SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

GIÁO TRÌNH

Điện tử công suất

DÙNG TRONG CÁC TRƯỜNG TRUNG HỌC CHUYÊN NGHIỆP

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI

SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO HÀ NỘI

VŨ NGỌC VƯỢNG

GIÁO TRÌNH
ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

(Dùng trong các trường THCN)

NHÀ XUẤT BẢN HÀ NỘI - 2007

Lời giới thiệu

Nước ta đang bước vào thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa nhằm đưa Việt Nam trở thành nước công nghiệp văn minh, hiện đại.

Trong sự nghiệp cách mạng to lớn đó, công tác đào tạo nhân lực luôn giữ vai trò quan trọng. Báo cáo Chính trị của Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam tại Đại hội Đảng toàn quốc lần thứ IX đã chỉ rõ: "Phát triển giáo dục và đào tạo là một trong những động lực quan trọng thúc đẩy sự nghiệp *công nghiệp hóa, hiện đại hóa*, là điều kiện để phát triển nguồn lực con người - yếu tố cơ bản để phát triển xã hội, tăng trưởng kinh tế nhanh và bền vững".

Quán triệt chủ trương, Nghị quyết của Đảng và Nhà nước và nhận thức đúng đắn về tầm quan trọng của chương trình, giáo trình đối với việc nâng cao chất lượng đào tạo, theo đề nghị của Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội, ngày 23/9/2003, Ủy ban nhân dân thành phố Hà Nội đã ra Quyết định số 5620/QĐ-UB cho phép Sở Giáo dục và Đào tạo thực hiện đề án biên soạn chương trình, giáo trình trong các trường Trung học chuyên nghiệp (THCN) Hà Nội. Quyết định này thể hiện sự quan tâm sâu sắc của Thành ủy, UBND thành phố trong việc nâng cao chất lượng đào tạo và phát triển nguồn nhân lực Thủ đô.

Trên cơ sở chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành và những kinh nghiệm rút ra từ thực tế đào tạo, Sở Giáo dục và Đào tạo đã chỉ đạo các trường THCN tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình một cách khoa học, hệ

thống và cập nhật những kiến thức thực tiễn phù hợp với đối tượng học sinh THCN Hà Nội.

Bộ giáo trình này là tài liệu giảng dạy và học tập trong các trường THCN ở Hà Nội, đồng thời là tài liệu tham khảo hữu ích cho các trường có đào tạo các ngành kỹ thuật - nghiệp vụ và đông đảo bạn đọc quan tâm đến vấn đề hướng nghiệp, dạy nghề.

Việc tổ chức biên soạn bộ chương trình, giáo trình này là một trong nhiều hoạt động thiết thực của ngành giáo dục và đào tạo Thủ đô để kỷ niệm "50 năm giải phóng Thủ đô", "50 năm thành lập ngành" và hướng tới kỷ niệm "1000 năm Thăng Long - Hà Nội".

Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội chân thành cảm ơn Thành ủy, UBND, các sở, ban, ngành của Thành phố, Vụ Giáo dục chuyên nghiệp Bộ Giáo dục và Đào tạo, các nhà khoa học, các chuyên gia đầu ngành, các giảng viên, các nhà quản lý, các nhà doanh nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, đóng góp ý kiến, tham gia Hội đồng phản biện, Hội đồng thẩm định và Hội đồng nghiệm thu các chương trình, giáo trình.

Đây là lần đầu tiên Sở Giáo dục và Đào tạo Hà Nội tổ chức biên soạn chương trình, giáo trình. Dù đã hết sức cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, bất cập. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để từng bước hoàn thiện bộ giáo trình trong các lần tái bản sau.

GIÁM ĐỐC SỞ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

Lời nói đầu

Trong những năm gần đây việc ứng dụng của thiết bị điện tử công suất trong công nghiệp và dân dụng ngày càng phát triển, các thiết bị điện tử công suất liên tục được đổi mới. Vì vậy việc giảng dạy môn điện tử công suất cũng đòi hỏi phải đáp ứng được những thay đổi đó.

Với mục tiêu giảng dạy cho học sinh bậc trung học, cuốn sách đã cố gắng đưa ra những kiến thức cơ bản có tính bao quát nhất. Cuốn sách được chia làm năm chương, với nội dung của mỗi chương đã được biên soạn sao cho với những kiến thức của học sinh đã qua năm thứ nhất bậc trung học chuyên nghiệp có thể tiếp thu được.

Do cuốn sách để cập đến một lĩnh vực khoa học kỹ thuật hiện đại và đang phát triển, do trình độ có hạn nên mặc dù đã có cố gắng nên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả mong được sự góp ý kiến của các đồng nghiệp và bạn đọc.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về địa chỉ: Nhà xuất bản Hà Nội.

Xin trân trọng cảm ơn!

TÁC GIẢ

Chương 1

CÁC PHẦN TỬ BÁN DẪN CÔNG SUẤT

Mục tiêu:

- Nêu rõ cấu tạo, giải thích nguyên lý hoạt động của các phần tử bán dẫn công suất.
- Đi sâu phân tích đặc điểm của các phần tử công suất.

I. ĐIỐT CÔNG SUẤT

Điốt bán dẫn công suất do hai lớp vật liệu bán dẫn P - N ghép lại thành. Diện tích mặt ghép có khi đạt tới hàng chục cm^2, với mật độ dòng điện $10A/mm^2$.

Khi điốt cho dòng điện định mức đi qua, điện áp rơi trên điốt vào khoảng 1đến 2V. Những năm gần đây người ta đã chế tạo được điốt chịu dòng lớn và điện áp ngược lớn.

Ví dụ, BB2 - IF250: 1250A, 800V; BYT - 30/1000: 30A, 1000V...

1.1. Mặt ghép P - N

Nghiên cứu hiện tượng vật lý tại mặt ghép P - N (hình 1. l) là cơ sở để giải thích được rõ ràng nguyên lý làm việc của các thiết bị bán dẫn.

Gọi P là vật liệu bán dẫn, dẫn điện theo lỗ; gọi N là vật liệu bán dẫn, dẫn điện theo điện tử. Đem vật liệu P hàn vào vật liệu N, ta có mặt ghép P - N là nơi xảy ra những hiện tượng vật lý cực kỳ quan trọng:

- Các lỗ của vùng P trong chuyển động tương đối tràn sang vùng N là nơi có ít lỗ.

- Các điện tử của vùng N chạy sang vùng P là nơi có ít điện tử.

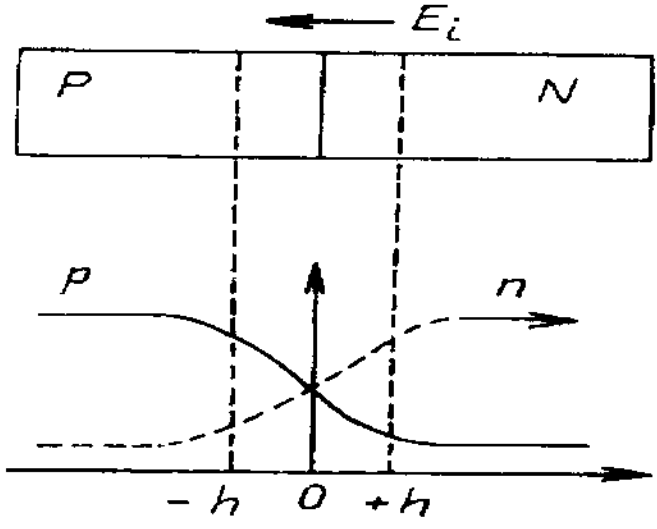
Đây là hiện tượng khuếch tán. Kết quả là tại miền - h < x < 0 điện tích dương ít đi và điện tích âm tăng lên.

Tại miền $0 < x < h$ điện tích dương tăng lên và điện tích âm giảm đi.

Ta gọi p là mật độ lỗ, n là mật độ điện tử, vùng $-h < x < h$ là vùng chuyển tiếp. Trong vùng chuyển tiếp rộng khoảng 0,01 đến 0,1μm mật độ điện tử và lỗ trống đều nhỏ nên dẫn điện kém, được gọi là vùng chuyển tiếp.

Trong vùng chuyển tiếp hình thành một điện - trường - nội - tại, ký hiệu là E_i, có chiều từ vùng N hướng về vùng P. Người ta cũng còn gọi điện trường nội tại này là barie điện thế, (khoảng 0,6 đến 0,7V đối với vật liệu Si).

Điện trường nội tại E_i ngăn cản sự di động của các điện tích đa số (điện tử của vùng N và lỗ của vùng P) và làm dễ dàng cho sự di động của các điện tích thiểu số (điện tử của vùng P và lỗ của vùng N). Sự di chuyển của các điện tích thiểu số hình thành dòng điện ngược, còn gọi là dòng điện rò.



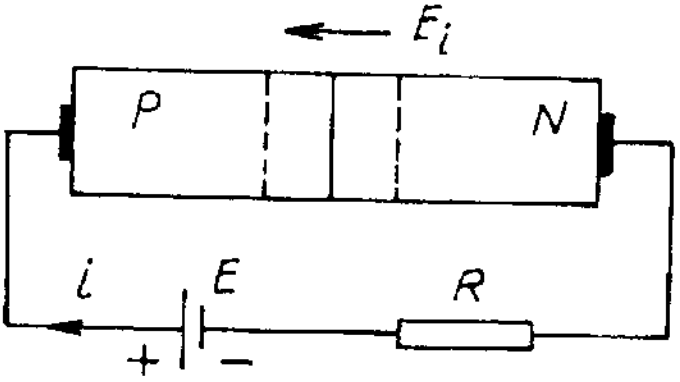
Hình 1.1

2. Sự phân cực của mặt ghép P - N

2.1. Phân cực thuận

Khi thiết bị bán dẫn, gồm hai mảnh P và N, được đặt dưới điện áp nguồn có tính cực như trên hình 1. 2, chiều của điện trường ngoài E ngược với chiều của điện trường nội tại E_i, (thông thường $E > E_i$) thì dòng điện i chảy rất dễ dàng trong mạch. Trong trường hợp này, điện trường tổng hợp có chiều của điện trường ngoài.

