được Thyristor cần phải thỏa mãn hai điều kiện:

- $U_{AK} > 0$ và có tín hiệu dương U_{GK}
- Có dòng I_G tác động vào cực điều khiển G của Thyristor

Do đó Thyristor thường mở chậm hơn Diod một góc tương ứng α . Góc α này là góc mở chậm (góc kích) của Thyristor.

Tácó $\alpha = \omega\tau$

ω : Tần số góc dòng điện xoay chiều.

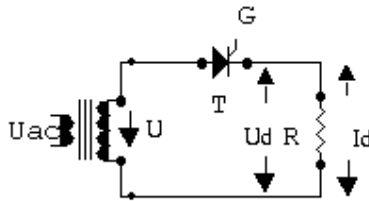
τ : Thời gian tính từ thời điểm mở Diod tương ứng (U_{AK} bắt đầu dương) đến thời điểm mở Thyristor (có tín hiệu điều khiển I_G)

Trong các mạch chỉnh lưu dùng Thyristor, các Thyristor được cung cấp từ nguồn điện xoay chiều một pha hoặc ba pha. Điều này có nghĩa là Thyristor sẽ khoá lại khi dòng điện qua nó đi qua trị số không, hoặc nó bị phân cực nghịch một cách tự nhiên theo qui luật của nguồn điện xoay chiều và tính chất của phụ tải.

I. Các chế độ cung cấp điện cho một phụ tải qua mạch chỉnh lưu dùng Thyristor:

1. **Chế độ cung cấp gián đoạn:** Chế độ này dòng cung cấp cho phụ tải không liên tục.

Để minh họa cho chế độ này ta xét mạch chỉnh lưu một pha một nửa chu kỳ, có sơ đồ nguyên lý (H.II.1a) và đồ thị điện áp (H.II.1b).



H.II.1a

H.II.1b

Sơ đồ H.II.1a, Thyristor được điều khiển bằng các xung dòng điện I_G xuất hiện chậm sau điện áp U một góc α nào đó như H.II.1b

Khi có tín hiệu I_G , Thyristor sẽ mở, nên góc α được gọi là góc mở chậm của Thyristor. Khi Thyristor áp trên hai đầu phụ tải là:

$$U_d = U = U_m \sin\omega t$$

Dòng I qua phụ tải được xác định bởi phương trình:

$$L(di/dt) + Rid = U = U_m \sin \omega t$$

Nghiệm phương trình:

$$id = \frac{Um}{Z} * \text{Sin } \omega t - \varphi + e^{A \frac{R}{\omega L} \omega t}$$

$$\text{Với : } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

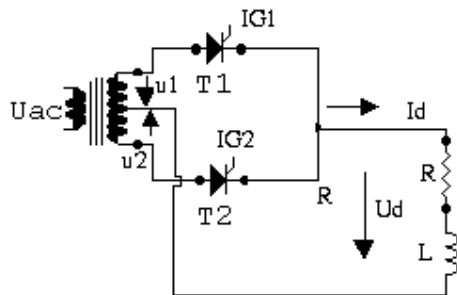
$$\varphi = \text{arctg } \frac{\omega L}{R}$$

A : là hằng số tích phân được xác định từ điều kiện ban đầu. Dựa vào biểu thức id ta có đường cong id giảm đến không và Thyristor tự động tắt. Do đó góc λ gọi là góc tắt của Thyristor, Thyristor tiếp tục ngắt cho đến thời điểm xuất hiện xung IG tiếp theo ở chu kỳ sau của điện áp U.

Như vậy trong mỗi chu kỳ của U dòng điện qua phụ tải id chỉ tồn tại trong khoảng từ α đến λ, còn từ λ đến 2π dòng id = 0, tóm lại dòng qua phụ tải là dòng gián đoạn.

2. Chế độ cung cấp liên tục

Ở chế độ này dòng điện qua phụ tải là một dòng điện liên tục (luôn luôn lớn hơn không). Để minh hoạ chế độ này ta xét mạch chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ. Sơ đồ nguyên lý H.II.2a và đồ thị điện áp, dòng điện .II.2b như



sau:

H.II.2a

H.II.2b

Trong sơ đồ H.II.2a các Thyristor T1 & T2 được điều khiển bằng các xung dòng điện IG1 và IG2, ở mỗi chu kỳ xung điều khiển IG1 được cho trên cực điều khiển của T1 chậm sau điện áp u1 một góc α, còn IG2 được cho trên cực điều khiển T2 chậm sau IG1 một góc π như H.II.2b

- Tại góc α có IG1 và U1 > 0 nên T1 mở và giá trị dòng điện tải trung bình là:

$$id = i_{T1} = \frac{Um}{Z} \text{Sin } (\omega t - \varphi) A e^{\frac{R}{\omega L} \omega t}$$

và có dạng đường cong IT1 ở H.II.2b

- Tại góc α + π, có ig2 và U2 > 0 nên T2 mở, khi T2 mở Uk = UA2 = U2. Điện áp trên T1 lúc đó là UA1k = UA1 - Uk = U1 - U2 < 0 nên T1 khoá lại. Như vậy khi T1 dẫn thì T2 khoá hay ngược lại khi T2 mở

thì $i_d = i_{T2}$ và có dạng giống i_{T1} ở nửa chu kỳ trước. Bây giờ ta hãy xem điều kiện nào thì dòng i_d qua phụ tải là liên tục, ta thấy để i_d liên tục thì ngay trước khi mở T_2 , dòng $i_d = i_{T1}$ chưa giảm đến 0. Nói cách khác dòng I_d ở góc α và $\alpha + \pi$ lớn hơn không. Ta có:

$$i_{d\alpha} = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L} \alpha}$$

$$\begin{aligned} i_{d\alpha+\pi} &= \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha + \pi - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L}(\alpha+\pi)} \\ &= -\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L} \alpha} * e^{-\frac{R}{\omega L} \pi} \end{aligned}$$

Vì $i_{d\alpha} = i_{d(\alpha+\pi)} = i_{do}$, nên:

$$\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L} \alpha} = -\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L}(\alpha+\pi)}$$

Từ đây rút ra:

$$A * e^{-\frac{R}{\omega L} \pi} = -\frac{2U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) / (1 - e^{-\frac{R}{\omega L} \pi})$$

Ta có:

$$\begin{aligned} i_{do} &= \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) - \frac{2U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) / (1 - e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}) \\ &= \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) \left[1 - \frac{2}{1 - e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}} \right] \\ &= \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) \left[-\frac{1 + e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}}{1 - e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}} \right] \end{aligned}$$

$$\text{Vì: } \left(\frac{1 + e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}}{1 - e^{-\frac{R}{\omega L} \pi}} \right) > 0$$

$$\text{Nên để } i_{do} > 0 \text{ cần có: } \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) < 0$$

suy ra điều kiện để i_d liên tục ($i_{do} > 0$) là $\sin(\alpha - \varphi) < 0$ hoặc $\alpha < \varphi$ trong đó $\varphi = \arctg \omega L/R$.

Như vậy điều kiện để chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ làm việc ở chế độ cung cấp liên tục là góc mở chậm Thyristor $\alpha < \varphi$.

II. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha dùng Thyristor:

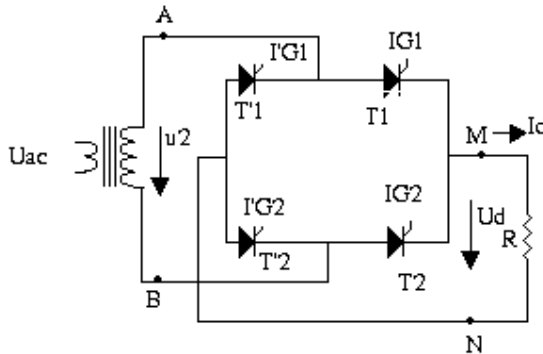
1. Chỉnh lưu cầu một pha dùng Thyristor với phụ tải là thuần trở:

Sơ đồ nguyên lý H.II. 3a và đồ thị dòng áp H.II. 3b

a) Sơ hoạt động của mạch và sự biến thiên điện áp và dòng điện chỉnh lưu:

Trong mạch H.II.3a dùng 4 Thyristor T_1, T_1', T_2, T_2' các Thyristor được điều khiển bằng các xung dòng điện tương ứng $I_{G1}, I_{G1}', I_{G2}, I_{G2}'$.

Mạch chỉnh lưu được cung cấp từ một nguồn điện xoay chiều qua máy biến áp với điện áp thứ cấp: $U_2 = U_{2m} \sin \omega t$



H.II.3a

H.II.3b

Các xung điều khiển $I_{G1}, I_{G1}', I_{G2}, I_{G2}'$ có cùng chu kỳ với U_2 nhưng xuất hiện không đồng thời với U_2 , các xung I_{G1}, I_{G2}' xuất hiện sau U_2 một góc là α . Còn các xung I_{G2}, I_{G1}' xuất hiện sau U_2 một góc $\pi + \alpha$ (H.II.3b).

Trong nửa chu kỳ đầu: U_2 ($0 \leq \omega t < \pi$), U_2 dương, các Thyristor T_1, T_2' được phân cực thuận. Do đó $\omega t = \alpha$ (có I_{G1} và I_{G2}') các Thyristor T_1 và T_2' mở. Lúc đó dòng điện đi từ điểm A qua T_1 đến M qua phụ tải R đến N qua T_2' về B.

Các Thyristor này mở cho đến lúc $\omega t = \pi$, tại $\omega t = \pi$ thì $U_2 = 0$. Dòng điện Thyristor cũng bằng không (ở mạch thuần trở dòng điện cùng pha điện áp) và Thyristor tắt một cách tự nhiên.

Trong thời gian Thyristor này mở ($\alpha \leq \omega \leq \pi$) điện áp chỉnh lưu (điện áp ở hai đầu phụ tải) là:

$$u_d = u_2 = u_{2m} \sin \omega t,$$

Dòng qua phụ tải và Thyristor

$$i_d = i_{T1} = u_d / R = u_{2m} / R \sin \omega t$$

Còn điện áp trên T_1 là $u_{T1} = 0$

Sang nửa chu kỳ hai của u_2 ($\pi \leq \omega t < 2\pi$); $u_2 = 0$, các Thyristor T_1' và T_2 phân cực thuận. Do đó tại góc $\alpha + \pi$ (có i_{G1} và i'_{G1}) các T_2, T_1' mở, dòng đi từ B qua T_2 đến M qua R đến N qua T_1' về A. Các Thyristor này mở cho đến $\omega t = 2\pi$. Tại $\omega = 2\pi$, $U_2 = 0$, dòng qua Thyristor bằng 0 và Thyristor ngắt. Trong thời gian T_2, T_1' mở, điện áp chỉnh lưu là:

$$u_d = -u_2 = -u_{2m} \sin \omega t.$$

dòng qua phụ tải và T_2 là $i_d = i_{T2} = U_d/R = -(u_{2m}/R) \sin \omega t$.

Với sự mở của T_2 và T_1 ; $u_M = u_B$ và $u_N = u_A$. Lúc đó điện áp trên T_2 và T_1 sẽ là:

$$u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_2 < 0$$

$$u_{T2} = u_N - u_B = u_A - u_B = u_2 < 0$$

Do đó T_1 và T_2 khoá lại ($i_{T1} = 0$), như vậy sự mở của một đôi Thyristor này, sẽ dẫn đến sự khoá một cách tự nhiên của đôi Thyristor khác và các đường cong biến thiên của u_d , i_d và u_{T1} có dạng H.II.3b

b) Các thông số của mạch chỉnh lưu cầu một pha dùng

Thyristor khi tải thuận trở:

- Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$- U_{do} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_d d\omega t$$

Từ H.II.3b, ta có:

$$U_{do} = \frac{2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin \omega t d\omega t = \frac{U_{2m}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

U_{2m} là biên độ thứ cấp máy biến áp

Khi α từ 0 đến π thì u_{do} cũng thay đổi từ U_{2m} / π đến 0. Do đó ta có thể điều khiển U_{do} bằng cách thay đổi α .

- Giá trị điện áp ngược cực đại trên mỗi Thyristor:

$$u_{ngmax} = u_{2m} \text{ khi } \alpha \leq \pi/2.$$

$$u_{ngmax} = u_{2m} \sin \alpha \text{ khi } \alpha \geq \pi/2.$$

- Hệ số nhấp nhô của điện áp chỉnh lưu:

$$K_0 = (u_{dmax} - u_{dmin}) / 2u_{do}.$$

Đối với mạch chỉnh lưu này $u_{dmin} = 0$; $u_{dmax} = u_{2m}$, khi $\alpha \leq \pi/2$ và

$$u_{dmax} = u_{2m} \sin \alpha \text{ khi } \alpha > \pi/2.$$

Do đó khi $\alpha \leq \pi/2$, ta có:

$$K_0 = \frac{u_{dmax} - u_{dmin}}{2 u_{do}} = \frac{\pi}{2 (1 + \cos \alpha)}$$

Khi $\alpha > \pi/2$, ta có:

$$K_0 = \frac{u_{dmax} - u_{dmin}}{2 u_{do}} = \frac{\pi \sin \alpha}{2 (1 + \cos \alpha)}$$

- Giá trị trung bình của dòng điện qua phụ tải:

$$I_d = \frac{U_{do}}{R} = \frac{U_{2m}}{\pi R} (1 + \cos \alpha)$$

- Trị số cực đại I_{max} , trị số hiệu dụng I và trị số trung bình i_o của dòng điện qua mỗi Thyristor:

$$i_{max} = i_{dmax} = u_{2m} / R$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_{T1}^2 d\omega t} = \frac{U_{2m}}{2R} \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{\pi}}$$

$$i_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_{T1} d\omega t = \frac{U_{2m}}{2\pi R} (1 + \cos \alpha) = \frac{I_d}{2}$$

Trị số hiệu dụng I_2 của dòng thứ cấp và công suất S của Máy biến áp. Ở mỗi nửa chu kỳ điện áp u_2 , dòng điện qua cuộn dây thứ cấp chính là dòng điện qua các Thyristor mở. Do đó:

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int i_{T1}^2 d\omega t} = \frac{U_{2m}}{R} \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2\pi}}$$

$$S = u_{21} I_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} * \frac{U_{2m}}{R} \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2\pi}}$$

$$= \frac{\sqrt{2} U_{2m}^2}{2R} \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2\pi}}$$

Hệ số công suất của mạch thứ cấp Máy biến áp:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_d}{S} = \frac{u_{d0} I_d}{S} = \frac{\frac{U_{2m}^2}{R \pi} (1 + \cos \alpha)^2}{\frac{U_{2m}^2 \sqrt{2}}{2R} \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2\pi}}}$$

$$= \frac{\sqrt{2} (1 + \cos \alpha)^2}{\pi \sqrt{\frac{\pi - \alpha + \sin \alpha \cos \alpha}{2\pi}}}$$

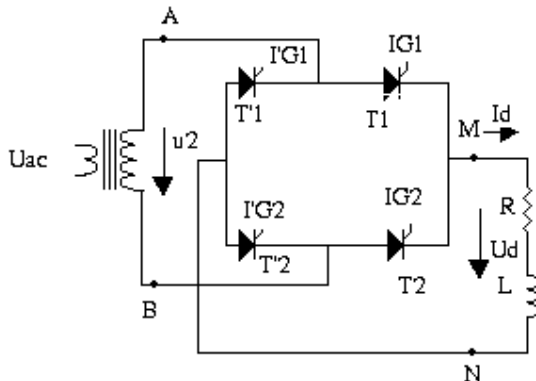
2. Chỉnh lưu cầu một pha dùng Thyristor với phụ tải R, L:

Sơ đồ nguyên lý H.II.4a và đồ thị áp dòng H.II.4b.

a) Sự hoạt động của mạch và sự biến thiên của điện áp và dòng điện chỉnh lưu:

Điều khiển mở Thyristor trong mạch này giống như với phụ tải thuần trở, tức là chúng ta dùng các xung dòng điều khiển $i_{G1}, I'_{G1}, i_{G2}, I'_{G2}$ có cùng chu kỳ với điện áp u_2 . Song I_{G1} và I'_{G2} chậm sau u_2 một góc α , còn I_{G2} và I'_{G1} chậm sau u_2 một góc $\pi + \alpha$

+ Trong nửa chu kỳ đầu của điện áp u_2 ($0 \leq \omega t \leq \pi$); $u_2 > 0$ các Thyristor T_1 và T_2' mở. Dòng điện đi từ điểm A qua T_1 đến M qua phụ tải đến N và qua T_2' về điểm B.