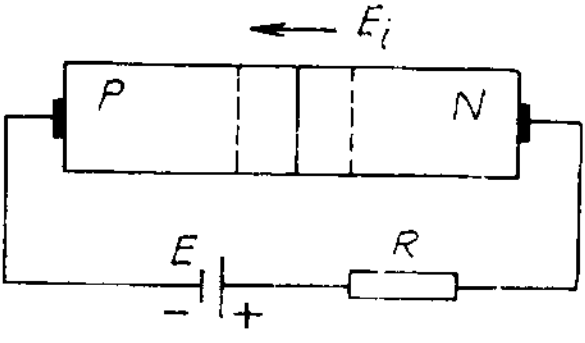
Điện trường tổng hợp làm dễ dàng cho sự di chuyển của điện tích đa số. Các điện tử tái chiếm vùng chuyển tiếp, khiến nó trở thành dẫn điện. Người ta nói mặt ghép P - N được phân cực thuận (hình 1. 2). Vậy, sự phân cực thuận hạ thấp barie điện thế.



Hình 1.2

2.2. Phân cực ngược

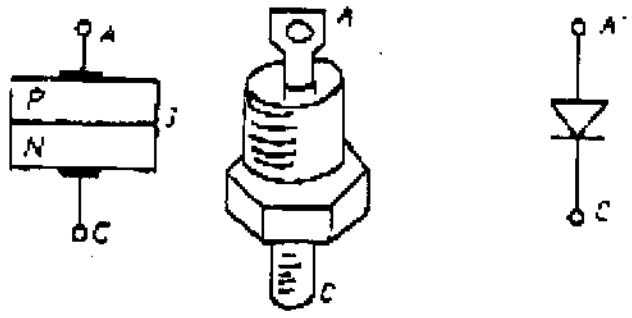
Điện trường ngoài E tác động cùng chiều với điện trường nội tại E_i. Điện trường tổng hợp cản trở sự di chuyển của các điện tích đa số. Các điện tử của vùng N chạy thẳng về cực dương của nguồn E, khiến cho điện thế vùng N đã cao (so với vùng P) lại càng cao hơn. Vùng chuyển tiếp, cũng là vùng cách điện, lại càng rộng ra. Không có dòng điện nào chảy qua mặt ghép P - N (hình 1.3). Người ta nói mặt ghép bị phân cực ngược.



Hình 1.3

- Cấu trúc và ký hiệu của điốt công suất và nhiệt độ mặt ghép:

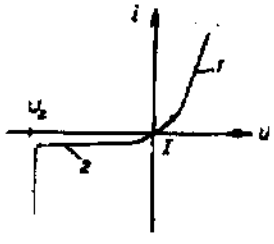
Cấu trúc và ký hiệu của điốt công suất được thể hiện trên hình 1.4



Hình 1.4

Dòng điện chảy qua điốt làm nó nóng lên, chủ yếu tại vùng chuyển tiếp. Đối với điốt loại Si nhiệt độ mặt ghép Tj cho phép là 200^{0}C. Vượt quá nhiệt độ này điốt có thể bị phá hỏng. Để làm mát điốt, người ta thường dùng cánh tản nhiệt được quạt mát với tốc độ gió 10 m/s, hoặc cho nước hay dầu biến thế chảy qua cánh tản nhiệt với tốc độ lớn hay nhỏ tuỳ theo dòng điện. Ví dụ, 4 l/ph nếu I - 100 A; 5 l/ph nếu I = 750A.

3. Đặc tính vôn - ampe



Hình 1.5

Đặc tính V-A của điốt bao gồm hai nhánh: Nhánh thuận (1) và nhánh ngược (2) (hình 1.5).

- Dưới điện áp U > 0, điốt được phân cực thuận, barie điện thế giảm xuống gần bằng 0. Khi tăng U, lúc đầu dòng tăng từ từ, sau khi U lớn hơn 0 khoảng 0,1V thì i tăng nhanh, đường đặc tính có dạng hàm mũ.

- Dưới điện áp U < 0, điốt bị phân cực ngược. Khi tăng U, dòng điện ngược cũng tăng từ từ và khi U > 0,1V, dòng điện ngược dừng lại ở giá trị vài chục mA;

Dòng điện ngược này được ký hiệu là Is, do sự di chuyển của các điện tích thiểu số làm nên. Nếu cứ tiếp tục tăng U các điện tích thiểu số di chuyển càng dễ dàng hơn, tốc độ di chuyển tỉ lệ thuận với điện trường tổng hợp, động năng của chúng tăng lên. Khi $U = U_Z$ động năng của chúng đủ lớn phá vỡ được liên kết nguyên tử của Si trong vùng chuyển tiếp làm xuất hiện những điện tử tự do mới. Quá trình tiếp tục theo phản ứng dây chuyền làm dòng điện ngược tăng ào ạt, điốt bị phá hỏng. Để sử dụng điốt được an toàn ta chỉ cho chúng làm việc với điện áp $U = (0,7 \div 0,8)U_Z$

4. Các thông số chủ yếu của điốt công suất:

Mỗi điốt công suất thường có các thông số chủ yếu sau đây:

Dòng điện thuận định mức I_a

Đó là dòng điện cực đại cho phép đi qua điốt trong một thời gian dài khi đốt mở.

Điện áp ngược định mức U_{KAmax}

Đó là điện áp ngược cực đại cho phép đặt vào điốt trong một thời gian dài khi điốt khoá.

Điện áp rơi định mức ΔU_a

Là điện áp rơi trên điốt khi điốt mở và dòng điện qua điốt bằng dòng điện thuận định mức.

Thời gian phục hồi tính khoá t_K

Đó là thời gian cần thiết để điốt chuyển từ trạng thái mở sang trạng thái khoá.

Dòng ngắn hạn cực đại cho phép

Là dòng điện cực đại cho phép đi qua điốt trong trạng thái mở trong một thời gian ngắn

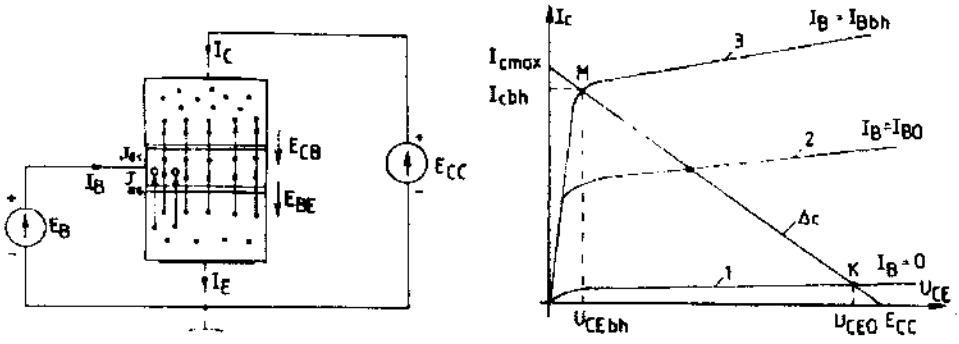
II. TRANZITO CÔNG SUẤT

1.Tranzito lưỡng cực

Trazito lưỡng cực công suất là thiết bị gồm ba lớp bán dẫn NPN hoặc PNP, được dùng để đóng cắt dòng điện một chiều có cường độ tương đối lớn.

Trong điện tử công suất người ta dùng phổ biến loại NPN mắc theo sơ đồ cực phát chung (Hình 1.6).

Trong sơ đồ này, ta có thể xem dòng điện gốc I_B là dòng điều khiển và dòng điện góp I_C là dòng động lực.



Hình 1.6.

Mỗi tranzito có 2 mặt tiếp giáp P-N, lớp ghép giữa E và B được ký hiệu là J_{EB} và lớp ghép giữa B và C được ký hiệu là J_{BC}.

Khi $U_{BE} > 0$ và $U_{CE} > o$ lớp ghép J_{EB} được phân cực thuận và lớp ghép J_{BC} được phân cực ngược. Do đó, các điện tử tự do (hạt mang điện đa số) dễ dàng chuyển dịch qua J_{EB} từ E sang B. Vì lớp B rất mỏng và nồng độ lỗ thấp nên hầu hết các điện tử chuyển từ E sang B đi đến mặt ghép J_{BC}. Đến đây các điện tử được gia tốc bởi điện trường ngược E_{CB} và dễ dàng đi qua mặt ghép J_{CB} đến C. Dòng điện tử này tạo nên dòng điện cực góp I_C. Một số ít điện tử tự do từ E sang B tái hợp với các lỗ trong vùng B. Để cân bằng về điện tích, lớp B phải lấy các lỗ mới từ nguồn E_{BE} và ở trạng thái xác lập số lỗ mới lấy từ nguồn E_{BE} bằng số điện tử tái hợp. Dòng các lỗ lấy từ nguồn E_{BE} tạo nên dòng điện gốc I_B. Như vậy, nếu ta gọi dòng điện tạo ra bởi các điện tử tự do đi từ E sang B là dòng điện phát I_E thì ta có:

$$I_E = I_c + I_B$$

Trong đó $I_B << I_c$ và tỉ số $\beta = I_C/i_B$ được gọi là hệ số khuếch đại dòng điện tĩnh của tranzito.

Ngoài sự chuyển dịch của các hạt mang điện đa số (điện tử tự do) trên đây, còn tồn tại dòng chuyển dịch của các hạt thiểu số (lỗ trống) từ lớp C qua B đến E. Dòng chuyển dịch này tạo nên dòng điện ngược I_{CE0} Từ đây ta có:

$$I_C = \beta I_B + I_{CE0}$$

Khi xét đặc tính của tranzito người ta thường quan tâm đến quan hệ giữa dòng điện I_C và điện áp U_{CE} khi I_B không đổi (Hình 1.6)

Ngoài ra U_{CE} còn liên hệ với I_C theo phương trình

$$U_{CE} = E_{CC} - I_C R_C$$

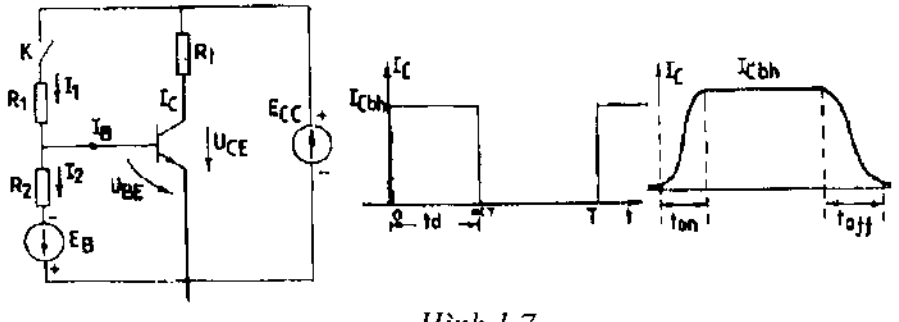
Đường biểu diễn quan hệ này là đường thẳng ΔC trên đồ thị hình 1.6. Điểm cắt của ΔC với các đường 1, 2, 3 chính là điểm làm việc của tranzito. Các điểm làm việc này xác định dòng điện I_C và điện áp U_{CE} của tranzito đối với mỗi giá trị của I_B.

Nhận xét:

- Khi I_B càng tăng, điểm làm việc càng gần điểm uốn của các đường 1,2,3. Khi I_B tăng đến giá trị nào đó, điểm làm việc sẽ trùng với điểm uốn, I_C không tăng được nữa, ta nói I_C đạt giá trị bão hoà I_{Cbh}, tương ứng ta có dòng gốc bão hoà $I_{Bbh} = I_{Cbh}/\beta$ (điểm M trên hình 1.6). Điểm M được gọi là điểm mở bão hoà. Tại M ta có: $I_B = I_{Bbh}$, $I_C = I_{Cbh} \approx I_{Cmax} = E_{CC}/R_t$

- Điểm K là giao điểm của thẳng ΔC với đường 1, tương ứng với $I_B \approx 0$ gọi là điểm khoá. Tại K ta có: $I_B \approx 0$, $I_C \approx 0$.

- Trong điện tử công suất, người ta dùng tranzito như phần tử không tiếp điểm để đóng cắt mạch điện. Một trong các mạch điện dùng để điều khiển mở và khoá tranzito có sơ đồ như hình 1.7



Hình 1.7

Trong sơ đồ này khoá K được đóng mở bằng tay hoặc tự động.

- Khi K mở $U_{BE} = -EB < 0$, mặt ghép giữa cực gốc và cực phát J_{BE} của tranzito được phân cực ngược. Do đó $I_B = 0$ và tranzito khoá. Qua điện trở tải R_t không có dòng điện.

- Khi K đóng ta có:

$$I_B = I_1 - I_2 = \frac{E_{cc} - U_{BE}}{R_1} - \frac{U_{BE} - E_B}{R_2}$$

Với $U_{BE} \approx 0,7V$. Nếu ta chọn R_1, R_2, E_{CC}, E_B sao cho:

$$I_B = I_{Bbh} = \frac{I_{Cbh}}{\beta} = \frac{E_{cc}}{\beta R_t}$$

thì tranzito mở bão hoà, khi đó: $U_{CE} \approx 0$; $I_C = I_{Cbh} = E_{CC} / R_C$

Nếu ta đóng cắt K một cách có chu kỳ với thời gian đóng là $t_d = \alpha T$, với T là chu kỳ đóng cắt K; $\alpha = t_d/T$ là tỷ số đóng thì dòng điện qua tải có dạng gần xung vuông và giá trị trung bình của nó là:

$$I_0 = \frac{1}{T}\int_0^T I_c dt = \frac{1}{T}\int_0^{\alpha T} \frac{E_{cc}}{R_t} dt = \alpha \frac{E_{cc}}{R_t}$$

Từ đây ta có thể dễ dàng thay đổi trị số I_0 bằng cách thay đổi ti số đóng α.

Thực tế dòng I_C chỉ đạt được trị số I_{Cbh} phải sau khoảng thời gian t_{ON} nào đó và chỉ đạt giá trị 0 sau thời gian t_{off} nào đó, do đó tần số cắt K bị hạn chế. Vì vậy tần số đóng cắt lơn nhất cho phép của công tắc K là:

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}} = \frac{1}{t_{on} + t_{off}}$$

Các thông số chủ yếu của tranzito lưỡng cực công suất:

- Điện áp góp - phát cực đại cho phép U_{CEO} khi $i_B = 0$ (Tran zi to khoá).

. Điện áp góp - phát khi tranzito mở bão hoà U_{Cebh}.

. Dòng điện góp cực đại cho phép I_{Cmax}.

. Công suất tiêu tán cực đại cho phép trên tranzito P_T.

. Giá trị bão hòa điển hình của dòng điện góp và dòng điện gốc Ic/I_B

. Thời gian cần thiết để tranzito chuyển từ trạng thái khoá đến trạng thái mở bão hoà t_{on}.

. Thời gian cần thiết để tranzito chuyển từ trạng thái mở bão hoà đến trạng thái khoá t_{off}.

2. Transistor MOS công suất

MOSFET - (Metal Oxidt. Semiconductor Field Etiect Tranzito) gọi tắt là tranzito MOS.

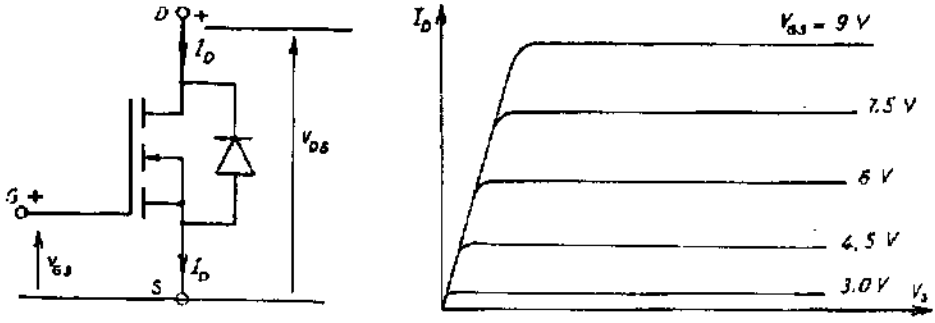
Ký hiệu và họ đặc tính ra của tranzito MOS - kênh N được trình bày trên hình 1.8.

Tranzito MOS có ba cực:

D - cực máng (drain): Tương đương cực C của tranzitor lưỡng cực.

S - cực nguồn (source): Tương đương cực E của tranzitor lưỡng cực.

G - cực cổng (gate): Cực điều khiển, tương đương cực B của tranzitor lưỡng cực.



Hình 1.8

U_{DS} là nguồn điện cực máng, tương đương E_{CC} của tranzitor lưỡng cực

U_{GS} là nguồn điện cực cổng, tương đương E_{BE} của tranzitor lưỡng cực

I_D là dòng điện máng, tương đương I_C của tranzitor lưỡng cực

Khác với tranzito lưỡng cực điều khiển bằng dòng bazơ, tranzito MOS được điều khiển bằng điện áp đặt lên cực cổng..

Tranzito MOS tác động rất nhanh, có thể đóng, mở với tần số trên 100 kHz.

Khi tranzito MOS dẫn dòng thì điện trở của nó khoảng 0,1 Ω đối với MOS 1000*V* và khoảng 1Ω đối với MOS 500V.

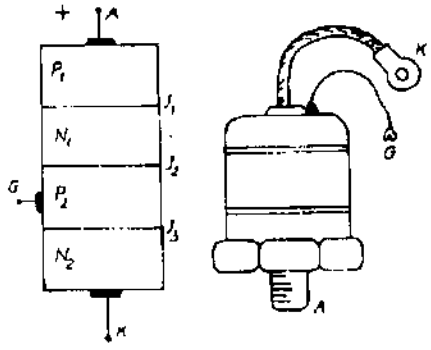
III. TIRISTOR

1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

1.1. Cấu tạo

Tirislor là một thiết bị gồm bốn lớp bán dẫn P_1, N_1, P_2, N_2 tạo thành.

P_1 được nối với cực anốt A, N_2 được nối với cực katốt K và P_2 được nối với cực điều khiển G (Hình 1.9)



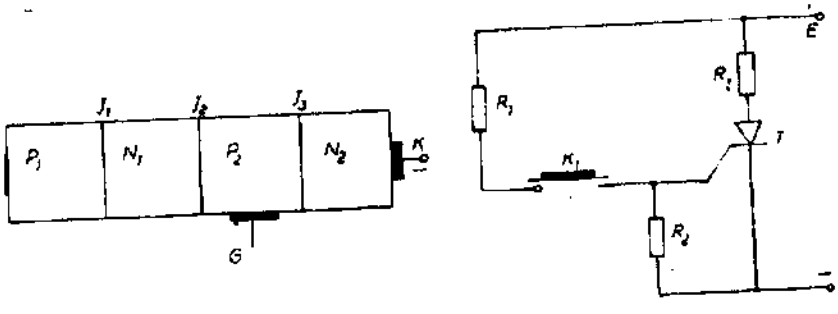
Hình 1.9

1.2. Nguyên lý làm việc:

Nối điện áp một chiều với cực dương vào anốt, cực âm vào katốt, các mặt ghép J_1, J_3 được phân cực thuận, J_2 được phân cực ngược làm cho vùng chuyển tiếp J_2 rộng ra và tiristor không dẫn điện, toàn bộ điện áp nguồn được đặt vào J_2.