-Điện áp chỉnh lưu (ở hai đầu phụ tải):

$$u_d = u_2 = u_{2m} \sin \omega t$$

- Điện áp trên T₁ là : u_{T1} = 0

- Dòng điện qua phụ tải i_d được xác định

$$L(di_d/dt) + Ri_d = u_2 = u_{2m} \sin \omega t$$

Giải ra ta được: $i_d = \frac{u_{2m}}{Z} \sin(\omega t - \varphi) + A e^{-\frac{R}{\omega L} \omega t}$

Với : $Z = \sqrt{R^2 + \omega L^2}$

$\varphi = \text{Artg } \omega L/R$

A : Hằng số tích phân xác định từ điều kiện ban đầu

+ Trong nửa chu kỳ sau của điện áp u₂ (π < ω < 2π) ; u₂ < 0; T₁' và T₂ phân cực thuận. Do đó tại góc pha ωt = α + π (có i_{G1} và i'_{G1}) các Thyristor T₂, T₁ mở, lúc đó dòng điện đi từ B qua T₂ đến M qua phụ tải đến N qua T₁ về A.

Điện áp chỉnh lưu là:

$$u_d = -u_2 = -u_{2m} \sin \omega t.$$

Dòng điện chỉnh lưu i_d biến thiên giống như nửa chu kỳ đầu sự mở của T₂ và T₁ làm cho u_M = u_B và u_N = u_A. Lúc đó điện áp trên T₂ và T₁ tại ωt = α + π, sẽ là:

$$u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_2 < 0$$

$$u_{T2} = u_N - u_B = u_A - u_B = u_2 < 0$$

Điều đó làm cho T₁ và T₂ ngắt một cách tự nhiên.

b) Các thông số của mạch chỉnh lưu:

- Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu

$$u_{do} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} U_d d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} u_{2m} \sin \omega t d\omega t$$

$$u_{do} = \frac{2}{\pi} u_{2m} \cos \alpha$$

Như vậy khi thay đổi góc α của Thyristor từ 0 đến π/2 ta có thể điều khiển U_{do} từ 2u_{2m}/π đến 0.

- Điện áp cực đại trên mỗi Thyristor:

$$u_{ngmax} = u_{2m}$$

- Hệ số nhấp nhô của điện áp chỉnh lưu:

$$K = (u_{dmax} - u_{dmin}) / 2u_{do}, \text{ mà } u_{max} = 2u_{2m}$$

$$u_{dmin} = u_{2m} \sin(\alpha + \pi) = -u_{2m} \sin \alpha$$

$$K = \frac{u_{2m} (1 + \sin \alpha)}{2 \frac{2}{\pi} u_{2m} \cos \alpha} = \frac{\pi}{4 \cos \alpha} (\sin \alpha + 1)$$

- Giá trị trung bình của dòng điện qua phụ tải:

$$I_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_d d\omega t$$

Theo đường cong H.II.4b thì:

$$I_d = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi+\alpha} i_d d\omega t$$

mà i_d được xác định từ phương trình: $L (di_d/dt) + Ri_d = u_d$

Lấy tích phân hai vế:

$$\frac{L}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} did + \frac{R}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} i_d d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} i_d d\omega t$$

Từ đường cong H.II.4b ta có:

$$I_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi+\alpha} i_d d\omega t$$

$i_{d(\alpha)} = i_{d(\alpha+\pi)} = I_o$, do đó :

$$\int_{\alpha}^{\pi+\alpha} did = \int_{i_o}^{I_o} did = 0$$

Còn:

$$\frac{R}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} did \omega t = RI_d$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} u_d . d\omega t = u_{do}$$

Như vậy ta có: $RI_d = u_{do}$ hay $I_d = U_{do} / R = (2/R \pi)u_{2m} \cos \alpha$

Trường hợp phụ tải có điện cảm L rất lớn thì i_d có giá trị không đổi và bằng trị số trung bình I_d của nó.

- Trị cực đại I_{max} , trị số hiệu dụng I và trị số trung bình i_o của dòng điện qua Thyristor.

Để tính toán ta giả sử $i_d = I_d = \text{const}$

Lúc đó $i_{max} = I_d$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} i_d^2 d\omega t} = \frac{I_d}{\sqrt{2}}$$

$$i_o = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} i_d d\omega t = \frac{I_d}{2}$$

- Trị số hiệu dụng của dòng thứ cấp I_2 và công suất S của máy biến áp.

Ở mỗi chu kỳ của u_2 , dòng điện qua cuộn dây thứ cấp chính là dòng điện qua các Thyristor mở. Do đó:

$$I_2 = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} i_d^2 d\omega t} = I_d$$

$$S = u_2 I_2 = \frac{u_{2m}}{\sqrt{2}} I_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi R} u_{2m}^2 \cos \alpha$$

- Hệ số công suất của mạch thứ cấp Máy Biến Áp:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_d}{S} = \frac{u_{do} I_d}{S} = \frac{U_d I_d}{\sqrt{2} U_{2m}^2 \cos \alpha / \pi R}$$

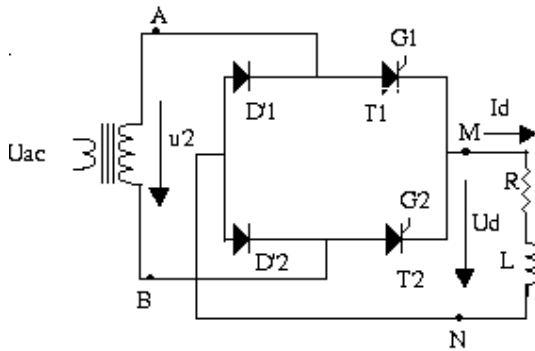
$$\cos\varphi_2 = \frac{(2/\pi \cdot U_{2m} \cos\alpha) / R}{\sqrt{2} U_{2m}^2 \cos\alpha / \pi R} = \frac{4}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cos\alpha = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cos\alpha$$

Khi góc mở α càng lớn thì $\cos\varphi_2$ càng bé

III. Mạch chỉnh lưu cầu một pha không đối xứng:

1. Sơ đồ mạch và nguyên lý hoạt động:

Trong sơ đồ H.II.5a sử dụng hai Thyristor T_1 và T_2 , hai diod D'_1 và D'_2 . Việc thay thế các Thyristor bằng các diod là giảm giá thành của các mạch chỉnh lưu mà vẫn điều khiển được U_{d0} . Các Thyristor T_1 và T_2 được điều khiển bằng các xung dòng điện I_{G1} , I_{G2} xuất hiện chậm sau điện áp u_2 một góc α và $\alpha + \pi$ như H.II.5b.



H.II.5a

H.II.5b

Trong nửa chu kỳ đầu của u_2 ($0 \leq \omega t \leq \pi$), $u_2 > 0$, T_1 và D'_2 phân cực thuận. D'_2 dẫn ngay tại góc $\omega t = 0$, song phải đợi đến góc pha $\omega t = \alpha$ (có tín hiệu i_{G1}) thì T_1 mới mở và mạch điện mới thông từ A qua T_1 đến M qua phụ tải đến N qua D'_2 về B. Lúc này điện áp trên hai đầu phụ tải M và N là $u_d = u_2$

Điện áp trên T_1 và D'_2 : $u_{T1} = u_{D'2} = 0$

Giả thiết phụ tải có điện cảm L lớn, dòng qua phụ tải là không đổi và bằng trị số trung bình của nó I_d .

Trong nửa chu kỳ sau của u_2 ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$), $u_2 < 0$, T_2 và D'_1 phân cực thuận, D'_1 dẫn ngay tại góc $\omega t = \pi$, song phải đợi đến góc pha $\omega t = \alpha + \pi$ (có tín hiệu i_{G1}) thì T_2 mới mở và mạch điện mới thông từ B qua T_2 đến M qua phụ tải đến N qua D'_1 về A. Lúc này điện áp trên hai đầu phụ tải M và N là:

$$u_d = -u_2.$$

Do T_2 và D'_1 mở nên điện áp tại điểm N và M là: $U_N = U_A = U_2$,

$U_M = U_B = U_2$. Điện áp trên D'_2 :

$$u_{D'2} = u_N - u_B = u_A - u_B = u_2 < 0$$

Do đó D'_2 ngắt. Điện áp ở hai đầu phụ tải $u_d = u_{BA} = -u_2$

Điën áp trên T_1 : $u_{T1} = u_{D'2} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_2 < 0$. Do đó $T1$ và $D'2$ ngắt một cách tự nhiên.

T_2 mở cho đến thời điểm $\omega t = 2\pi$. Sau $\omega t = 2\pi$, mạch hoạt động trở lại như chu kì vừa xét. Trên cơ sở hoạt động của mạch như trên ta có đường cong u_d, u_{T1}, u_{T2}, I_G như H.II.5.b.

2. Các thông số của mạch:

- Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu.

$$u_{do} = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} u_{2m} \sin \omega t d\omega t = \frac{u_{2m}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

$$\text{Khi } \alpha = 0 \rightarrow \pi \text{ thì } u_{do} = \frac{u_{2m}}{\pi} \rightarrow 0$$

- Điện áp ngược lớn nhất trên mỗi Thyristor và Diod.

$$u_{ngmax} = u_{2m}$$

- Hệ số nhấp nhô điện áp chỉnh lưu.

$$K = (u_{dmax} - u_{dmin}) / 2u_{do}$$

Theo đường cong H.II.5.b thì:

$$u_{dmin} = 0$$

$$u_{dmax} = u_{2m} \text{ khi } \alpha \leq \pi/2$$

$$u_{dmax} = u_{2m} \sin \alpha, \text{ khi } \alpha > \pi/2$$

$$\text{khi } \alpha \leq \pi/2 \dots \text{thì } \dots K = \frac{u_{2m}}{\frac{2}{\pi} u_{2m} (1 + \cos \alpha)} = \frac{\pi}{2(1 + \cos \alpha)}$$

$$\text{khi } \alpha > \pi/2 \dots \text{thì } \dots K = \frac{u_{2m} \sin \alpha}{\frac{2}{\pi} u_{2m} (1 + \cos \alpha)} = \frac{\pi \sin \alpha}{2(1 + \cos \alpha)}$$

- Giá trị trung bình dòng điện qua phụ tải.

Giả thiết phụ tải là điện cảm L rất lớn và dòng điện qua phụ tải i_d có trị số không đổi $i_d = I_d$.

Do năng lượng tiêu thụ trong điện cảm L trong một chu kỳ là bằng 0 và năng lượng tiêu thụ trong phụ tải trong một chu kỳ là:

$$W_t = R I_d^2 T$$

Với T là chu kỳ điện áp.

Còn năng lượng nguồn cung cấp cho phụ tải trong một chu kỳ:

$$W_n = 2 \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} u_d i_d dt$$

Khi thay $i_d = I_d = \text{const}$, ta có:

$$W_n = 2 I_d \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} u_d dt$$

Hai năng lượng W_t và W_n phải bằng nhau:

$$R I_d^2 dt = 2 I_d \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} u_d dt$$

Nhân hai vế phương trình cho ω , thay $\omega T = 2\pi$, $u_d = u_{2m} \sin \omega t$;

$$R I_d^2 2\pi = 2 I_d \int_{\alpha}^{\pi} u_{2m} \sin \omega t d\omega t$$

$$\Rightarrow I_d = \frac{1}{R\pi} \int_{\alpha}^{\pi} u_{2m} \sin \omega t d\omega t = \frac{u_{2m}}{R\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{u_{do}}{R}$$

- Dòng điện trung bình qua mỗi Thyristor (I_T)

Vì T_1 dẫn trong khoảng $\alpha \leq \omega t \leq \pi$

T_1 dẫn trong khoảng $\pi + \alpha \leq \omega t \leq 2\pi$

Khi Thyristor mở, dòng qua nó chính là dòng qua phụ tải.

$$i_d = I_d = \text{const}$$

$$I_T = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_d d\omega t = I_d (\pi - \alpha) / 2\pi$$

Dòng điện trung bình qua mỗi Diod

$$\left. \begin{array}{l} 0 \leq \omega t \leq \pi, \\ \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{array} \right\} D'_2 \text{ mở}$$

Khi Diod mở dòng qua nó chính là dòng qua phụ tải:

$$I_D = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi + \alpha} I_d d\omega t = I_d (\pi - \alpha) / 2\pi$$

Trị số hiệu dụng của dòng điện thứ cấp Máy Biến Áp (MBA) I_2

Dòng điện chỉ qua cuộn dây thứ cấp trong thời gian T_1 mở ($\alpha \leq \omega t \leq \pi$) và T'_1 mở ($\pi \leq \omega t \leq 2\pi$)

Trị số dòng thứ cấp chính là dòng qua phụ tải $i_d = I_d = \text{const}$.

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_d^2 d\omega t} = I_d \sqrt{(\pi - \alpha) / \pi} = I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

Công suất MBA:

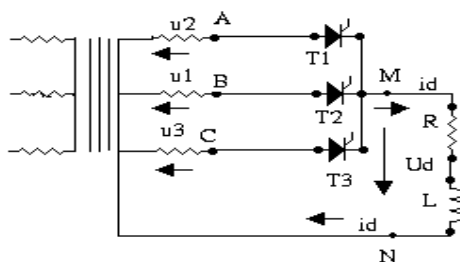
$$S_2 = u_2 I_2 = \frac{u_{2m}}{\sqrt{2}} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} = \frac{u_{2m}^2}{\sqrt{2}} \left(\frac{1 + \cos \alpha}{\pi R} \right) \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

Hệ số công suất của mạch thứ cấp:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_d}{S_2} = \frac{u_{do} I_d}{\frac{u_{2m} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}}{\sqrt{2}}} = \frac{u_{2m} (1 + \cos \alpha)}{\pi \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}} = \frac{\sqrt{2} (1 + \cos \alpha)}{\pi \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}}$$

IV. Mạch chỉnh lưu ba pha hình tia dùng Thyristor:

1. Sơ đồ mạch và nguyên lý hoạt động:



H.II.6a

H.II.6b

Để điều khiển các Thyristor T_1, T_2, T_3 người ta đưa ra các xung dòng điều khiển i_{G1}, i_{G2}, i_{G3} . Các xung điều khiển này có cùng chu kỳ với các điện áp thứ cấp U_1, U_2, U_3 của máy biến áp nguồn ba pha. Thứ tự phát các xung điều khiển là i_{G1} đến i_{G2} đến i_{G3} cách nhau một góc pha $2\pi/3$.