Mở tiristor:

Đặt vào cực G một xung điện áp dương so với katốt, các điện tử từ N_2 vượt qua J_3 sang P_2, một số ít chảy tới cực G dưới tác dụng của U_G, một số lớn được gia tốc do điện áp nguồn tại J_2 phân cực thuận với chúng, chúng được tăng tốc độ bắn phá các nguyên tử Si, tạo nên những điện tử tự do mới. Số điện tử mới được giải phóng này lại tham gia bắn phá các nguyên tử Si trong vùng chuyển tiếp. Kết quả của phản ứng dây chuyền này gây lên dòng điện tử lớn chảy vào N_1, qua P_1 gây nên hiện tượng dẫn điện ào ạt. J_2 trở thành mặt ghép dẫn điện, điện trở thuận của tiristorr, khoảng 100 $k\Omega$ khi còn ở trạng thái khoá, trở thành khoảng 0,01Ω khi tiristorr mở cho dòng chảy qua.



Hình 1.10

Biện pháp mở tiristorr đơn giản nhất được trình bày trên hình 1.10 với:

$$R_1 = \frac{E}{(1{,}1 \div 1{,}2)I_{gst}}$$

Trong đó I_{gst} là dòng điều khiển, tra trong sổ tay tiristor ta có:

$$R_2 = (100 \div 1000)\ \Omega.$$

Khoá tiristorr:

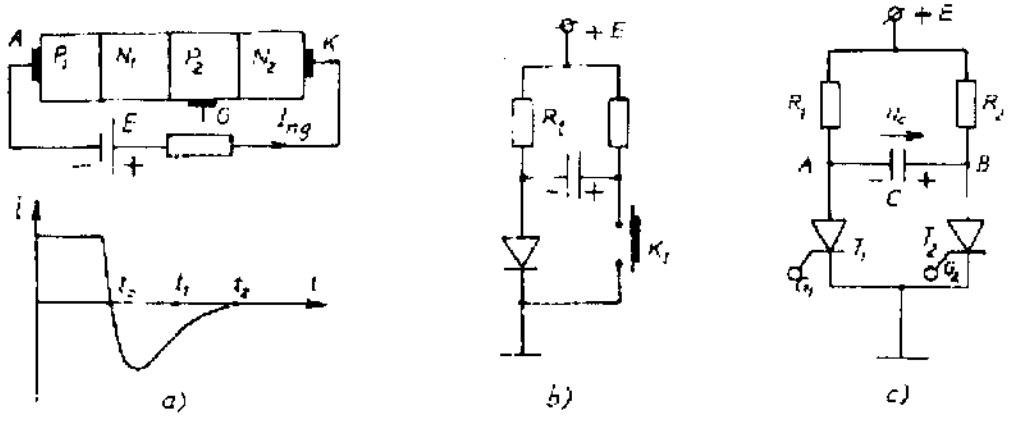
Khi tiristorr đã mở thì dòng điều khiển I_g không còn tác dụng nữa, nó cũng không dùng để điều chỉnh hay khoá tiristorr được. Dòng qua tiristor lúc này do tải và nguồn quyết định. Để khoá tiristorr ta có hai cách:

- Giảm dòng làm việc I xuống dưới dòng duy trì I_H.
- Đặt một điện áp ngược lên tiristorr (biện pháp thường dùng)

Khi đặt điện áp ngược lên tiristorr ($U_{AK} < 0$) hình 1.11.a, hai mặt ghép J_1 và J_3 bị phân cực ngược, J_2 bây giờ được phân cực thuận, tiristor không cho dòng chảy qua theo chiều cũ. Các điện tử đang ở trong các vùng P_1, N_1, P_2, N_2 phải đảo chiều chuyển động tạo nên dòng điện ngược trong tiristor (chảy từ katốt đến anốt)

+ Từ t_o đến t_1 dòng ngược lớn sau đó giảm dần đến t_2 thì i = 0.

Thời gian từ t_o đến t_2 gọi là thời gian khoá của tiristor (vài chục μs). Sau thời gian này nếu có đặt điện áp thuận lên tiristor thì nó cũng không mở lại được (khi chưa có dòng điều khiển)



Hình 1.11

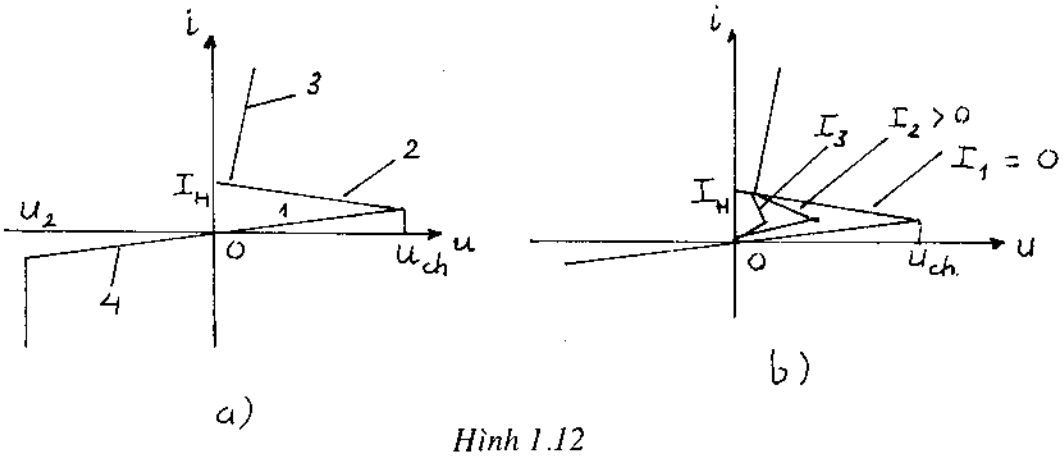
Sơ đồ khoá tiristor bằng điện áp ngược như trên hình 1.11:

+ Khoá tiristorr bằng cách ấn nút K_1 (hình 1.11b), khi đó điện áp trên tụ C được nạp với điện áp. Khi tiristor mở, có chiều như hình vẽ, sẽ đặt ngược lên tiristor làm T bị khóa.

+ Khoá T_1 bằng cách mở T_2: Khi T_1 mở tụ C được nạp đến điện áp E theo đường: $E \rightarrow R_2 \rightarrow C \rightarrow T_1$ và có cực tính như hình vẽ. Khi ta cho xung mở T_2, điện áp từ tụ C đặt ngược lên T_1 làm T_1 bị khoá. Khi này tụ C lại được nạp theo chiều ngược lại đến điện áp E theo đường: $E \rightarrow R_1 \rightarrow C \rightarrow T_2$ và có cực tính ngược lại để khi ta cho xung mở T_1 thì điện áp này đặt ngược lên T_2 để khoá T_2.

1.3. Đặc tính Vôn -Ampe

Gồm bốn đoạn:



Hình 1.12

- Đoạn 1 ứng với trạng thái khoá của tiristor, chỉ có dòng điện rò chảy qua tiristorr. Khi tăng U đến U_{ch} (điện áp chuyển trạng thái) T chuyển sang trạng thái mở.

- Đoạn 2 ứng với J_2 được phân cực thuận, là đoạn điện trở âm: Chỉ với một lượng tăng rất ít của dòng điện cũng làm điện áp trên tiristor giảm nhiều.

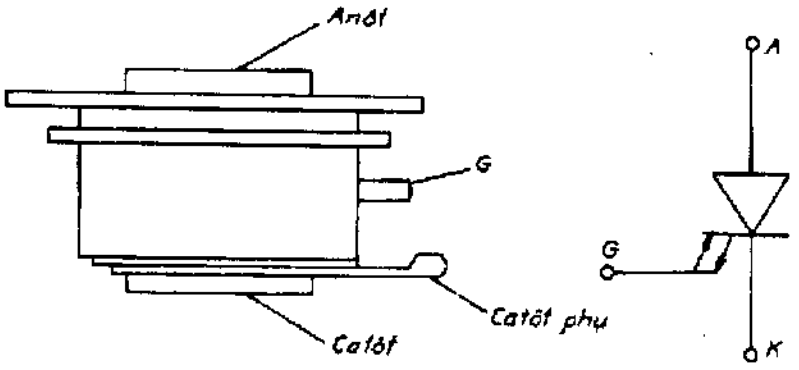
- Đoạn 3 ứng với trạng thái mở tiristor. khi này cả ba mặt ghép đã dẫn điện hoàn toàn, dòng qua T chỉ bị hạn chế bởi điện trở mạch ngoài, điện áp rơi trên tiristor rất nhỏ (khoảng 1V). tiristor giữ nguyên trạng thái này khi $i > I_H$.

- Đoạn 4 tiristor được đặt điện áp ngược, dòng điện ngược rất nhỏ. Nếu

điện áp ngược được tăng đến $U = U_Z$ thì dòng qua tiristor tăng mạnh, các mặt ghép của tiristor bị chọc thủng và bị phá hỏng.

2. Tiristor khoá được bằng cực điều khiển GTO

Một tiristor thông thường cực điều khiển chỉ được dùng để xác lập thời điểm mở cho dòng chảy qua và trạng thái mở được duy trì khi nào dòng điện qua nó còn lớn hơn hay bằng dòng duy trì I_H.



Hình 1.13

Đối với GTO việc kích mở và cắt dòng qua nó được thực hiện từ cực điều khiển

Ưu điểm của GTO:

- Cấu hình mạch công suất đơn giản hơn.
- Thể tích và trọng lượng nhỏ hơn.
- Không gây ra nhiễu điện và nhiễu âm.
- Không có tổn thất chuyển mạch.
- Hiệu suất cao.

Mở GTO: Được thực hiện giống tiristor thông thường.

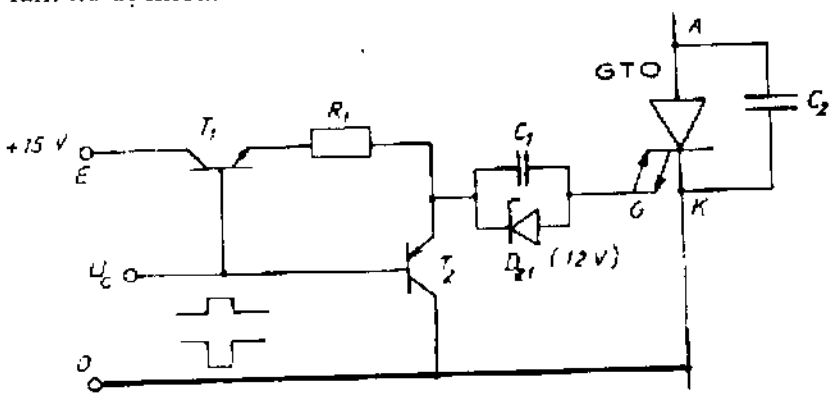
Khoá GTO: Để khoá GTO, người ta đặt một điện áp âm (so với katốt) vào cực điều khiển.

Mạch điện đơn giản điều khiển kích mở và khoá GTO được trình bày trên hình 1.14

Khi Uc là một xung áp dương, tranzito T_1 mở, dòng điện từ nguồn E chảy vào cực G từ $E_{(+)} \rightarrow T_1 \rightarrow R_1 \rightarrow C_1$, GTO mở cho dòng chảy qua. Tụ điện C_1

được nạp đến điện áp 12V.

- Khi Uc là một xung âm, T_1 khoá, T_2 mở, tụ C đặt điện áp âm lên cực G của GTO làm nó bị khoá.

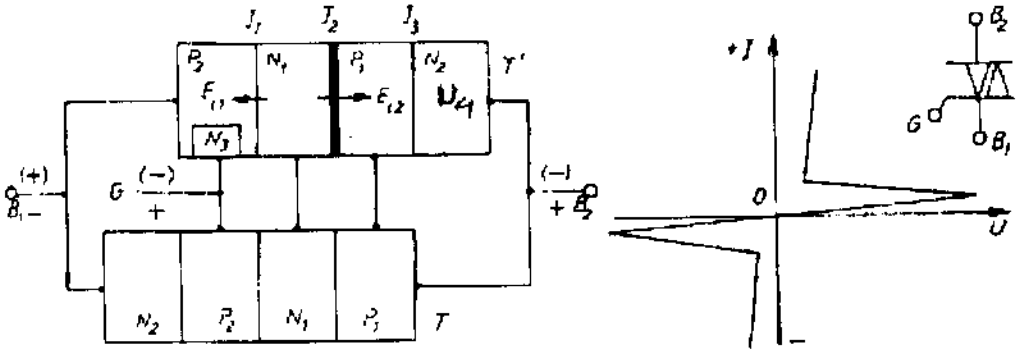


Hình 1.14

IV. TRIAC (TRIODE ALTERNATIVE CURRENT)

Triac là thiết bị bán dẫn có ba cực, năm mặt ghép J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, cho phép dòng điện đi qua theo cả hai chiều. Khi thay đổi góc mở α ta có thể thay đổi điện áp xoay chiều trung bình trên đầu ra. Triac được dùng nhiều để điều chỉnh ánh sáng, nhiệt độ lò điện.

Cấu trúc và ký hiệu: Triac có cấu trúc tương đương hai tiristor đấu song song ngược có cùng cực điều khiển (hình 1.15).



Hình 1.15.

Khi B_2 (+), B_1 (-) thì có thể mở cho T dẫn dòng

Khi B_2 (-), B_1 (+) thì có thể mở cho T' dẫn dòng

Cũng như tiristorr, triac sau khi được mở sẽ tiếp tục mở và chỉ bị khoá lại khi dòng điện qua nó giảm nhỏ hơn dòng duy trì.

Câu hỏi

1. Mặt ghép P-N là gì ? Khi ghép hai miếng bán dẫn P và N vào với nhau sẽ xảy ra hiện tượng gì ?

1.Thế nào là phân cực thuận, phân cực ngược của điốt ?

2.Nêu cấu tạo và đặc tính vôn- ampe của trazito công suất. Trong điện tử công suất người ta sử dụng tranzito như thế nào ?

3.Tranzito MOS công suất khác tranzito lưỡng cực thế nào ?

4.Cấu tạo, nguyên lý hoạt động và cách mở, khoá tiristor.

5.GTO có đặc điểm khác tiristor ở điểm gì ?

6. Cấu tạo triac. Khi nào thì triac đóng, mở ?

Chương 2

CHỈNH LƯU CÔNG SUẤT

Mục tiêu

Đi sâu phân tích các sơ đồ chỉnh lưu công suất không điều khiển và có điều khiển một pha và ba pha với các phụ tải khác nhau, từ đó vẽ được dạng sóng đầu ra bộ chỉnh lưu

I. CHỈNH LƯU KHÔNG ĐIỀU KHIỂN

1 Chỉnh lưu một pha

a. Chỉnh lưu 1 pha một nửa chu kỳ:

Sơ đồ chỉnh lưu một pha một nửa chu kỳ như hình 2.1:

Điện áp thứ cấp máy biến áp là:

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$$

Khi tải thuần trở ta có:

+ Trong khoảng từ $0 \div \pi$ điện áp u_2 (+), điện thế điểm A (+) so với điểm B, điốt D thông sẽ có dòng chảy từ A qua $D \rightarrow R \rightarrow B$

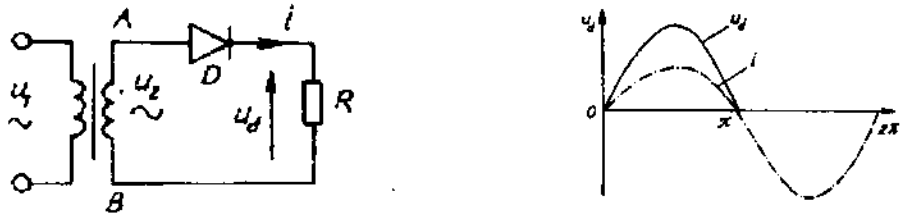
Nếu coi điện áp rơi trên điốt D là: $u_D = 0$, ta có

$$u_d = u_2 \rightarrow u_d = iR = \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t \rightarrow$$

$$i = \frac{\sqrt{2}U_2}{R} \sin \omega t$$

Dòng điện sẽ có dạng hình sin và trùng pha với u.

+ Trong khoảng từ $\pi \div 2\pi$ điện áp u_2 (-), điện thế điểm A (-) so với điểm B, điốt D bị đặt ngược điện áp và khoá không cho dòng đi qua nên $i = 0 \rightarrow u_d = 0$.



Hình 2.1

Điện áp ngược cực đại đặt lên điốt là:

$$U_{n.m} = U_{2max} = \sqrt{2}\,U_2$$

Giá trị trung bình trong 1 chu kỳ của điện áp chỉnh lưu là:

$$U_d = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\sqrt{2}U_2 \sin\omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0{,}45\sqrt{2}$$

Giá trị trung bình dòng điện qua tải là:

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi R}$$

Giá trị hiệu dụng dòng thứ cấp máy biến áp là:

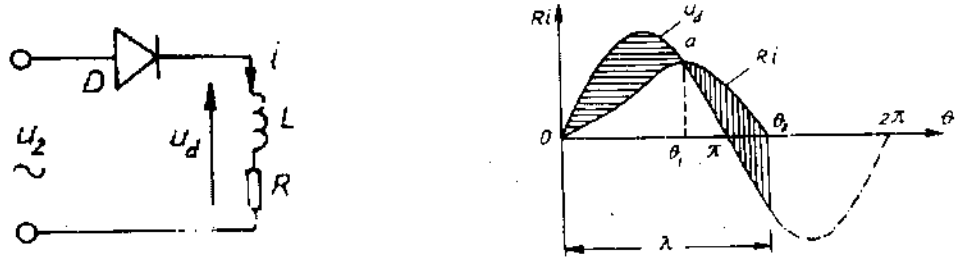
$$I = I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}\left(\frac{\sqrt{2}U_2 \sin\theta}{R}\right)^2 d\theta} = \frac{U_2}{\sqrt{2}R}$$

- Khi tải là R + L: Hình 2.2

Do có cuộn cảm nên khi dòng điện biến thiên, trong cuộn cảm xuất hiện s.đ.đ tự cảm e = -l di/dt. Theo định luật Kiếcchốp II cho mạch vòng ta có:

$$u_2 + e = Ri$$

Khi u_d tăng, Ri tăng chậm hơn u_d một lượng e (phần gạch chéo) do lúc này di/dt > 0 nên e < 0, vì vậy cuộn cảm tích luỹ năng lượng.



Hình 2.2

Đến điểm a dòng đạt cực đại sau đó giảm dần, du/dt < 0, s.đ.đ tự cảm đổi chiều. Đến điểm b: $e = - u_2$, điốt D bị khoá nên i = 0. Như vậy, dòng i sẽ được duy trì trong đoạn từ $\pi \div \theta_2$ mặc dù u_2 đã đổi chiều.

1.2. Chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ

- Sơ đồ máy biến áp thứ cấp có điểm giữa (Hình 2.3)

Điện áp thứ cấp:

$$u_{21} = \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t; \qquad u_{22} = - \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t$$

Ta có u_{21} và u_{22} ngược pha nhau. Khi điểm A có điện thế (+) u_{21} đặt điện áp thuận lên điốt D_1 thì điểm B có điện thế (-), u_{22} đặt điện áp ngược lên D_2.Ta có:

+ Trong khoảng từ $(0 \div \pi)$: u_{21} (+) D_1 mở u_{22} (-) D_2 khoá.