Vậy trong mỗi chu kỳ tại góc pha $\theta_1 = \alpha + \pi/6$, T_1 mở vì i_{G1} và u_1 lớn nhất.

Tại góc pha $\theta_2 = \alpha + \pi/6 + 2\pi/3$, T_2 mở vì i_{G2} và u_2 lớn nhất.

Tại góc pha $\theta_3 = \alpha + \pi/6 + 4\pi/3$, T_3 mở vì i_{G3} và u_3 lớn nhất.

Khi một Thyristor mở thì hai Thyristor khác lại khoá.

- Trong khoảng $\theta_1 \leq \omega t \leq \theta_2$ thì T_1 mở, dòng điện đi từ A qua T_1 đến M qua phụ tải đến N về điểm 0. Áp trên hai đầu phụ tải là:

$$u_d = u_1,$$

$$u_{T1} = 0 \text{ (áp trên Thyristor } T_1)$$

- Trong khoảng $\theta_2 \leq \omega t \leq \theta_3$ thì T_2 mở, dòng điện đi từ B qua T_2 đến M qua phụ tải đến N về điểm 0. Áp trên hai đầu phụ tải:

$$u_d = u_2$$

Sự mở của T_2 làm cho $u_M = u_B$ và áp trên T_1 là:

$$u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_1 - u_2 = u_{12}$$

- Trong khoảng thời gian $\theta_3 \leq \omega t \leq \theta_4$ thì T_3 mở, dòng điện đi từ điểm C qua T_3 đến M qua phụ tải đến N về điểm O:

Áp trên hai đầu phụ tải là: $u_d = u_3$

Sự mở T_3 làm cho $u_M = u_C$ và áp trên T_1 là:

$$u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_C = u_1 - u_3 = u_{13}.$$

2. Các thông số mạch:

- Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$u_{do} = \frac{3}{2\pi} \int_{\theta_2}^{\theta_1} u_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3}{2\pi} \int_{\alpha + \frac{\pi}{6}}^{\alpha + \frac{5\pi}{6}} u_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} u_m \cos \alpha$$

u_m biên độ điện áp thứ cấp một pha.

- Điện áp ngược trên mỗi Thyristor

$$u_{ng \max} = \sqrt{3} u_m$$

- Hệ số nhấp nhô điện áp chỉnh lưu

$$K = \frac{u_{d \max} - u_{d \min}}{2 u_{do}}$$

- Khi $\alpha < \pi/3$ thì $u_{d \max} = u_m$

$$u_{d \min} = u_m \sin \theta_2 = u_m \sin (5\pi/6 + \alpha) = u_m \cos (\pi/3 + \alpha)$$

- Khi $\pi/3 \leq \alpha \leq \pi/2$ thì:

$$u_{d \max} = u_m \sin (\pi/6 + \alpha) = u_m \cos (\alpha - \pi/3)$$

$$u_{d \min} = u_m \sin \theta_2 = u_m \cos (\pi/3 + \alpha)$$

Như vậy với $0 \leq \alpha \leq \pi/3$ thì:

$$K = \frac{u_m - u_m \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)}{\frac{6\sqrt{3}}{2\pi} u_m \cos \alpha} = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} \left(\frac{1 - \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)}{\cos \alpha} \right)$$

Còn với $\pi/3 < \alpha < \pi/2$ thì:

$$K = \frac{u_m \cos(\alpha - \frac{\pi}{3}) - \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)}{\frac{6\sqrt{3}}{2\pi} u_m \cos \alpha} = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} \left(\frac{\cos(\alpha - \frac{\pi}{3}) - \cos(\frac{\pi}{3} + \alpha)}{\cos \alpha} \right) = \frac{\pi}{3} \tan \alpha$$

- Giá trị trung bình dòng điện phụ tải

$$I_d = \frac{u_{do}}{R} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi R} u_m \cos \alpha$$

- Giá trị trung bình i_o , giá trị hiệu dụng I , giá trị cực đại i_{max} của dòng điện qua mỗi Thyristor:

$$i_o = I_d / 3$$

$$I = I_d / \sqrt{3}$$

$$i_{max} = I_d$$

- Trị số hiệu dụng của dòng điện thứ cấp I_2 , và công suất của MBA S_2

Vì dòng điện thứ cấp mỗi pha là dòng điện qua Thyristor trên pha đó. Do đó:

$$I_2 = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

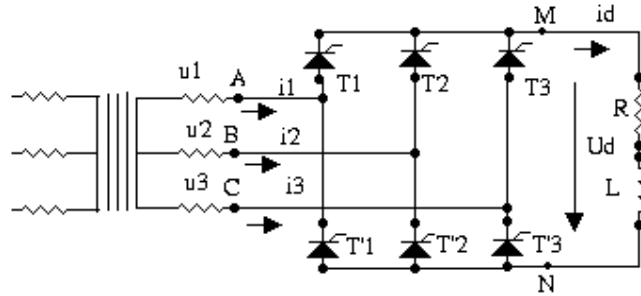
$$S_2 = 3 u I_2 = 3 \frac{u_m I_d}{\sqrt{2} \sqrt{3}} = \frac{3}{\sqrt{2}} u_m \frac{3\sqrt{3}}{2\pi R \sqrt{3}} \cos \alpha = \frac{9 u_m^2 \cos \alpha}{2 \sqrt{2} \pi R}$$

- Hệ số công suất của mạch thứ cấp:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_d}{S} = \frac{u_{do} I_d}{3 u_m \frac{I_d}{\sqrt{6}}} = \frac{\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} u_m \cos \alpha}{3 \frac{u_m}{\sqrt{6}}} = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} \cos \alpha$$

V. Mạch chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng dùng Thyristor:

1. Sơ đồ nguyên lý và hoạt động của mạch:



H.II.7a

H.II.7b

Trong sơ đồ H.II.7a người ta dùng sáu Thyristor $T_1, T_2, T_3, T'_1, T'_2, T'_3$. Để điều khiển mở các Thyristor này người ta thường dùng một máy phát xung dòng điện điều khiển i_G . Các xung dòng điện i_G phát ra theo thứ tự $i_{G1}, i'_{G3}, i_{G2}, i'_{G1}, i_{G3}, i'_{G2}$ cách nhau một khoảng $\theta = \pi/3$ như H.II.7.b. Ngoài ra i_{G1} chậm pha hơn so u_1 một góc $\theta_1 = \pi/6 + \alpha$. Cũng giống như mạch chỉnh lưu ba pha dùng diod, các Thyristor chia làm hai nhóm:

- Nhóm Catod chung T_1, T_2, T_3 và nhóm Anod chung là T'_1, T'_2, T'_3 . Mỗi Thyristor trong nhóm Catod chung sẽ mở khi điện áp pha của cuộn dây thứ cấp nối với nó là lớn nhất và nó có tín hiệu điều khiển i_G . Còn mỗi Thyristor trong nhóm Anod chung sẽ mở khi điện áp pha của cuộn dây thứ cấp nối với nó là âm nhất và nó có tín hiệu điều khiển i_G . Khi một trong ba Thyristor nhóm mở thì hai Thyristor còn lại của nhóm sẽ khoá. Giả thiết rằng phụ tải của mạch có điện cảm L rất lớn, nên mạch làm việc trong chế độ liên tục của dòng điện phụ tải và giá trị dòng điện này bằng trị số trung bình của nó I_d .

Như vậy tại góc pha θ_1 , T_1 mở (u_1 là lớn nhất và có tín hiệu i_{G1}) T_1 sẽ mở cho đến θ_3 (tại θ_3 , T_2 mở và T_1 khoá lại)

Tại θ_2 thì T_3 mở (u_3 là nhỏ nhất và có tín hiệu I'_{G3}) và T_3 sẽ mở cho đến θ_4 (tại θ_4 , T_1 sẽ mở và T_3 khoá lại).

Tương tự: T_2 sẽ mở trong khoảng $\theta_3 = \theta_2 < \theta_3 < \theta_5$
 T_3 mở trong khoảng $\theta_5 = \theta_4 < \theta_5 < \theta_7$
 T_1 mở trong khoảng $\theta_4 = \theta_3 < \theta_4 < \theta_6$
 T_2 mở trong khoảng $\theta_6 = \theta_5 < \theta_6 < \theta_8$

- Trong khoảng $\theta_1 = \theta_0 < \theta_1 < \theta_2$, T_1, T_2 mở. Dòng điện đi từ điểm A qua T_1 đến M qua phụ tải đến N qua T_2 về điểm B:

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_A - u_B = u_1 - u_2 = u_{12}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = 0$

- Trong khoảng $\theta_2 = \theta_1 < \theta_2 < \theta_3$, T_1, T_3 mở. Dòng điện đi từ B qua T_1 qua phụ tải, qua T_3 về C:

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_A - u_C = u_1 - u_3 = u_{13}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = 0$

- Trong khoảng $\theta_3 = \theta_2 < \theta_3 < \theta_4$, T_2, T_3 mở. Dòng điện đi từ B qua T_2 qua phụ tải, qua T_3 về C

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_B - u_C = u_2 - u_3 = u_{23}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = 0$

Khi T_2 mở thì $u_M = u_B = u_2$

$u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_1 - u_2 = u_{12}$

- Trong khoảng $\theta_4 = \theta_3 < \theta_4 < \theta_5$, T_2, T_1 mở. Dòng điện đi từ B qua T_2 , qua phụ tải, qua T_1 về A.

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_B - u_A = u_2 - u_1 = u_{21}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_B = u_1 - u_2 = u_{12}$

- Trong khoảng $\theta_5 = \theta_4 < \theta_5 < \theta_6$, T_3, T_1 mở. Dòng điện đi từ C qua T_3 , qua phụ tải, qua T_1 về A.

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_C - u_A = u_3 - u_1 = u_{31}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_C = u_1 - u_3 = u_{13}$

- Trong khoảng $\theta_6 = \theta_5 < \theta_6 < \theta_1$, T_3, T_2 mở. Dòng điện đi từ C qua T_3 , qua phụ tải, qua T_2 về B.

Áp trên hai đầu phụ tải là $u_d = u_C - u_B = u_3 - u_2 = u_{32}$

Áp trên T_1 là $u_{T1} = u_A - u_M = u_A - u_C = u_1 - u_3 = u_{13}$

2. Các thông số của mạch:

- Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu $\underline{u_{do}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_d d\omega t$

Từ đường cong H.II.7b, ta có:

$$\begin{aligned} u_{do} &= \frac{6}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_2} (u_1 - u_2) d\omega t \\ &= \frac{6}{2\pi} \int_{\alpha + \pi/6}^{\alpha + \pi/2} u_m [\sin \omega t - \sin(\omega t - 120^\circ)] d\omega t \\ &= \frac{3}{\pi} \int_{\alpha + \pi/6}^{\alpha + \pi/2} u_m \cos(\omega t - \pi/3) d\omega t \\ u_{do} &= \frac{3\sqrt{3}}{\pi} u_m \cos \alpha \end{aligned}$$

Khi thay đổi α từ 0 đến $\pi/2$ thì có thể thay đổi giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu từ $3.3/\pi u_m$ đến 0.

Điện áp ngược cực đại trên mỗi Thyristor

$$u_{ngmax} = 3\sqrt{3}u_m$$

- Giá trị trung bình của dòng điện qua phụ tải:

$$I_d = \frac{u_{do}}{R} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi R} u_m \cos \alpha$$

- Trị số cực đại i_{max} , giá trị hiệu dụng I, giá trị trung bình i_o của dòng điện qua mỗi Thyristor:

$$\begin{aligned} i_{max} &= I_d \\ i_o &= I_d/3 \\ I &= \frac{I_d}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

- Trị số hiệu dụng của dòng điện thứ cấp I_2 và công suất S của MBA
 Từ H.II.7b thấy rằng ở mỗi chu kỳ trong khoảng $\theta_1 \leq \omega t \leq \theta_3$ thì T1 mở, dòng thứ cấp $i_2 = I_d$. Còn trong khoảng $\theta_4 \leq \omega t \leq \theta_6$ thì T1' mở, dòng điện thứ cấp $i_2 = -I_d$ nên ta có:

$$\begin{aligned} I_2 &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\int_{\theta_1}^{\theta_3} I_d^2 d\omega t + \int_{\theta_4}^{\theta_6} (-I_d)^2 d\omega t \right]} \\ &= I_d \sqrt{\frac{\theta_3 - \theta_1 + \theta_6 - \theta_4}{2\pi}} \end{aligned}$$

Khi thay $\theta_3 - \theta_1 = \theta_6 - \theta_4 = 2\pi/3$ ta được:

$$\begin{aligned} I_2 &= I_d \sqrt{\frac{3}{2}} \approx 0.816 I_d \\ S &= 3 u I_2 = 3 \frac{u_m}{\sqrt{2}} I_d \sqrt{\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

Thay :

$$U_m = \frac{\pi}{3 \sqrt{3} \cos \alpha} u_{do}$$

Ta có :

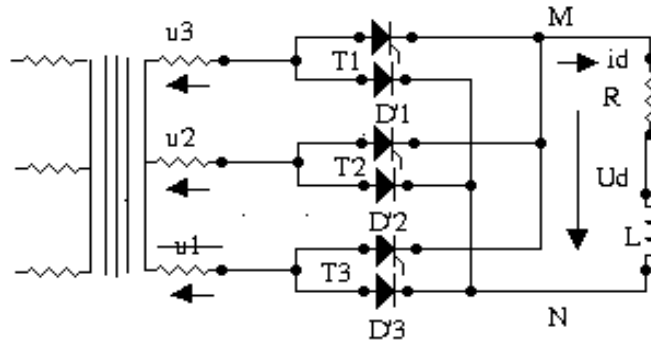
$$S = \frac{\pi}{3 \cos \alpha} u_{do} I_d = \frac{1.05}{\cos \alpha} u_{do} I_d$$

Hệ số công suất của mạch thứ cấp:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_d}{S} = \frac{u_{do} I_{do}}{\frac{1.05}{\cos \alpha} u_{do} I_d} = 0.95 \cos \alpha$$

Vậy nếu α càng lớn thì $\cos \alpha$ càng nhỏ và $\cos \varphi_2$ càng nhỏ:

VI. Mạch chỉnh lưu cầu ba pha không đối xứng:



H.II.8a

H.II.8b

H.II.8c

Trong sơ đồ H.II.8a sử dụng ba Thyristor T_1, T_2, T_3 và các Diode D_1, D_2, D_3 . Các Thyristor T_1, T_2, T_3 được điều khiển bằng các xung dòng điện điều khiển i_{G1}, i_{G2}, i_{G3} . Mỗi Thyristor chỉ mở khi có tín hiệu i_G và điện áp trên cuộn

dây thứ cấp nối với nó là lớn nhất trong số ba điện áp u_1, u_2, u_3 . Ngoài ra ta cũng giả thiết rằng phụ tải có điện cảm L lớn nên mạch làm việc trong chế độ liên tục cung cấp cho phụ tải với dòng điện phụ tải có trị số không đổi và bằng giá trị trung bình của nó I_d . Trong chế độ này mỗi Thyristor sẽ tiếp tục mở cho đến lúc một Thyristor khác mở.