Dòng qua D_1 là:

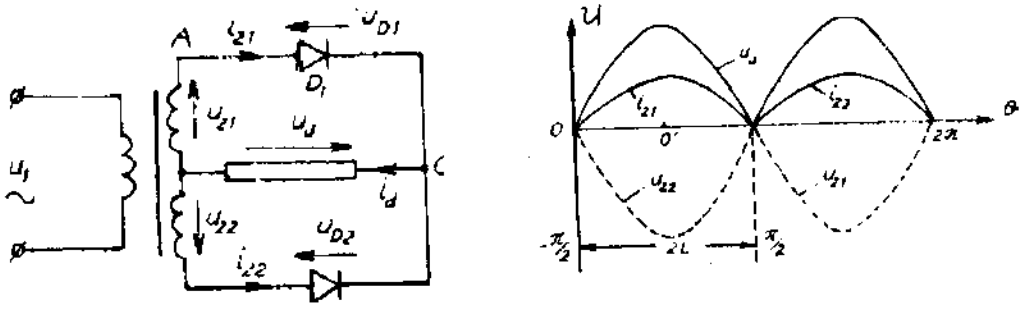
$$i_{21} = i_{D1} = i_d = \frac{u_{21}}{R} = \frac{\sqrt{2}U_2}{R} \sin\omega t$$

Điện áp ngược đặt lên D_2 là: Do D_1 mở, coi điện áp rơi trên điện trở thuận của D_1 bằng 0 khi đó điện thế điểm A sẽ đặt vào katốt của D_2 nên điện áp ngược đặt lên D_2 là

$$u_{D2} = u_{22} - u_{21} = -2\sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t.$$

Điện áp ngược cực đại đặt lên D_2 là: $U_{nm} = -2\sqrt{2}\, U_2$

+ Trong khoảng từ $(\pi \div 2\pi)$: u_{21} (-) và đặt ngược điện áp lên D_1, u_{22} (+) và đặt điện áp thuận lên D_2, D_2 mở và D_1 khoá.



Hình 2.3.

+ Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u_d d(\omega t) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_2$$

+ Giá trị trung bình dòng tải:

$$I_d = \frac{U_d}{R} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi R}U_2$$

+ Giá trị trung bình dòng qua điốt:

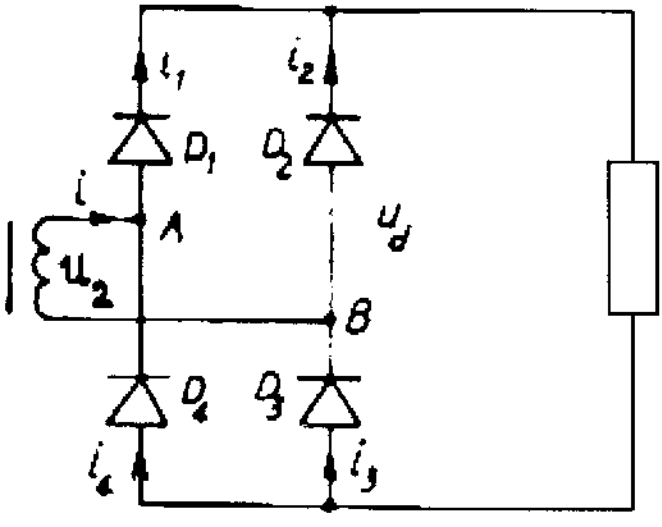
$$I_D = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \frac{2\sqrt{2}}{R}\sin\omega t d\omega t = \frac{I_d}{2}$$

Nhận xét:

- Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu và dòng điện qua tải lớn gấp 2 lần ở sơ đồ chỉnh lưu nửa chu kỳ.

- Điện áp nguồn cực đại đặt lên điốt khi khoá cũng lớn gấp 2 lần ở chỉnh lưu 1/2 chu kỳ.

Sơ đồ cầu:



Hình 2.4. Sơ đồ chỉnh lưu một pha hình cầu

Hoạt động của sơ đồ:

+ Trong khoảng từ (0 ÷π): $u_2 > 0$ và có cực tính (+) ở A, (-) ở B, D_1 và D_3 mở cho dòng qua theo đường: A → D_1 → R → D_3 →B; D_2 và D_4 bị khoá.

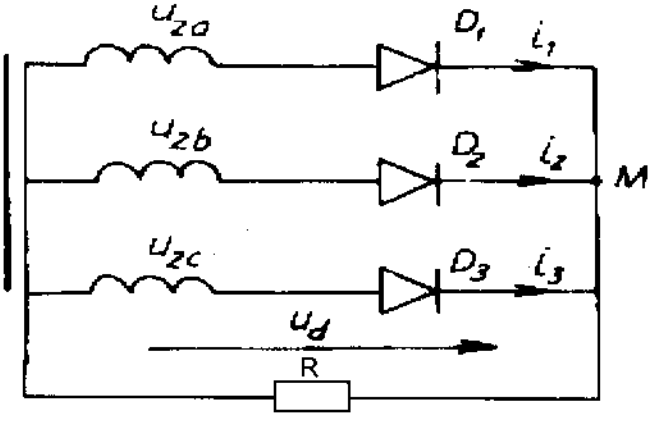
+ Trong khoảng từ (π ÷ 2π): $u_2 < 0$ và có cực tính (+) ở B, (-) ở A, D_2 và D_4 mở cho dòng qua theo đường: B → D_2 → R → D_4 →A; D_1 và D_3 bị khoá.

Giá trị trung bình điện áp và dòng điện trên tải là U_d và I_d như ở trường hợp máy biến áp thứ cấp có điểm giữa.

+ Điện áp ngược cực đại đặt lên các van bằng một nửa trong trường hợp máy biến áp thứ cấp có điểm giữa.

2. Chỉnh lưu ba pha

2.1. Chỉnh lưu hình tia



Hình 2.5.

Điện áp thứ cấp máy biến áp là.

$$u_{2a} = \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t$$

$$u_{2b} = \sqrt{2}\, U_2 \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

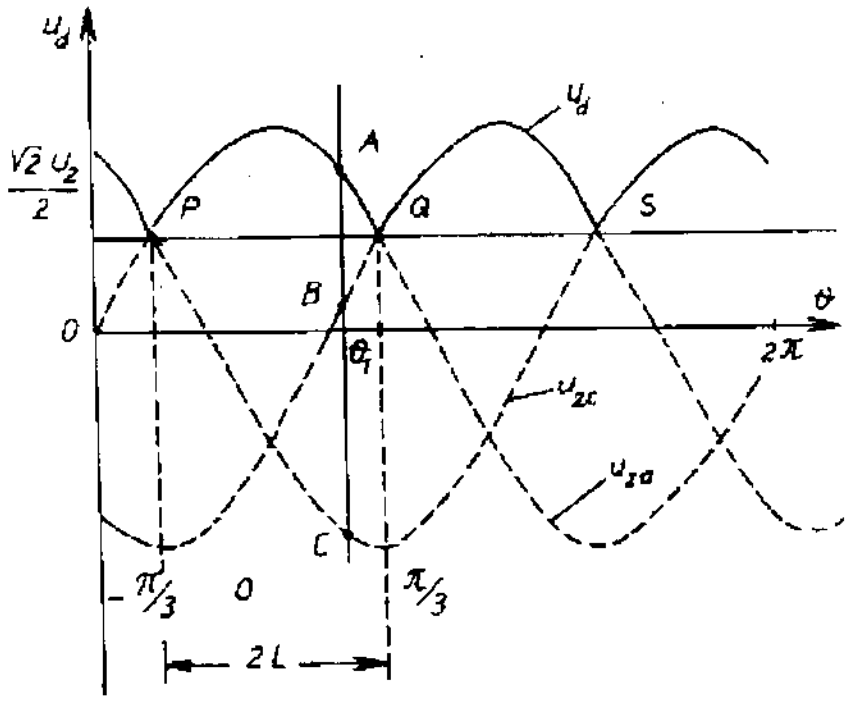
$$u_{2c} = \sqrt{2}\, U_2 \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Ba điốt D_1 D_2 D_3 có katốt được nối chung nên chỉ có điốt nào có anốt được nối với điện áp (+) lớn nhất thì điốt đó mở.

Ta có đồ thị thời gian như hình 2.6.

Xét tại thời điểm ứng với θ_1 ta có: $u_A > u_B > u_C$ nên D_1 mở cho dòng chảy qua. Do D_1 mở nên điện thế điểm M là $u_M = u_{2a}$ nên D_2 và D_3 khoá do có điện thế katốt lớn hơn anốt.

Như vậy: Từ $\pi/6 < \theta < 5\pi/6$ D_1 mở, D_2 và D_3 khoá.



Hình 2.6

Từ $5\pi/6 < \theta < 9\pi/6$ D_2 mở, D_1 và D_3 khoá

Từ $9\pi/6 < \theta < 13\pi/6$ D_3 mở, D_2 và D_1 khoá.

Như vậy mỗi điốt mở trong khoảng 1/3 chu kỳ

- Giá trị trung bình điện áp trên tải:
- Điện áp ngược cực đại đặt lên điốt:

$$U_d = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u_d d\omega t = \frac{3}{2\pi}\int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{6}U_2}{2\pi} = 1{,}17U_2$$

Xét trường hợp D_1 mở, điện áp ngược đặt lên D_2 là $u_n = u_{2a} - u_{2b} = u_{ab}$, do đó điện áp ngược cực đại đặt lên D_2 là

$U_{nm} = \sqrt{2}.\sqrt{3}.U_2 = \sqrt{6}\,U_2 = 2{,}45\,U_2$

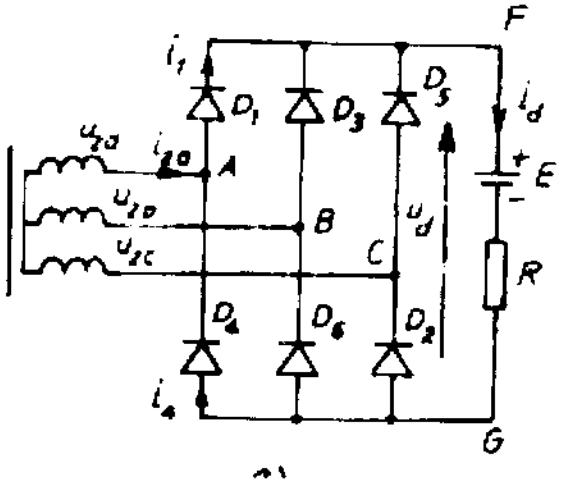
- Giá trị trung bình dòng trên tải:

$$I_d = U_d / R = 1{,}17U_2 / R$$

Giá trị trung bình dòng chảy qua điốt:

2.2. Sơ đồ hình cầu ba pha

$$I_D = \frac{1}{2\pi}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\frac{\sqrt{2}U_2\sin\theta - E}{R}d\theta = \frac{I_d}{3}$$



Hình 2.7.