Còn mỗi Diode trong nhóm ba diode D'_1, D'_2, D'_3 sẽ mở trong khoảng thời gian mà điện áp trên cuộn dây thứ cấp nối với nó có trị số bé nhất (âm nhất) trong số u_1, u_2, u_3 .

Khi góc mở của Thyristor $\alpha < \pi / 3$ ta có đồ thị biến thiên của điện áp và dòng điện chỉnh lưu hình H.II.8b, còn $\alpha > \pi/3$, ta có đồ thị biến thiên của điện áp và dòng điện chỉnh lưu H.II.8c.

Trên các đồ thị này người ta biểu diễn các khoảng mở của Thyristor và Diode. Ta thấy rằng khi $\alpha > \pi / 3$ (H.II.8c) trên đồ thị tồn tại những khoảng mở đồng thời Thyristor và Diode được nối với cùng một dây quấn thứ cấp.

Ví dụ trong khoảng $\theta_3 = \theta_1 < \theta_2 < \theta_4$, T_1 và D_1 được mở đồng thời. Trong khoảng này phụ tải bị nối tắt bởi T_1 và D_1 và điện áp ở hai đầu phụ tải $U_d = 0$. Còn khi $\alpha < \pi/3$ (H.II.8b) trên đồ thị không tồn tại những khoảng mở đồng thời hai linh kiện Thyristor và Diode được nối với cùng một pha của nguồn điện.

2. Các thông số của mạch:

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_{do} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_d d\omega t$$

mà $u_d = u_M - u_N$

Trong khoảng $\theta_1 = \theta_1 < \theta_2 < \theta_3$, T_1 mở, $u_M = u_1$
 $\theta_3 = \theta_3 < \theta_4 < \theta_5$, T_2 mở, $u_M = u_2$
 $\theta_5 = \theta_5 < \theta_6 < 2\pi$, T_3 mở, $u_M = u_3$

Do đó giá trị trung bình của u_M là:

$$U_M = \frac{3}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_3} U_m \sin \omega t d\omega t$$

$$U_M = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_m \cos \alpha$$

Với : $\theta_1 = \pi / 6 + \alpha$
 $\theta_2 = \theta_1 + 2\pi / 3$

Tương tự $\theta_2 = \theta_2 < \theta_3 < \theta_4$, D'_3 mở, $u_N = u_3$
 $\theta_4 = \theta_4 < \theta_5 < \theta_6$, D'_1 mở, $u_N = u_1$
 $\theta_6 = \theta_6 < \theta_7 < 2\pi$ } D'_2 mở, $u_N = u_2$
 Và $0 = \theta_7 < \theta_8 < \theta_2$ }

Do đó giá trị trung bình của u_N là :

$$U_N = \frac{3}{2\pi} \int_{\theta_4}^{\theta_6} U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{7\pi}{6}}^{\frac{11\pi}{6}} U_m \sin \omega t d\omega t = -\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_m$$

$$Vây : u_{do} = u_M - u_N = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Khi thay đổi α từ 0 đến π ta có thể thay đổi u_{do} từ $(3\sqrt{3}/2\pi)u_m$ đến 0.

- Điện áp ngược cực đại trên mỗi Thyristor hoặc Diod.

$$u_{ng \max} = \sqrt{3} u_m$$

-Trị số trung bình của dòng phụ tải

$$I_d = \frac{u_{do}}{R} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi R} u_n (1 + \cos \alpha)$$

- Trị số cực đại i_{\max} , trị số trung bình i_o , trị số hiệu dụng I của dòng điện qua mỗi Thyristor hoặc diode

Vì mỗi Thyristor hoặc Diod dẫn trong 1/3 chu kỳ và khi mở dòng điện qua

$$i_{\max} = I_d$$

nó chính là dòng phụ tải $i_d = I_d$ nên :

$$i_o = \frac{I_d}{3}$$

$$I = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

-Trị số hiệu dụng của dòng điện thứ cấp I_2 và công suất S của MBA.

Có hai trường hợp để tính I_2 :

+ Khi $\alpha < \pi/3$ (H.II.8b) phụ tải không bị ngắn mạch bởi sự mở đồng thời của Thyristor và diode được nối cùng một pha của nguồn.

Trong khoảng $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_3$, T_1 mở dòng thứ cấp $i_2 = I_d$,

Trong khoảng $\theta_4 \leq \theta \leq \theta_6$, D'_1 mở dòng thứ cấp $i_2 = -I_d$

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_3} I_d^2 d\omega t + \int_{\theta_3}^{\theta_6} (-I_d)^2 d\omega t}$$

$$= I_d \sqrt{\frac{1}{2\pi} (\theta_3 - \theta_1 + \theta_6 - \theta_4)}$$

thay .

$$Vây : \theta_3 - \theta_1 = \theta_6 - \theta_4 = \frac{2\pi}{3}$$

$$\Rightarrow I_2 = I_d \sqrt{2/3}.$$

$$S = 3u I_2 = 3 \frac{u_m}{\sqrt{2}} I_d \sqrt{\frac{2}{3}} = \frac{2,09}{(1 + \cos \alpha)} U_{do} \cdot I_d$$

+ Khi $\alpha > \pi/3$ (H.II.8c) thì $\theta_4 = (7\pi/6) < \theta_3 = 5\pi/6 + \alpha$

Do đó T_1 và D'_1 mở đồng thời trong khoảng $\theta_4 \leq \theta \leq \theta_3$. Trong khoảng này phụ tải được nối tắt qua T_1 và D'_1 và dòng điện thứ cấp $i_2 = 0$ nên ta có:

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\theta_1}^{\theta_4} I_d^2 d\omega t + \int_{\theta_3}^{\theta_6} (-I_d)^2 d\omega t}$$

$$= I_d \sqrt{\frac{1}{2\pi} (\theta_4 - \theta_1 + \theta_6 - \theta_3)}$$

thay .

$$\theta_4 = \frac{7\pi}{6}, \theta_1 = \frac{\pi}{6} + \alpha$$

$$\theta_6 = \frac{11\pi}{6}, \theta_3 = \frac{5\pi}{6} + \alpha$$

$$\Rightarrow I_2 = I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

$$S = 3u I_2 = 3 \frac{u_m}{\sqrt{2}} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

$$= \frac{2\pi u_{do}}{\sqrt{6}(1 + \cos \alpha)} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}} \Rightarrow S = \frac{2.56}{(1 + \cos \alpha)} u_{do} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}$$

-Hệ số công suất của mạch thứ cấp MBA:

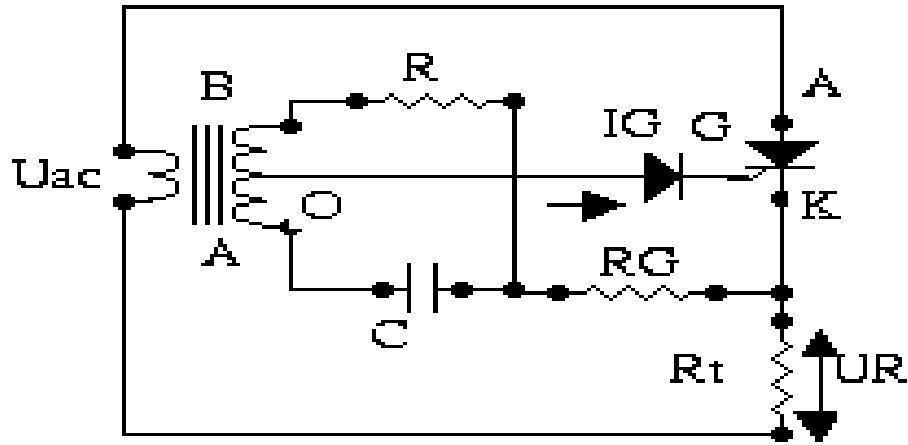
$$\cos\varphi_2 = P_d/S$$

$$\text{Khi } \alpha < \frac{\pi}{3} \rightarrow \cos\varphi_2 = \frac{u_{do} I_d}{\frac{2.09}{1 + \cos\alpha} u_{do} I_d} = \frac{1 + \cos\alpha}{2.09} \approx 0.48(1 + \cos\alpha)$$

$$\text{- Khi } \alpha > \frac{\pi}{3} \rightarrow \cos\varphi_2 = \frac{u_{do} I_d}{\frac{2.56}{1 + \cos\alpha} u_{do} I_d \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}} = \frac{1 + \cos\alpha}{2.56 \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}} \approx 0.39 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi}}} (1 + \cos\alpha)$$

VII. Một số mạch điều khiển Thyristor tiêu biểu:

1. Mạch điều khiển Thyristor dùng khâu lệch pha RC:



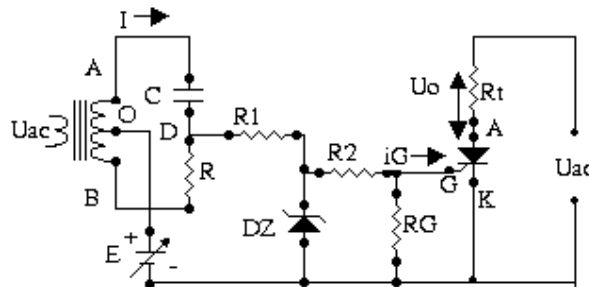
H.II.9a

H.II.9b

Trong mạch này người ta dùng khâu lệch pha RC để điều khiển góc lệch pha giữa điện áp Anot cung cấp cho Thyristor và điện áp điều khiển U_{GK} . Thật vậy điện áp Anot U_a được đưa vào cuộn dây sơ cấp máy biến áp của khâu lệch pha RC. Còn điện áp ra của khâu này được đưa đến hai cực G và K của Thyristor qua điện trở R_G và diot D. Do đó ở nửa chu kỳ dương của điện áp ra U_{OD} , dòng điện điều khiển i_G cùng pha và tỉ lệ với U_{OD} . Đồ thị biến thiên điện áp U_a và dòng điện i_G như hình H.II.9b. Ta biết α là góc lệch pha giữa U_a và i_G có thể được thay đổi bằng cách thay đổi điện trở R của khâu lệch pha RC.

- Ưu điểm nhược điểm của mạch
- Ưu điểm:
 - + Mạch đơn giản dễ lắp ráp
 - + Linh kiện dễ thay thế
- Nhược điểm:
 - + Mạch chỉ làm việc ở các nửa chu kỳ dương
 - + Không làm việc trong các nửa chu kỳ âm
 - + Khó điều chỉnh khâu lệch pha RC
 - + Điện áp điều khiển chỉ thay đổi theo chiều ngang

2. Mạch điều khiển Thyristor dùng điện áp một chiều và khâu lệch pha RC:



H.II.10

Các điện trở R_1, R_2, R_G dùng để hạn chế dòng điều khiển I_G và điện áp điều khiển U_{GK} hầu như không đổi. Trong mạch này (H.II.10) người ta dùng thêm một nguồn điện một chiều E mắc giữa điểm 0 của khâu lệch pha RC và cực K của Thyristor. Do đó điện áp cung cấp cho mạch điều khiển Thyristor là:

$$U_{DK} = E + U_{Do}$$

Ngoài ra khâu lệch pha RC của mạch điện này máy biến áp được quấn sao cho điện áp thứ cấp U_{AB} ngược pha với điện áp sơ cấp U_a và $R = 1 / \omega C$ không đổi. Do đó điện áp U_{Do} có pha chậm sau U_a một góc không đổi. $\varphi = \arctg RC\omega = 2 \arctg 1 = \pi / 2$

Nếu $U_a = U_{am} \sin \omega t$ thì $U_{Do} = U_{rm} \sin(\omega t - \pi / 2) = -U_{rm} \cos \omega t$

Và $U_{DK} = E + U_{Do} = E - U_{rm} \cos \omega t$, còn dòng điện điều khiển I_G có pha trùng với U_{DK} .

- Ưu nhược điểm của mạch

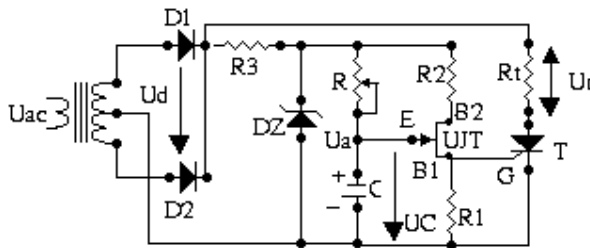
- + Mạch đơn giản dễ lắp ráp
- + Linh kiện dễ thay thế

- Nhược điểm:

- + Mạch chỉ làm việc ở các nửa chu kỳ dương
- + Góc mở chậm chỉ thay đổi từ 0 đến 180^0
- + Khó điều chỉnh khâu lệch pha RC
- + Điện áp điều khiển U_{DK} chỉ thay đổi theo chiều trực

thẳng đứng.

2. Mạch điều khiển Thyristor dùng Transistor một mặt ghép (UJT):



H.II.11a

H.II.11b

Mạch H.II.11a Thyristor và Transistor một mặt ghép UJT được cung cấp điện từ một nguồn điện xoay chiều chung U_{ac} qua một bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ D1, D2. Điện áp ra bộ chỉnh lưu này có dạng nhấp nhô như H.II.11b. Sau đó nhờ D_Z , điện áp U_d được sang phẳng và điện áp U_a cung cấp cho Thyristor và Transistor UJT có dạng như đường cong H.II.11b. Với dạng điện áp cung cấp U_a như vậy, trong mỗi nửa chu kỳ của điện áp U_{ac} , Transistor một mặt ghép UJT có thể mở một số lần, nhưng chỉ quan tâm đến hai lần mở của nó.

- Lần mở thứ nhất khi $U_a = 0$

Điện áp mở của UJT là $U_M = \eta U_a$

Khi $U_a = 0$ thì $U_M = 0$, lúc đó tụ C chưa nạp đủ, áp trên tụ $U_C > U_M$. Khi UJT mở tụ C xả điện qua T và R_1 . Khi xả hết điện $U_C = 0$ thì UJT khoá lại, tụ

C được nạp và áp trên tụ C tăng đồng thời với điện áp U_a . Lần mở thứ nhất này T không mở vì $U_a = 0$, nhưng nó làm cho U_c tăng đồng pha với U_a .

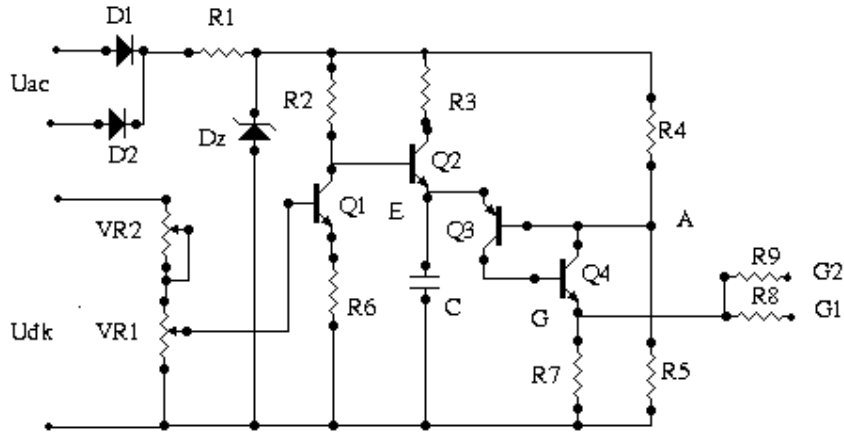
- Lần mở thứ hai xảy ra khi $U_a = U_Z$ và tụ điện được nạp điện đến $U_c = U_M = \eta U_Z$. Ở lần mở này tụ C xả điện qua T và R_1 gây nên một xung điện áp U_G ở cực khiển G của T và làm cho T mở ($U_a = U_Z > 0$).

- Ưu nhược điểm của mạch.

- + Mạch làm việc cả hai nửa chu kỳ.
- + Thay đổi ngõ ra bằng chiết áp R.
- + Mạch làm việc không tuyến tính.

3. Mạch điều khiển Thyristor bằng điện áp:

Tương tự như mạch H.II.11a, ta thay transistor một mặt ghép UJT bằng hai transistor khác loại Q_3 và Q_4 (loại NPN và PNP), đồng thời thay biến trở chiết áp R bằng tầng khuếch đại áp dùng transistor Q_1, Q_2 được điều khiển bởi biến trở thay đổi điện áp một chiều V_R các dạng sóng ngõ ra cũng tương tự như H.II.11b. Sau đây là sơ đồ nguyên lý của mạch:



H.II.12

+ Nguyên lý làm việc của mạch: Mạch kích Thyristor (H.II.12) được cung cấp điện từ nguồn xoay chiều qua bộ chỉnh lưu hai nửa chu kỳ. Điện áp ngõ ra của mạch là một dạng nhấp nhô, do đó nhờ Diode Zener D_Z san phẳng điện áp nhấp nhô này, đồng thời ghim áp cho mạch điều khiển làm việc.

Tầng khuếch đại áp Q_1 làm việc được nhờ nguồn U_{dk} thông qua biến trở V_R điều chỉnh điện áp. Các điện trở R_2, R_6 phân cực cho chân C và E của tầng khuếch đại Q_1 làm việc. Còn tầng khuếch đại thúc Q_2 làm tăng điện áp ngõ vào để cung cấp cho khối tạo xung Q_3, Q_4 kích mở Thyristor. Các điện trở R_4, R_5 tạo nên một cầu phân thế cấp áp cho tầng tạo xung hoạt động. Điện trở R_1 đóng vai trò giới hạn dòng cho mạch điều khiển.

Hai Thyristor khác loại Q_3 (PNP) và Q_4 (NPN) trong mạch H.II.12 thay thế cho transistor một mặt ghép UJT (H.II.11a) để tạo ra đoạn đặc tính điện trở âm. Khi mạch được cấp nguồn V_{cc} thì tụ C được nạp theo hàm mũ:

$$U_c = V_{cc} \cdot (1 - e^{-t/RC})$$

- Khi $U_A > U_C$, mặt tiếp giáp BE của Q_3 phân cực nghịch, có dòng ngược rất nhỏ chảy từ A sang E.

- Khi $U_c \geq U_{dm}$ thì Q_3 chuyển sang làm việc ở vùng khuếch đại, dòng I_{CQ3} tăng dẫn đến I_{BQ4} tăng, do đó I_{CQ4} tăng theo. Dòng I_{CQ4} tăng dẫn đến I_{CQ3} tăng nữa. Quá trình hồi tiếp dương cứ thế phát triển và Q_3, Q_4 chuyển sang trạng thái bão hoà một cách nhanh chóng. Lúc này ta nhận được một xung ra trên R_7 .

- Ưu và nhược điểm của mạch
- + Mạch đơn giản dễ lắp ghép
- + Mạch làm việc cả hai nửa chu kỳ
- + Thay đổi ngõ ra bằng điều khiển điện áp
- + Mạch làm việc không tuyến tính

CHƯƠNG III

PHƯƠNG PHÁP LỌC PHẪNG ĐIỆN ÁP VÀ DÒNG ĐIỆN CHÍNH LƯU

Bộ lọc là thiết bị nối giữa bộ nguồn chỉnh lưu và phụ tải. Chức năng chung của nó là cho dòng điện có tần số nào đó đi qua mà không bị suy giảm, đồng thời làm suy giảm mạnh dòng điện ở tần số khác. Để đánh giá mức độ lọc người ta xác định hệ số nhấp nhô của điện áp sau khi lọc.

$K_f = k_{nvào} / k_{nra}$: Hệ số nhấp nhô

Trong đó: $k_{nvào} = \frac{U_{nmax}}{U_{do}} = \frac{\frac{2 U_{do}}{n^2 - 1}}{U_{do}} = \frac{2}{n^2 - 1}$ là tỉ số nhấp nhô điện áp

chỉnh lưu đưa vào mạch lọc

$K_{nra} = U_{nmaxra} / U_{do}$: tỉ số nhấp nhô điện áp ra khỏi bộ lọc.

U_{nmaxra} : Biên độ thành phần dao động cơ bản điện áp ra của bộ lọc.

Có ba phương pháp lọc phẳng điện áp và dòng điện chỉnh lưu:

I. Bộ lọc dùng tụ điện:

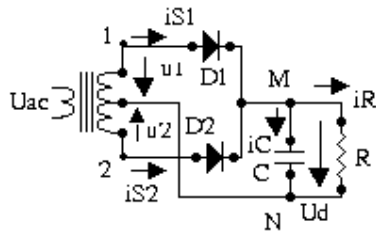
Xét sơ đồ chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ có mạch lọc dùng tụ điện C H.III.1a. Trong sơ đồ này tụ C mắc song song với phụ tải. Do đó áp trên hai đầu phụ tải $U_d = U_c$

Để dễ khảo sát ta chỉ xét trường hợp phụ tải là thuần trở. Điện áp thứ cấp của MBA được chia làm hai nửa bằng nhau nhưng ngược pha nhau.

$$u_1 = - u_2 = u_m \sin \omega t$$

và có dạng đường cong u_1, u_2 (H.III.1b).

Giả sử góc pha ban đầu ($\omega t = 0$) tụ có áp là $U_{c(0)}$. Suy ra $U_{c(0)} > u_1 = u_2 = 0$.



H.III.1a

H.III.1b

Do diode D_1, D_2 khoá nên C xả điện qua R . Trong quá trình xả điện U_c giảm dần, đến thời điểm t_1 tương ứng với góc pha $\theta_1 = \omega t_1$, điện áp U_1 bắt đầu lớn hơn U_c và D_1 mở, dòng điện đi từ điểm 1 qua D_1 đến M , sau đó chia làm hai dòng điện:

$$i_R = u_1 / R = (u_m / R) \cdot \sin \omega t \text{ qua } R \text{ và}$$

$i_C = C \cdot (du_1 / dt) = u_m \omega C \cos \omega t$ qua tụ C và nạp cho tụ điện. Áp trên tụ C (U_c) tăng theo U_1 đến thời điểm t_2 tương ứng với góc pha $\theta_2 = \omega t_2 = \pi/2$, U_1 bắt đầu giảm và nhỏ hơn U_c . Lúc này D_1 khoá và tụ C phóng điện qua R .

Trong quá trình phóng điện U_c giảm dần, đến thời điểm t_3 tương ứng với $\theta_3 = \omega t_3$, áp u_2 bắt đầu lớn hơn U_c và D_2 mở, dòng điện đi từ điểm 2 qua D_2 đến M sau đó chia làm hai dòng điện:

$$i_R = u_2 / R \text{ qua } R \text{ và}$$

$i_C = C (du_2/dt)$ qua tụ C và nạp cho tụ điện. Điện áp trên tụ C tăng theo u_2 . Đến thời điểm t_4 tương ứng với $\theta_4 = \omega t = 3\pi/2$, u_2 giảm xuống và nhỏ hơn U_c , lúc đó D_2 khoá lại và tụ C phóng điện qua R , trong quá trình phóng U_c giảm xuống. Sang chu kỳ sau quá trình lặp lại như chu kỳ vừa xét. Từ lý luận trên ta có đồ thị biến thiên của U_d như đường cong đậm nét H.III.1b.

Từ đồ thị H.III.1b, ta có: $T / 2 = t_n + t_p$

T : Chu kỳ điện áp xoay chiều cần chỉnh lưu.

t_n : Thời gian nạp tụ C .

t_p : Thời gian phóng tụ C .

Thông thường $t_p \gg t_n$ nên ta có thể xem như gần đúng: $t_p \cong T / 2$

Mặt khác điện lượng của tụ C phóng qua R trong thời gian phóng t_p :

$$Q_c = C \Delta U_c = I_R t_p = I_R T/2$$

ΔU_c : Lượng giảm của U_c trong thời gian phóng ($\Delta U_c = U_{cmax} - U_{cmin}$)

I_R : Giá trị trung bình của dòng điện qua R

Suy ra $\Delta U_c = (1/2C) I_R T$

với $I_R = U_{do} / R$, $T = 1/f$

Suy ra $\Delta U_c = U_{cmax} - U_{cmin} = U_{dmax} - U_{dmin} = (1/2CRf) U_{do}$

Trong đó f : là tần số của điện áp xoay chiều cần chỉnh lưu

U_{do} : Giá trị trung bình của điện áp cần chỉnh lưu

Từ đây ta suy ra hệ số nhấp nhô của điện áp chỉnh lưu:

$$K = \frac{1}{2ncRf}$$

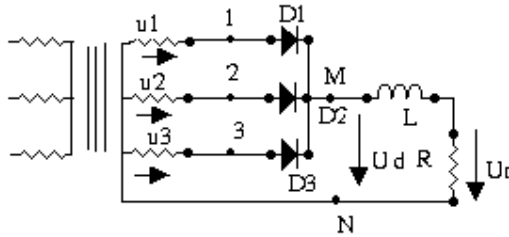
Lưu ý rằng chỉ số nhấp nhô của sơ đồ chỉnh lưu được xét là $n = 2$. Trong trường hợp dùng tụ điện C để lọc trong sơ đồ chỉnh lưu có chỉ số nhấp nhô n , ta có:

$$K = 1 / 2nCRf$$

Với n và f không đổi thì K càng nhỏ nếu R và C càng tăng. Do đó cách lọc bằng tụ điện C thường được dùng khi phụ tải có điện trở lớn.

II Mạch lọc dùng điện cảm:

Xét sơ đồ chỉnh lưu ba pha thứ cấp có mạch lọc dùng điện cảm H.III.2a. Trong sơ đồ này L mắc nối tiếp với phụ tải. Để dễ khảo sát ta chỉ xét trường hợp phụ tải là thuần trở. Dạng điều áp sau khi chỉnh lưu được trình bày H.III.2b. Điện áp này có chỉ số nhấp nhô $n = 3$.



H.III.2a

H.III.2b

Ta có $U_d = U_{do} + U_{nmax} \cos 3\omega t$

Với : $u_{nmax} = \frac{2}{n^2 - 1} u_{do} = \frac{2}{3^2 - 1} u_{do} = 0.25 u_{do}$

- Đối với thành phần không đổi U_{do} , tần số góc $\omega = 0$, điện kháng $X_L = \omega L = 0$, Tổng trở mạch lọc và phụ tải là $Z = R$
- Do đó dòng qua L và R do U_{do} tạo ra là: $I_d = U_{do} / R$
- Đối với thành phần dao động $U_{nmax} \cos 3\omega t$ tạo ra, điện kháng $X_L = 3\omega L$, tổng trở của mạch lọc và phụ tải là:

$$\sqrt{R^2 + (3\omega L)^2} = Z$$

Do đó dòng qua L và R do $U_{nmax} \cos 3\omega t$ tạo ra là:

$$i_n = \frac{u_{nmax}}{\sqrt{R^2 + (3\omega L)^2}} \cos(3\omega t - \varphi), \quad \varphi = \arctg \frac{3\omega L}{R}$$

Theo nguyên lý xếp chồng, dòng qua L và R là:

$$i_d = I_d + i_n$$

Điện áp trên tải R sau khi lọc:

$$u_R = i_d R = u_{do} + \frac{R}{\sqrt{R^2 + (3\omega L)^2}} u_{nmax} \cos(3\omega t - \varphi),$$

Khi lọc bằng điện cảm, thông thường chọn L sao cho $X_L = 3\omega L \gg R$

Trong trường hợp đó : $Z = \sqrt{R^2 + (3\omega L)^2} \approx 3\omega L$

$$u_R = u_{do} + \frac{3}{3\omega L} u_{nmax} \cos(3\omega t - \varphi)$$

Như vậy tỉ số nhấp nhô trước khi lọc là:

$$K_{nvào} = U_{nmax} / U_{do} = 0.25$$

Tỉ số nhấp nhô còn lại sau khi lọc là:

$$K_{ra} = \frac{R}{3\omega L} \frac{u_{\max}}{u_{do}} = 0.25 \frac{R}{3\omega L}$$

Hệ số lọc dùng điện cảm là:

$$K_f = \frac{K_{nvao}}{K_{nra}} = \frac{3\omega L}{R}$$

Tổng quát khi dùng điện cảm L để lọc trong mạch chỉnh lưu có chỉ số nhập nhô là n:

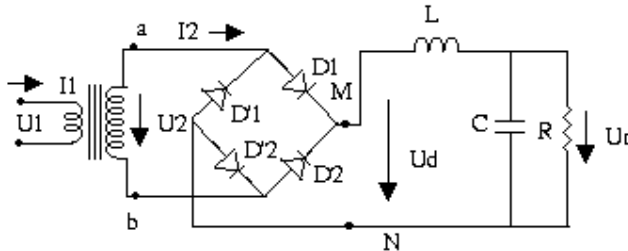
$$K_{nvao} = \frac{2}{n^2 - 1}$$

$$K_{nra} = \frac{2}{n^2 - 1} \frac{R}{n\omega L}$$

$$K_f = \frac{K_{nvao}}{K_{nra}} = \frac{n\omega L}{R}$$

Ta thấy rằng R càng nhỏ và L càng lớn thì hệ số lọc K_f càng lớn và hiệu quả lọc càng tốt. Do đó cách lọc dùng điện cảm L thường được dùng khi phụ tải có điện trở bé.

III. Mạch lọc dùng điện cảm và tụ điện:



H.III.3a

H.III.3b

Xét sơ đồ mạch chỉnh lưu cầu một pha có mạch lọc dùng điện cảm và tụ điện (H.III.3a). Trong sơ đồ này điện cảm L mắc nối tiếp với phụ tải, còn tụ C mắc song song phụ tải. Để đơn giản ta xét phụ tải là thuần trở.