Điện áp thứ cấp máy biến áp ba pha là:

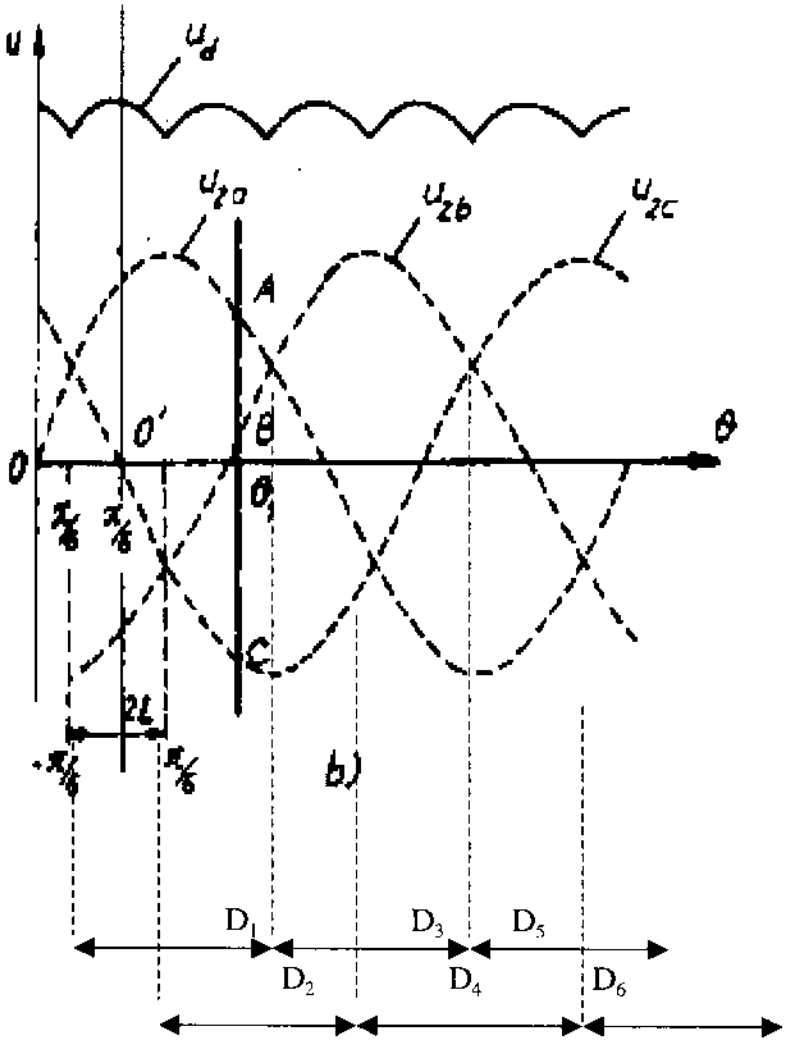
$$u_{2a} = \sqrt{2}\,U_2\sin\omega t$$

$$u_{2b} = \sqrt{2}\,U_2\sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$u_{2c} = \sqrt{2}\,U_2\sin(\omega t - 4\pi/3)$$

- Trong khoảng từ $\pi/6 \div 3\pi/6$: $u_{2a} > u_{2b} > u_{2c}$ nên D_1 mở, điện thế điểm F bằng điện thế điểm A do đó D_3 và D_5 bị khoá do có điện thế kanốt lơn hơn điện thế anốt. Đồng thời $u_{2b} < u_{2c} < u_{2a}$ nên D_6 mở, D_4 và D_2 khoá. Dòng qua tải theo đường: Điểm A $\rightarrow D_1 \rightarrow R_1 \rightarrow D_6 \rightarrow$B.

-Trong khoảng từ $3\pi/6 \div 5\pi/6$: D_1 vẫn mở, D_3 và D_5 vẫn bị khoá. Nhưng lúc này $u_{2c} < u_{2b} < u_{2a}$ nên D_2 mở, D_4 và D_6 khoá, dòng qua tải theo đường: Điểm A $\rightarrow D_1 \rightarrow R_1 \rightarrow D_2 \rightarrow$B.



Hình 2.8.

Ta có các khoảng thời gian mở của các điốt như hình 11.8.

- Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} u_d d\omega t = \frac{6}{2\pi}\int_{\pi/6}^{3\pi/6}(u_{2a} - u_{2b})d\omega t = \frac{6}{2\pi}\int_{-\pi/6}^{\pi/6}\sqrt{3}\sqrt{2}U_2\cos\omega t d\omega t$$

$$= \frac{3\sqrt{6}U_2}{\pi} = 2{,}34U_2$$

- Điện áp ngược lớn nhất đặt lên điốt: $U_{ngmax} = \sqrt{6}\,U_2 = 2{,}45U_2$

- Giá trị trung bình dòng qua tải: $I_d = U_d / R = 2{,}34U_2/R$

- Giá trị trung bình dòng qua mỗi điốt: $I_D = I_d / 3$

II. CHỈNH LƯU CÓ ĐIỀU KHIỂN

1. Khái niệm chỉnh lưu có điều khiển

- Từ mạch chỉnh lưu không điều khiển ta thay các điốt bằng các tiristorr ta được mạch chỉnh lưu có điều khiển.

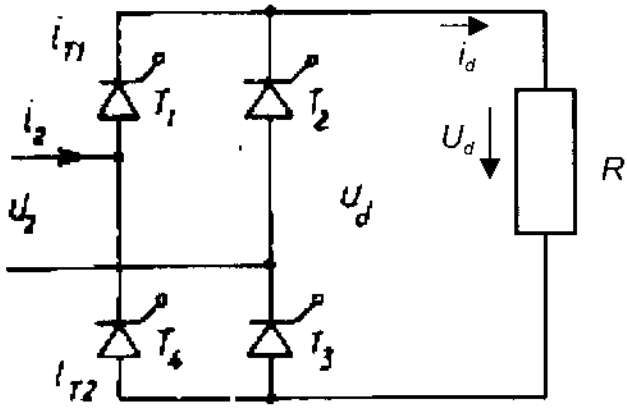
- Tiristorr chỉ mở cho dòng đi qua khi có đồng thời cả hai điều kiện: $u_{AK} > 0$ và $I_g > 0$.

- Khi ta thay đổi thời điểm mở của các tiristor bằng cách thay đổi thời điểm đưa xung (+) vào cực điều khiển khi điện áp giữa anốt và katốt $u_{AK} > 0$ ta sẽ điều chỉnh được giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu U_d.

- Góc mà tiristorr mở chậm hơn so với điốt trong mạch tương ứng gọi là góc mở α của tiristorr.

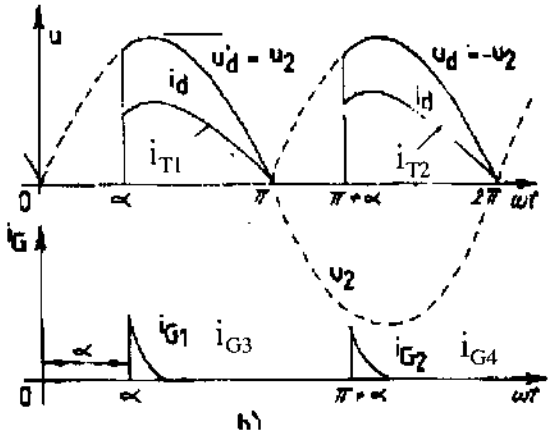
2. Chỉnh lưu một pha có điều khiển

Xét sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển khi tải là thuần trở (Hình 2.9):



Hình 2.9

Các tiristor được điều khiển bằng các xung tương ứng i_{G1}, i_{G2}, i_{G3}, i_{G4} có chu kỳ cùng với chu kỳ điện áp thứ cấp máy biến áp (Hình 2.10).



Hình 2.10

Điện áp thứ cấp máy biến áp: $u_2 = \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t$

- Tại nửa chu kỳ đầu của điện áp cung cấp, khi $\omega t = \alpha$ ta cho xung dương tại cực điều khiển để mở T_1 và T_3, điện áp trên tải $u_d = u_2$. Hai tiristor này tự khoá lại khi $u_2 = 0$.

- Tại nửa chu kỳ sau của u_2, T_2 và T_4 được phân cực thuận.

Khi $\omega t = (\pi + \alpha)$ ta cho xung mở T_2 và T_4, T_2 và T_4 mở. Tại $\omega t = 2\pi$ các tiristor này tự khoá lại do $u_2 = 0$.

- Dòng trên tải là dòng gián đoạn.

- Giá trị trung bình điện áp trên tải:

$$U_d = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi}\sqrt{2}U_2 \sin\omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi}(1+\cos\alpha)$$

Khi α thay đổi từ $(0 \div \pi)$ thì U_d thay đổi từ $U_d = 2\sqrt{2}U_2 / \pi$ đến $U_2 = 0$, tức là thay đổi góc mở α có thể thay đổi được giá trị điện áp chỉnh lưu.