Đồ thị điện áp được biểu diễn H.III.3b. Điện áp này có chỉ số nhập nhô $n=2$, Ta có:

$$U_d = U_{do} + U_{n\max} \cos 2\omega t$$

Với :

$$u_{n\max} = \frac{2}{n^2 - 1} u_{do} = \frac{2}{2^2 - 1} u_{do} = \frac{2}{3} u_{do}$$

- Đối với thành phần không đổi U_{do}

$$X_L = \omega L = 0$$

$$X_C = 1 / \omega C = \infty$$

Tổng trở mạch lọc và phụ tải $Z = R$.

Dòng điện qua R và L do U_{do} tạo ra là $I_d = U_{do}/R$.

Đổi thành phần dao động $U_{nmax} \cos 2\omega t$, $X_L = 2\omega L$, $X_C = 1/2\omega C$. Tổng trở phức của mạch lọc và phụ tải là:

$$Z = jX_L + \frac{-jX_C R}{R - jX_C}$$

Chọn L và C sao cho $X_L = 2\omega L > R \gg X_C = 1/2\omega C$

ta có thể xem gần đúng $\frac{-jX_C R}{R - jX_C} \approx -jX_C$

$$Z \cong jX_L - jX_C \cong jX_L = j2\omega L$$

Dòng điện qua L do $U_{nmax} \cos 2\omega t$ tạo ra là:

$$i_n = \frac{U_{nmax}}{2\omega L} \cos(2\omega t - 90^\circ)$$

Theo nguyên lý xếp chồng, dòng qua L là:

$$i_d = I_d + i_n$$

Điện áp trên phụ tải là:

$$u_R = I_d \cdot R + \frac{U_{nmax}}{2\omega L} \cos(2\omega t - 180^\circ)$$

Thay $I_d R = U_{do}$, $X_C = 1/2\omega C$, ta có :

$$u_R = u_{do} + \frac{U_{nmax}}{4\omega^2 LC} \cos(2\omega t - 180^\circ)$$

Hệ số nhập nhò điện áp trước khi lọc:

$$K_{nvào} = U_{nmax} / U_{do} = 2/3$$

Hệ số nhập nhò của điện áp sau khi lọc:

$$K_{nra} = U_{nmax} / 4\omega^2 LC U_{do} = 2 / (3 \cdot 4\omega^2 CL) = 1 / 6\omega^2 LC$$

Hệ số bộ lọc dùng L và C là:

$$K_f = K_{nvào} / K_{nra} = 4\omega^2 LC$$

Tổng quát khi dùng mạch lọc điện cảm và tụ điện trong sơ đồ chỉnh lưu có chỉ số nhập nhò n ta có:

$$K_{nvào} = \frac{2}{n^2 - 1}$$

$$K_{nra} = \frac{2}{n^2 - 1(n^2 \omega^2 LC)}$$

$$K_f = \frac{K_{nvào}}{K_{nra}} = n^2 \omega^2 LC$$

CHƯƠNG IV**THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MẠCH ĐIỀU KHIỂN THYRISTOR****I. Một số yêu cầu đối với mạch điều khiển:****1. Yêu cầu về độ lớn điện áp và dòng điều khiển:**

- Giá trị lớn nhất không vượt quá trị số cho phép ở sổ tay tra cứu.
- Giá trị nhỏ nhất phải đảm bảo mở được Thyristor cùng loại ở mọi điều kiện làm việc.
- Tồn hao công suất trung bình trên cực khiển phải nhỏ hơn giá trị cho phép.

2. Yêu cầu về độ rộng xung điều khiển:

Dựa vào đặc tính Volt - Ampere của Thyristor ta thấy thời gian tồn tại xung điều khiển phải đảm bảo cho dòng qua Thyristor tăng từ 0 đến I_{thmax} . Thông thường độ rộng xung điều khiển không nhỏ hơn 5Ms. Nếu tăng độ rộng xung điều khiển sẽ cho phép giảm nhỏ biên độ xung điều khiển.

3. Yêu cầu về độ dốc sườn trước của xung:

Độ dốc sườn trước của xung càng cao thì việc mở Thyristor càng tốt và độ nóng cục bộ của Thyristor càng giảm, mà đặc biệt là trong mạch có nhiều Thyristor mắc nối tiếp hoặc song song. Thông thường yêu cầu độ dốc sườn trước của dãy xung điều khiển là : $di_{dk}/dt \geq 0.1$ (A/Ms)

4. Yêu cầu về độ tin cậy:

Mạch điều khiển phải đảm bảo làm việc tin cậy trong mọi hoàn cảnh như: nhiệt độ, nguồn tín hiệu nhiễu tăng v.v... Do đó yêu cầu:

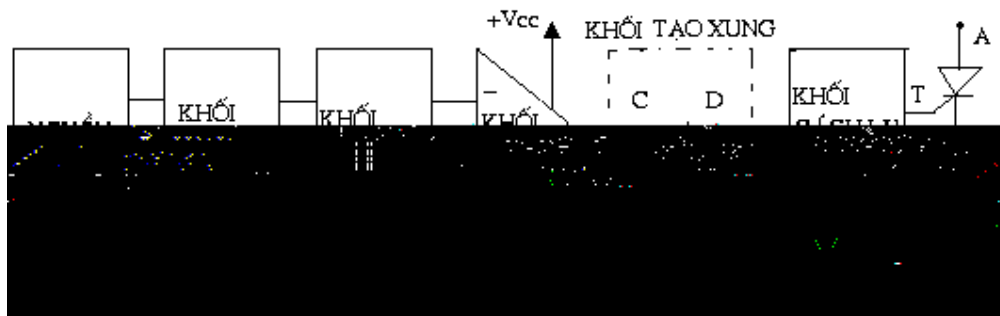
- Điện trở ra của kênh điều khiển phải nhỏ để Thyristor không tự mở khi dòng rò tăng.
- Xung điều khiển ít phụ thuộc vào dao động nhiệt độ, dao động điện áp nguồn, nhiễu ...
- Cần khử được nhiễu cảm ứng (ở các khâu so sánh, khối cách ly ngõ ra) để tránh mở nhầm.

5. Yêu cầu về lắp ráp vận hành:

- Thiết bị dễ thay thế, dễ lắp ráp và điều chỉnh.
- Các khối trong mạch có khả năng làm việc độc lập.

II. Các khối mạch điều khiển Thyristor:

Ta có sơ đồ khối như sau:



1. **Khối nguồn:** có nhiệm vụ cung cấp nguồn năng lượng cho khối cách ly ngõ ra lấy từ lưới điện xoay chiều có tần số $f = 50 \text{ Hz}$.

2. **Khối cách ly ngõ vào và ra:**

Hai khối này làm nhiệm vụ cách ly mạch điều khiển Thyristor với phần công suất của mạch chỉnh lưu không dòng từ phần công suất chảy vào phần điều khiển hay ngược lại. Các khối này thường được sử dụng MBA để cách ly.

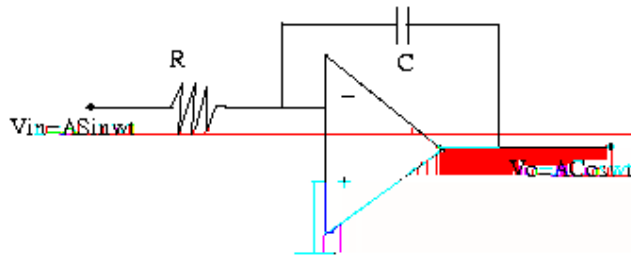
3. **Khối đồng bộ:** Có nhiệm vụ tạo ra đồng bộ tín hiệu, có hai cách đồng bộ chính, đó là:

Đồng bộ Cosin.

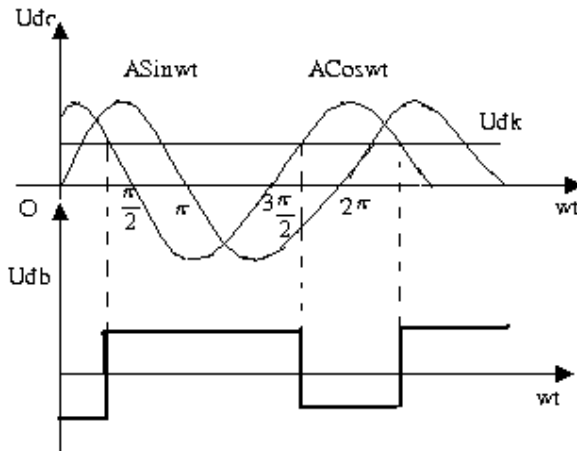
Đồng bộ răng cưa.

+ **Đồng bộ Cosin:**

Điện áp đưa vào mạch tích phân, làm cho dạng sóng lệch đi một góc 90° và lấy điện áp này so sánh với điện áp điều khiển. Ta có sơ đồ đồng bộ Cosin H.IV.1a và đồ thị điện áp H.IV.1b



H.IV.1a



H.IV.1b

Tạo đồng bộ Cosin trong khoảng từ 0 đến 180° , U_{dk} và U_{db} đơn trị (chỉ cắt một điểm). Yêu cầu ứng với mỗi giá trị của t thì có một giá trị của U .

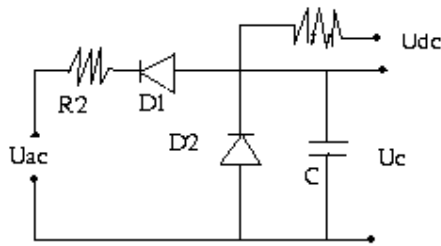
Phương pháp này đơn giản nhưng có độ tin cậy không cao.

+ **Đồng bộ răng cưa:**

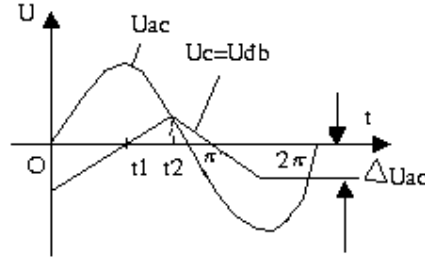
Phương pháp đồng bộ chỉnh lưu là dùng các mạch chức năng tạo ra điện áp chỉnh lưu để so sánh với điện áp điều chỉnh ở khối so sánh phía sau. Phương pháp này được dùng rộng rãi trong các mạch điều khiển Thyristor.

. Đồng bộ dùng tu và Diod:

Ta có sơ đồ nguyên lý H.IV.2a và đồ thị thời gian H. IV.2b



H.IV.2a



H.IV.2b

- . U_{AC} : điện áp xoay chiều đồng pha với điện áp trên A-K của SCR.
- . U_{DC} : Nguồn điện áp một chiều.
- . $U_C = U_{db}$: Điện áp đồng bộ lấy ra.
- Khi $U_{AC} > 0$ thì D_1, D_2 phân cực ngược, tụ C được nạp từ nguồn U_{AC} qua R_1 .
- Khi $U_C = U_{AC}$ (tại t_2) thì tụ C phóng điện qua D_2 và R_2 .
- Khi $U_{AC} < 0$: D_1 dẫn, giá trị áp trên tụ C chính là ΔU_{AC} cho đến khi D_1 khoá.
- Khi $I_{AC} - I_{DC} = 0$ (tại t_1) tụ C bắt đầu nạp và lặp lại chu kỳ mới.
- Góc kích α nằm trong khoảng t_1 đến t_2 và được xác định.

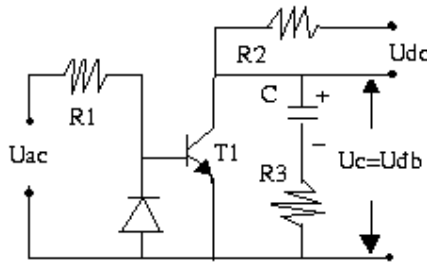
$$\alpha = \arcsin(U_{AC(t1)}/U_{ACmax})$$

* Ưu điểm: Mạch đơn giản ít linh kiện, góc điều chỉnh α từ 10° đến 150°

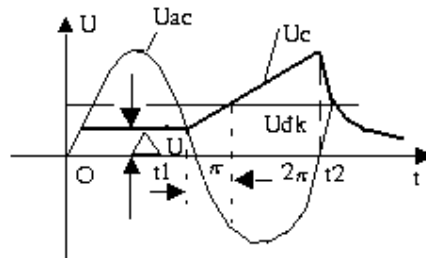
* Nhược điểm: Dễ bị sai lệch do khó chỉnh định hằng số thời gian nạp tụ chính xác. Cần phải có mạch xác định điểm 0 ban đầu, tổn hao công suất lớn.

. Đồng bộ dùng Tu - Transistor:

Ta có sơ đồ nguyên lý H.IV.3a và đồ thị điện áp H.IV.3b như sau:



H.IV.3a



H.IV.3b

- Khi $U_{AC} > 0$: Transistor T_1 bị bão hoà
 $U_C = \Delta U$ (ΔU là sụt áp trên T_1)
- Khi $U_{AC} < 0$ T_1 ngắt, tụ C được nạp từ nguồn U_{DC} qua R_1 và R_3
- Ta có $t_{nạp} = (R_1 + R_2) C \ln(1 - U_C / U_{DC})$

$$\alpha = (R1 + R3) \omega C \ln(1 - U_{đk} / U_{DC})$$

Chọn $R1 \gg R3$ sao cho $t_{nạp} \gg t_{xả}$

$U_{đk}$: Điện áp điều khiển

*** Ưu nhược điểm:**

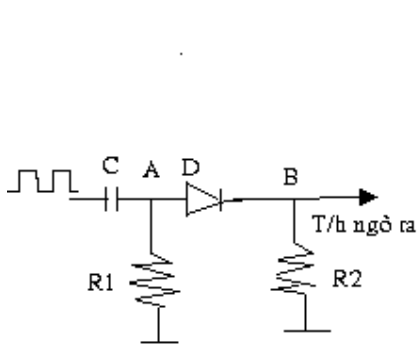
+ Mạch đơn giản ít linh kiện, góc α thay đổi đủ rộng, tổn hao công suất không lớn.

+ Phải chỉnh định hằng số thời gian của tụ giữa các kênh khá phức tạp. có hiện tượng trôi xung mở theo tần số.

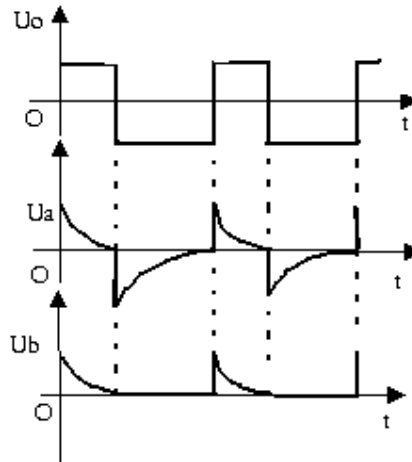
4. **Khối so sánh:** Làm nhiệm vụ so sánh giữa điện áp đồng bộ (răng cưa) với điện áp điều khiển $U_{đk}$. Để so sánh khối này có thể dùng mạch khuếch đại thuật toán hoặc Transistor. Trong trường hợp transistor thì điện áp răng cưa được đưa vào cực khiển để so sánh với $U_{đk}$ tại cực phát. Có các linh kiện chuyên dùng vào chức năng này như Transistor một tiếp giáp (UJT: the unijunction Transistor), hay transistor một tiếp giáp lập trình được (PUT).

5. Khối tạo dạng xung: Có nhiệm vụ sửa dạng xung đầu ra của bộ so sánh sao cho có độ rộng và biên độ thích hợp với Thyristor cần kích. Có thể chọn dòng kích lớn, điện áp kích nhỏ hoặc ngược lại nhưng phải đảm bảo công suất tiêu tán nhỏ hơn công suất cho phép. Độ rộng xung được quyết định bởi thời gian dòng qua Thyristor đạt đến giá trị dòng cài (tra trong sổ tay nghiên cứu ứng với loại Thyristor sử dụng).

Trong thực tế mạch tạo xung thường sử dụng mạch vi phân tín hiệu xung vuông từ bộ so sánh được đưa qua bộ vi phân R-C biến đổi thành các gai vi phân có độ rộng cần thiết. Sau đó qua diod chặn thành phần gai âm. Ta có mạch tạo xung H.IV.4a và giản đồ xung H.IV.4b



H.IV.4a



H.IV.4b

- Gọi t_x là độ rộng xung : $t_x = \tau = C (R1 // R2)$
- Chọn $C = 0.47 - 0.1 \text{ MF}$
- Chọn $R1$ và $R2$ sẽ được độ rộng xung t_x thích hợp.

III. Tính toán chọn MBA một pha:

1. Xác định tiết diện thực của lõi sắt (So):

$$S_0 = (0.9 \div 0.93) S \text{ (mm}^2\text{)}$$

Với $S = a \cdot b$, chọn $a = 3\text{mm}$, $b = 5\text{mm}$

$$\text{Suy ra } S = 5 \cdot 3 = 15 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vậy } S_0 = 0.9 \cdot 15 = 13.5 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Công suất dự tính Pdt đối với kích thước mạch từ S_0

$$P_{dt} = U_2 \cdot I_2$$

Chọn $U_1 = 220 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$

$$U_2 = 15 \text{ V}, I_2 = 1 \text{ A}$$

$$\text{Vậy } P_{dt} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ (VA)}$$

2. Tính số vòng dây mỗi volt : W

B	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
K	64	56	50	45	41	37.5	34.5	32.4	30

Chọn $B = 0.7$ (Tesla), suy ra $K = 64$

$$\text{Vậy } W = 64 / 13.5 = 4.7 \text{ vòng / Volt}$$

Chọn $W = 5$ vòng / Volt.

3. Xác định số vòng dây của cuộn sơ cấp và thứ cấp MBA: W1, W2

+ Số vòng dây cuộn sơ cấp

$$W_1 = W \cdot U_1 = 5 \cdot 220 = 1100 \text{ vòng}$$

+ Số vòng dây cuộn thứ cấp

$$W_2 = W (U_2 + \Delta u_2)$$

Δu_2 là độ dư trừ điện áp tra theo bảng sau:

P(VA)	100	200	300	500	750	1000	1200	1500	>1500
J(A/mm ²)	4.5	4	3.9	3	2.5	2.5	2.5	2,5	2

Chọn $\Delta u_2 = 4.5\%$

$$\text{Vậy } W_2 = 5 \cdot (15 + 4.5\%) = 75.225 \text{ vòng.}$$

Chọn $W_2 = 100$ vòng.

5. Xác định tiết diện dây quấn:

- Tiết diện dây quấn sơ cấp:

$$S_1 = \frac{P_2}{\eta u_1 J} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Chọn hiệu suất MBA: $\eta = 0.85 \div 0.9$

Mật độ dòng J chọn theo bản dưới đây:

P (VA)	0 ÷ 50	50 ÷ 100	100 ÷ 200	200 ÷ 250	500 ÷ 1000
J (A / mm ²)	4	3.5	3	2.5	2

Chọn $J = 4$ (A / mm²)

$$\text{Vậy } S_1 = 15 / (0.9 \cdot 220 \cdot 4) = 0.019 \text{ mm}^2 \cong 0.02 \text{ (mm}^2\text{)}$$

+ Tiết diện dây quấn thứ cấp:

$$S_2 = I_2 / J = 1 / 4 = 0.25 \text{ (mm}^2\text{)}$$

+ Đường kính dây sơ cấp:

$$d_1 = 1.13\sqrt{S1} = 1.13\sqrt{0.02} = 0.16mm$$

+ Đường kính dây thứ cấp:

$$d_2 = 1.13\sqrt{S2} = 1.13\sqrt{0.25}$$

5. Kiểm tra khoảng trống chứa dây:

- Số vòng dây sơ cấp cho một lớp dây: W_{1lop}
 Chọn loại dây đồng có tráng ê-may $e_{cd} = 0.03 \div 0.08 \text{ mm}$
 $d_{1cd} = d_1 + e_{cd} = 0.16 + 0.03 = 0.19 \text{ (mm)}$
 Chọn $L = 50 \text{ mm}$

Vậy
$$W_{1lop} = \frac{L}{d_{1cd}} - 1 = \frac{50}{0.19} - 1 = 262,16(\text{vong} / \text{lop})$$

Chọn $W_{1lop} = 260 \text{ vòng/lớp}$

- Số lớp dây ở cuộn sơ cấp

$$N_{1lop} = \frac{W_1}{W_{1lop}} = \frac{1100}{260} = 4.23 \text{ lop}$$

Chọn $N_{1lop} = 4 \text{ lớp}$.

- Bề dày cuộn sơ cấp:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= (d_{1cd} * N_{1lop}) + e_{cd} (N_{1lop} - 1) \\ \varepsilon_1 &= (0.19 * 4) + 0.03 * (4 - 1) = 0.85 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

- Số vòng dây thứ cấp cho một lớp dây:

$$\begin{aligned} d_{2cd} &= d_2 + e_{cd} = 0.56 + 0.03 = 0.59 \text{ mm} \\ W_{2lop} &= (L/d_{2cd}) - 1 = 50 / 0.59 - 1 = 83.7 \text{ Vòng} / \text{lớp} \end{aligned}$$

Chọn $W_{2lop} = 85 \text{ vòng/lớp}$

- Số lớp dây ở cuộn thứ cấp:

$$N_{2lop} = W_2 / W_{2lop} = 100 / 85 = 1,18 \text{ (lớp)}$$

Chọn $N_{2lop} = 2 \text{ lớp}$

- Bề dày cuộn thứ cấp:

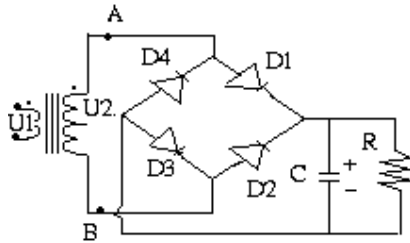
$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= (d_{2cd} * N_{2lop}) + e_{cd} (N_{2lop} - 1) \\ \varepsilon_2 &= (0.59 * 2) + 0.03 * (2 - 1) = 1.21(\text{mm}) \end{aligned}$$

- Bề dày toàn bộ của cuộn dây quấn

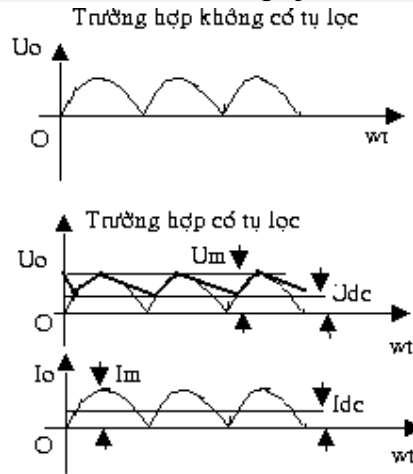
$$\begin{aligned} \varepsilon_T &= (1.1 - 1.25) * (e_k + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_{12} + e_n) \\ \text{chọn } e_k &= 1, e_{12} = 0.3, e_n = 0.5 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_T = 1.1 (1 + 0.85 + 3 + 0.3 + 1.21 + 0.5) = 4.25(\text{mm})$$

IV. Tính chọn nguồn chỉnh lưu DC cung cấp cho mạch điều khiển Thyristor:



H.IV.7a



H.IV.7b

Mạch chỉnh lưu toàn kỳ bốn Diode D₁, D₂, D₃, D₄, được cung cấp nguồn xoay chiều từ lưới điện 220V có tần số f = 50 Hz, hạ áp xuống phía thứ cấp U₂ như H.IV.7a.

+ Nguyên lý hoạt động của mạch:

. Giả sử bán kỳ đầu dương: Dòng điện đi từ A qua D₁, qua phụ tải R, qua D₃ và trở về B. Vậy trong bán kỳ này D₁, D₃ dẫn, còn D₂ và D₄ ngắt.

. Bán kỳ sau: Dòng điện đi từ B qua D₂ qua R và qua D₄ trở về A.

Dạng sóng chỉnh lưu như H.IV.7b.

- Điện áp trung bình trên tải:

$$u_{DC} = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi u_m \sin \omega t = \frac{2}{\pi} u_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} u = 0.9u$$

- Điện áp hiệu dụng trên tải:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_0^\pi u_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \frac{u_m}{\sqrt{2}} = u$$

- Dòng điện trung bình trên tải:

$$I_{DC} = \frac{u_{DC}}{R_L} = \frac{2 u_m}{\pi R_L} = \frac{0.9 u}{R_L}$$

- Chọn diode cho mạch chỉnh lưu với các thông số sau:

- + Dòng đỉnh I_p >= I_m
- + Dòng trung bình I_{avg} >= I_{DC} / 2
- + Điện áp ngược đỉnh I_{ng,max} >= U_m

Do đó ta chọn bốn Diode loại N4007

+ Chọn tụ C = 470MF

V. Tính chọn máy biến áp xung cho mạch điều khiển:

Biến áp xung trong mạch có nhiệm vụ cách ly điện thế cao với cực điều khiển. Trình tự tính toán như sau:

- Chọn vật liệu sắt từ ∃ 330 với lõi có dạng E,I làm việc trên một phần đặc tính từ hoá:

- Chọn ΔB = 0.7 T để tránh lõi biến áp xung bị bão hoà

- Tra bảng chọn $\Delta H = 50$ A/m (có khe hở)
- Từ thẩm lõi sắt từ

$$\mu = \frac{\Delta B}{\Delta H \mu_0} = \frac{0.7}{4\pi 10^{-7} \cdot 50} = 1.4 \cdot 10^{-4}$$

- Chọn sơ bộ : $l = 0.1$ m
 $l_{kh} = 0.01$ mm = 10^{-5} m (chiều dài khe hở)
- Từ thẩm trung bình của sắt từ

$$\mu_{tb} = \frac{l}{l_{kh} + \frac{l}{\mu}} = \frac{0.1}{10^{-5} + \frac{0.1}{1.4 \cdot 10^{-4}}} = 5.8 \cdot 10^3$$

- Thể tích lõi sắt từ :

$$V = Q \cdot l = \frac{\mu_{tb} \cdot \mu_0 \cdot tx \cdot S \cdot E \cdot I_2'}{\Delta B^2}$$

Q : tiết diện lõi sắt

tx = 500Ms : Độ rộng xung

S = 12% : Độ sụt tốc độ

E = 12v : Nguồn cung cấp

I₂' = 0.3 A : Dòng thứ cấp qui đổi về sơ cấp

$$\Rightarrow V = \frac{5.8 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 10^{-6} \cdot 0.15 \cdot 12 \cdot 0.3}{0.7^2}$$

$$\rightarrow V = 13.32 \text{ cm}^2$$

Vậy tiết diện lõi sắt Q = V / L = 13.32 / 0.1 = 1.332 cm²

Dựa vào bảng 5.5 sách "Điện tử công suất lớn (Nguyễn Bình)" ta chọn lõi E,I (12 x 6)

$$Q = 1.63 \text{ cm}^2$$

$$a = 1.2 \text{ cm}$$

$$c = 1.2 \text{ cm}$$

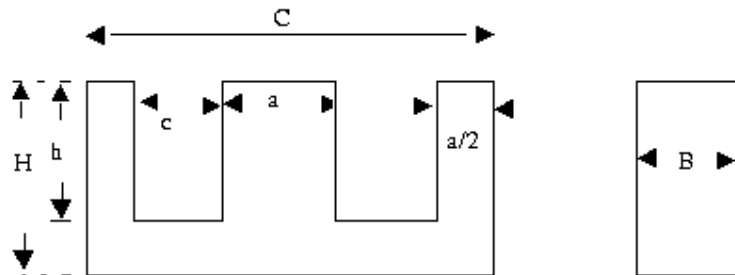
$$b = 1.35 \text{ cm}$$

$$h = 3 \text{ cm}$$

$$H = 4.2 \text{ cm}$$

$$B = 1.6 \text{ cm}$$

$$C = 4.8 \text{ cm}$$



H.IV.9

- Số vòng dây cuộn sơ cấp MBA

$$W_1 = \frac{E t_x}{\Delta BKQ}$$

K = 0.76 : Hệ số lấp đầy

$$\text{Suyra.....} W_1 = \frac{12 * 500 * 10^{-6}}{0.7 * 0.76 * 1.63 * 10^{-4}} = 69$$

Chọn tỉ lệ 1:1 nên $W_2 = W_1 = 69$ vòng

- Đường kính dây quấn sơ cấp bằng đường kính dây quấn thứ cấp

$$d_1 = d_2 = 1.13 \sqrt{\frac{I_2}{J}}$$

Chọn mật độ dòng điện $J = 5 \text{ A/mm}^2$ (do MBA làm việc ngắn hạn lấp lại)

$$\text{Suyra} d_1 = d_2 = 1.13 \sqrt{\frac{0.3}{5}} = 0.27 \text{ mm}$$

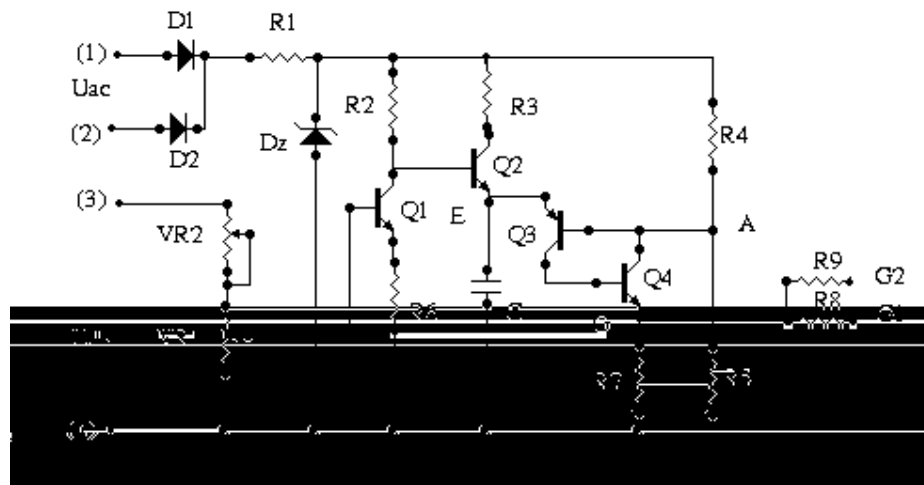
Chọn $d_1 = d_2 = 0.2 \text{ mm}$. Với J là mật độ dòng điện.

VI. Sơ đồ nguyên lý và tính toán linh kiện cho mạch điều khiển một pha dùng Thyristor:

1. Sơ đồ nguyên lý:

Như chúng em đã giới thiệu trong chương II, mạch điều khiển Thyristor có nhiều loại, mỗi mạch đều có ưu nhược điểm khác nhau. Vậy em quyết định chọn mạch điều khiển Thyristor bằng điện áp để thi công bởi vì:

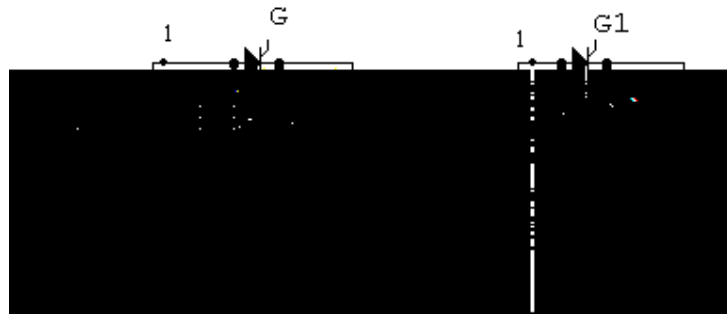
- + Mạch đơn giản, gọn nhẹ chỉ cần thay đổi biến trở V_R để thay đổi góc kích α .
- + Mạch làm việc ổn định, ít nguy hiểm.
- + Giá thành tương đối rẻ, có tính thực tế cao.



H.IV.10

2. Kết nối mạch điều khiển với các mạch chỉnh lưu như sau:

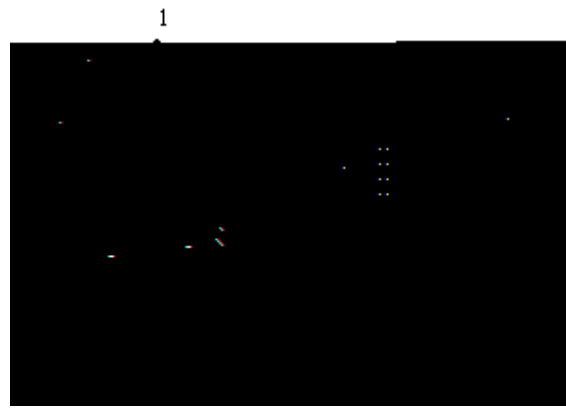
- a) Kết nối mạch một pha:



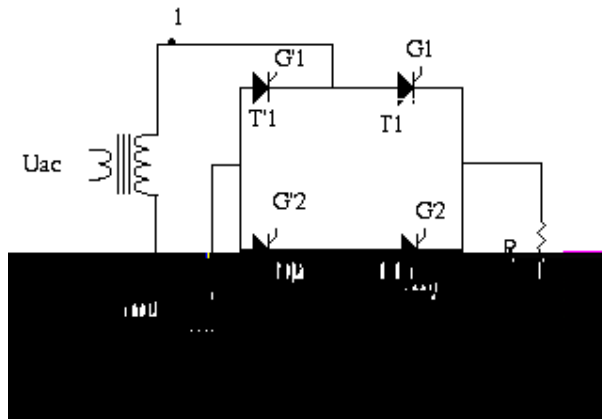
H.IV.11

H.IV.12

H.IV.11 là mạch chỉnh lưu một pha một nửa chu kì, H.IV.12 là mạch chỉnh lưu một pha hai nửa chu kì.



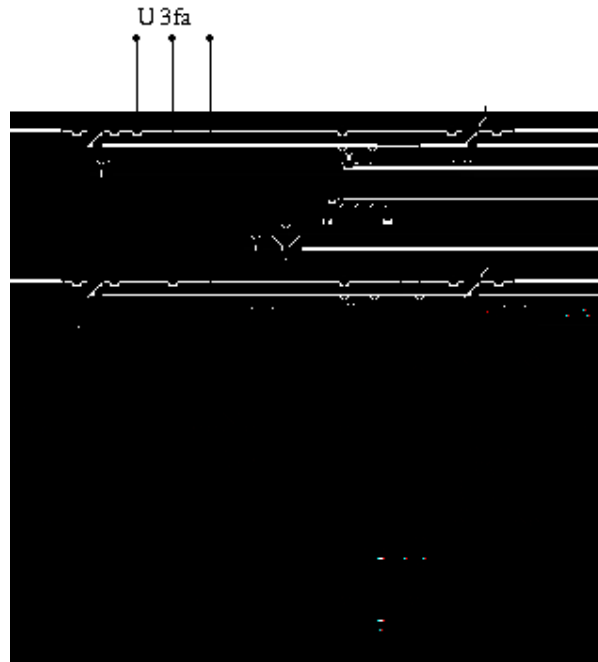
H.IV.13



H.IV.14

H.IV.13 là sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha bất đối xứng, H.IV.14 là sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha đối xứng,

b) Kết nối mạch ba pha:



H.IV.15

Các điểm ghi các số 1, 2, 3, 4 và chữ G trên mạch điều khiển là những điểm nối vào các điểm và chữ số ghi ở các sơ đồ chỉnh lưu tương ứng.

Với các mạch điều khiển và chỉnh lưu trên, nhưng vì thời gian, kiến thức và kinh tế có hạn, nên em chỉ thi công ba modul của mạch điều khiển và ba sơ đồ chỉnh lưu là sơ đồ chỉnh lưu một pha một nửa chu kỳ, chỉnh lưu cầu một pha không đối xứng và chỉnh lưu cầu ba pha không đối xứng.

6. Tính toán các linh kiện cho mạch điều khiển (H.IV.10)

Chọn D₁, D₂ là diode loại N4007

$$D_2 = 15 \text{ V} , I_2 = 500\text{mA}$$

Chọn xung ngõ ra trên G có:

$$U_G = 10 \text{ V}$$

$$I_G = 150 \text{ mA}$$

$$R_7 = U_G / I_G = 20 / 150 \cdot 10^{-3}$$

$$R_7 = 66\Omega$$

Do Q₃, Q₄ làm việc ở chế độ bão hoà nên áp tại A là V_A = U_G = 10V

Ta có V_{cc} = V_A (R₄ + R₅) / R₄

Chọn R₄ = R₅ = 10 KΩ

$$\Rightarrow V_{cc} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ V}_{DC}$$

Vậy điện áp thứ cấp MBA

+ Tính tăng khuếch đại Q₁, Q₂

Chọn điện thế cực E của Q₁, Q₂ (so với đất) là V_{E1} = 1V

Giả sử Q₁, Q₂ đều có V_{BE} = 0.6 V. Do đó:

$$V_{B1} = V_{E1} + V_{BE1} = 1 + 0.6 = 1.6\text{V}$$

Chọn V_{CE1} = V_{CE2} = 4 V

Tacó $V_{C1} = V_{CE1} + V_{E1} = 4 + 1 = 5 \text{ V}$
 $V_{E2} = V_{B2} - V_{BE2} = 5 - 0.6 = 4.4 \text{ V}$ ($V_{B2} = V_{C1}$)
 $V_{C2} = V_{E2} + V_{CE2} = 4.4 + 4 = 8.4 \text{ V}$

Chọn dòng qua chân C của Q₁ là:

$$I_{C1} = 50 \text{ mA}, \beta = 120$$

Suy ra $R_2 = (V_{cc} - V_{c1}) / I_{C1} = (20 - 5) / 50 \text{ mA} = 300 \Omega$

Chọn : $R_2 = 330 \Omega$

Chọn dòng qua chân C của Q₂ là:

$$I_{C2} = 100 \text{ mA}, \beta = 100$$

$$\Rightarrow \dots R_3 = \frac{V_{cc} - V_{c1}}{I_2} = \frac{20 - 8.4}{100 \text{ mA}} = 136 (\Omega)$$

Chọn : $R_3 = 220 \Omega$

+ Công suất cực đại rơi trên cực C của Q₁ và Q₂ là:

$$P_{C1} = I_{C1} * V_{C1} = 50 \text{ mA} * 5 \text{ V} = 250 \text{ mW}$$

$$P_{C2} = I_{C2} * V_{C2} = 100 \text{ mA} * 8.4 \text{ V} = 840 \text{ mW}$$

Như vậy ta chọn Q₁, Q₂ có các thông số sau:

Chọn Q₁ là 2SC828 (loại NPN) có:

$$I_c = 50 \text{ mA}$$

$$\beta = 130 \div 520$$

$$I_B = 50 / 120 = 0.42 \text{ mA}$$

$$P_c = 400 \text{ mW}$$

$$V_{CBO} = 30 \text{ V}$$

$$V_{EBO} = 7 \text{ V}$$

$$T_j = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

Chọn Q₂ là 2SD468

$$I_c = 1 \text{ mA}$$

$$\beta = 85 \div 240$$

$$I_B = 1 / 100 = 10 \text{ mA}$$

$$P_c = 900 \text{ mW}$$

$$V_{CBO} = 25 \text{ V}$$

$$V_{EBO} = 5 \text{ V}$$

$$T_j = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

Theo sơ đồ tương đương của UJT được thay thế bởi hai Transistor khác loại ta chọn:

Q₃ là loại 2SA1015 (PNP) có:

$$I_c = -150 \text{ mA}$$

$$\beta = 70 \div 240$$

$$P_c = 400 \text{ mW}$$

$$V_{CBO} = -50 \text{ V}$$

$$V_{EBO} = -5 \text{ V}$$

$$T_j = 125 \text{ }^\circ\text{C}$$

Q₄ là loại 2SC1815 (NPN) có:

$$I_c = 150 \text{ mA}$$

$$\beta = 70 \div 700 \text{ mA}$$

$$P_C = 400 \text{ mW}$$

$$V_{CBO} = 50 \text{ V}$$

$$V_{EBO} = 5 \text{ V}$$

$$T_j = 125^\circ\text{C}$$

Chọn điện trở giới hạn $R_1 = 4.7\text{K } \Omega, 5\text{W}$

$$C = 0.1 \mu\text{F}, 600\text{V}$$

Chọn biến trở điều chỉnh $V_R = 10 \text{ K } \Omega$

+ Tính chọn R_6

$$U_{dk} = I_{B1} * V_R + V_{BE1} + I_{E1} R_6$$

$$\text{Xem } I_{E1} \approx I_{C1} = 50\text{mA}$$

$$U_{dk} = 8.5\text{V}$$

Trường hợp biến trở V_R ở giá trị Max tức $V_R = 10\text{K}$ thì :

$$R_6 = \frac{u_{dk} - V_{BE1} - I_{B1} V_{R1}}{I_{C1}} = \frac{8.5 - 0.6 - 0.42\text{mA} * 10\text{k}\Omega}{50\text{mA}} = 74\Omega$$

Trường hợp biến trở V_R ở vị trí min tức là $V_R = 0 \Omega$

$$R_6 = \frac{u_{dk} - V_{BE1} - I_{B1} V_{R1}}{I_{C1}} = \frac{8.5 - 0.6 - 0.42\text{mA} * 0\text{k}\Omega}{50\text{mA}} = 158\Omega$$

Từ hai trường hợp trên chọn $R_6 = 220 \Omega, R_9 = R_{10} = 15 \Omega$

$$V_{R2} = 10 \text{ K } \Omega$$

Với các giá trị tính toán như trên mạch điều khiển được vẽ lại như sau:



H.IV.10

7. Thiết kế mạch in cho mạch điều khiển (H.IV.10)

Sơ đồ mạch in được chúng em thiết kế như sau:

5. Tiến hành lắp ráp mạch:

Sau khi thực hiện công tác cho mạch chạy thử trên Testboard, chuẩn bị linh kiện và mạch in, công tác lắp ráp được tiến hành như sau:

- Vẽ mạch in và ngâm mạch vào hoá chất.
- Dùng Ohm kế để kiểm tra các đường nối trên mạch in.
- Tiến hành ráp và hàn chân linh kiện.
- Tiến hành hàn dây cấp nguồn thông qua MBA, hạ áp phía thứ cấp còn $15V_{DC}$
 - Thử mạch và điều chỉnh khi cần thiết.
 - Lắp ráp mạch vào vỏ hộp.
 - Hoàn chỉnh những phần còn lại.

VII. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển ba pha hình tia hay ba pha bất đối xứng dùng Thyristor:

Cách tính chọn linh kiện cho mạch điều khiển loại này cũng tương tự như ở mạch điều khiển một pha, và ta có sơ đồ nguyên lý như (H.VII).

Như vậy để điều khiển mạch chỉnh lưu cầu một pha bất đối xứng ta chỉ dùng một modul để điều khiển. Còn đối với mạch chỉnh lưu ba pha hình tia hay mạch chỉnh lưu cầu ba pha bất đối xứng ta phải sử dụng cả ba modul để điều khiển.

VIII. Hướng phát triển của đề tài:

Vì lý do thời gian và kinh tế có hạn cho nên em chỉ giới hạn thi công ba modul và không có sử dụng máy biến áp xung. Để điều khiển được các mạch chỉnh lưu cầu một pha và ba pha đối xứng dùng Thyristor ta phải thi công tất cả sáu modul có sử dụng máy biến áp xung để cách ly điện áp giữa ngõ vào và ngõ ra của mạch điều khiển.

PHẦN C**KẾT LUẬN****Đề tài ' THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG MỘT MÔ HÌNH MẠCH KÍCH THYRISTOR TRONG THIẾT BỊ CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN '**

là một đề tài vừa mang tính lý thuyết, vừa có ý nghĩa thực tiễn trong sản xuất. Vì vậy trong tập luận án này trình bày các phương pháp mở, khoá Thyristor và một số mạch điều khiển cùng với mạch chỉnh lưu dùng Thyristor một pha cũng như ba pha.

Dưới sự hướng dẫn của thầy "**Nguyễn Xuân Khai**" cùng với quyết tâm và nỗ lực của bản thân, chúng em đã hoàn thành nhiệm vụ được giao.

Qua tập luận án này, nó đã giúp em bước đầu tập sự, làm quen với công việc người kỹ sư, đồng thời biết được cách thực hiện việc thiết kế một mô hình mạch điều khiển Thyristor bằng điện áp. Tuy nhiên do thời gian, trình độ và kinh nghiệm có hạn nên tập luận án này còn nhiều thiếu sót.

Sau cùng, để kết thúc những trang cuối cùng của tập luận án này, em xin gửi đến thầy **Nguyễn Xuân Khai** và các thầy cô trong khoa **Điện - Điện Tử** lời cảm ơn chân thành nhất vì đã tận tình giúp đỡ em hoàn thành tập luận án đúng thời hạn.

TPHCM 3- 2000
Sinh Viên Thực Hiện

Nguyễn Văn Hiền