- Giá trị trung bình dòng trên tải: $I_d = U_d / R$

- Giá trị trung bình dòng qua tiristor:

$$I_T = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi}\frac{\sqrt{2}U_2}{R}\sin\omega t d\omega t = \frac{U_d}{2R} = \frac{I_d}{2}$$

3. Chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển

Xét sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển tải thuần trở (Hình 2.11)

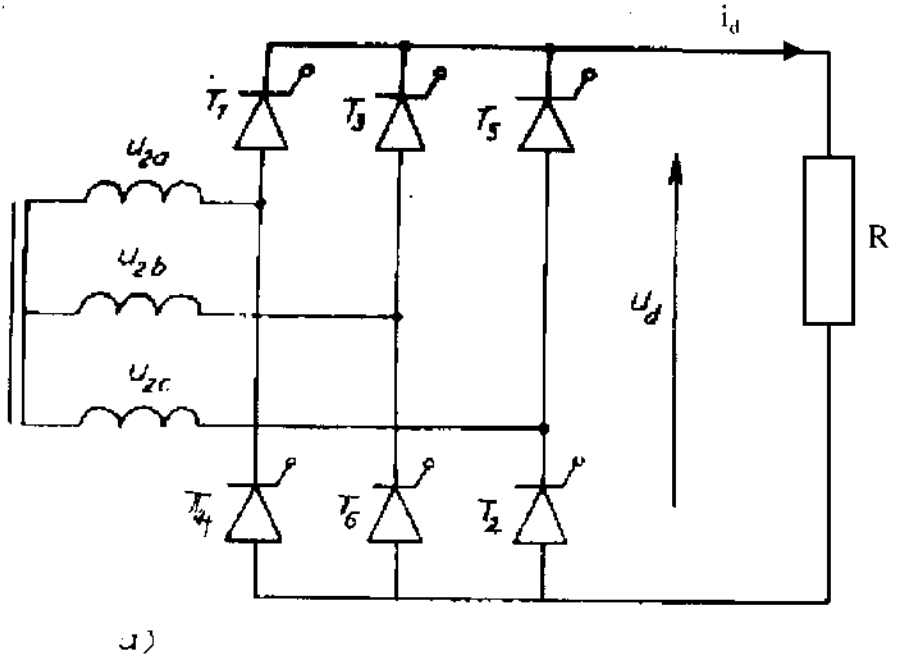
Điện áp thứ cấp máy biến áp:

$$u_{2a} = \sqrt{2}\, U_2 \sin\omega t$$
$$u_{2b} = \sqrt{2}\, U_2 \sin(\omega t - 2\pi/3)$$
$$u_{2c} = \sqrt{2}\, U_2 \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Góc mở α được tính từ giao điểm các nửa hình sin

Giả thiết tại thời điểm tương đương ωt_1 (hình II.12), T_5 và T_6 đang mở.

Khi $\omega t = (\pi/6 + \alpha)$ ta cho xung mở T_1, T_1 sẽ mở vì khi T_5 mở điện thế điểm F là $V_F = u_{2c} < u_{2a}$. Đồng thời khi T_1 mở thì $V_F = u_{2a} > u_{2c}$ làm T_5 khoá lại do katốt của nó dương hơn anốt, dòng điện đang chảy qua T_5 T_6 sẽ chuyển sang chảy qua T_1 T_6.



a)

Hình 2.11.

Điện áp trên tải: $u_d = u_{ab} = u_{2a} - u_{2b}$.

Khi $\omega t = (\pi/2 + \alpha)$ ta cho xung mở T_2, T_2 sẽ mở do lúc này katốt T_2 âm hơn điểm G vì điện thế điểm G là $V_G = u_{2b} > u_{2c}$. Đồng thời với T_2 mở T_6 sẽ bị khoá một cách tự nhiên vì $V_G = u_{2c} < u_{2b}$.

Khoảng thời gian mở các van được trình bày trên hình 2.12.

Trong mỗi nhóm van (nhóm anốt chung và nhóm katốt chung) khi một tiristor mở sẽ khoá ngay tiristor đang dẫn dòng trước nó.

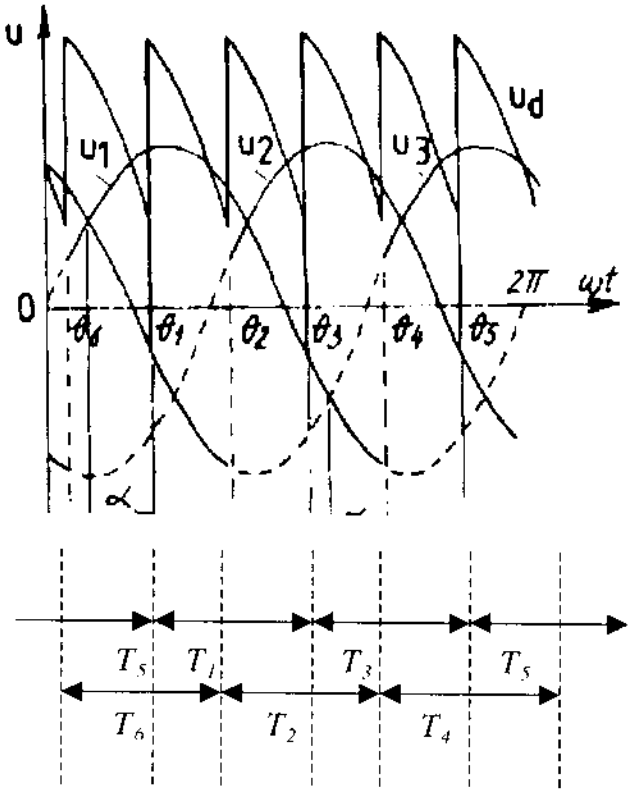
Điện áp trên tải u_d có dạng như hình 2.12 là khoảng cách theo trục u của đường bao.

Giá trị trung bình điện áp trên tải:

$$U_d = \frac{6}{2\pi}\int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{2}+\alpha}\sqrt{3}\sqrt{2}U_2 \sin\omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{6}}{\pi}U_2\cos\alpha$$

Giá trị trung bình dòng qua tải: $I_d = U_d / R$.

Giá trị trung bình dòng qua tiristor: Dòng qua tiristor đang mở bằng dòng tải, mà mỗi chu kỳ một tiristor chỉ mở trong khoảng 1/3 chu kỳ nên giá trị trung bình dòng qua tiristorr $I_T = I_d/3$.



Hình 2.12.

Câu hỏi

1. Phân tích sơ đồ và dạng sóng ra của chỉnh lưu một pha một nửa chu kỳ

2. Chỉnh lưu một pha hai nửa chu kỳ máy biến áp có điểm giữa có đặc điểm gì ?

3. Chỉnh lưu cầu một pha hai nửa chu kỳ có ưu nhược điểm gì so với chỉnh lưu máy biến áp có điểm giữa.

4. Vẽ dạng sóng ra chỉnh lưu hình tia và chỉnh lưu cầu ba pha không điều khiển.

5. Vẽ dạng sóng ra chỉnh lưu cầu một pha có điều khiển, góc mở bằng 30^0.

6.Vẽ dạng sóng ra chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển, góc mở bằng 30^0.

Chương 3

BỘ BĂM ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU

Mục tiêu

Đi sâu phân tích nguyên lý hoạt động bộ băm điện áp một chiều nối tiếp, song song từ đó phân tích ứng dụng của nó trong điều khiển động cơ điện một chiều.

I. BỘ BĂM ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU NỐI TIẾP

1. Khái niệm

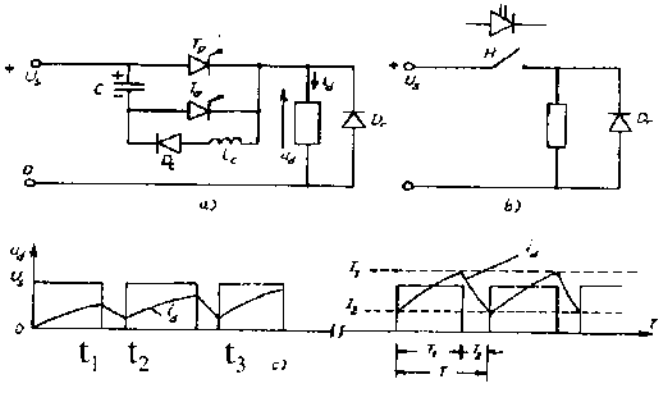
- Bộ băm điện áp một chiều cho phép từ điện áp một chiều không đổi U_s tạo ra các xung điện áp một chiều có trị số trung bình U_d có thể điều chỉnh được.

- Bộ băm điện áp một chiều có thể coi như một công tắc tơ tĩnh đóng mở liên tục một cách có chu kỳ.

- Ký hiệu bộ băm điện áp một chiều là một tiếp điểm mở kèm theo chữ H và một tiristorr có hai cực điều khiển

2. Bộ băm điện áp một chiều nối tiếp:

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 3.1

Nguyên lý làm việc:

Sơ đồ gồm hai tiristorr (Hình 3.1a) trong đó T_p là tiristorr chính, T_a là tiristorr phụ để khoá T_p. Cuộn cảm L_c, điốt D_c là mạch nạp cho tụ C. D_r làm nhiệm vụ duy trì dòng qua tải khi T_p bị ngắt.

Ở trạng thái ban đầu T_p và T_a chưa dẫn dòng, điện áp tụ C bằng 0.

Đầu tiên để khởi động hệ thống ta phải cho xung điều khiển mở T_a, tụ C được nạp điện với cực tính như hình vẽ. Khi tụ C được nạp đầy ($U_c = U_s$) T_a tự động khoá lại

- Tại thời điểm ban đầu, khi tụ C đã nạp đầy, ta cho xung điều khiển mở T_p, điện áp trên tải $U_d = U_s$. Tụ C lúc này phóng điện qua mạch L_c, D_c và được nạp theo chiều ngược lại theo nguyên tắc của mạch dao động.

- Tại thời điểm $t = t_1$, muốn khoá T_p ta cho xung điều khiển mở T_a, điện áp trên tụ C qua T_a được đặt ngược lên T_p làm T_p bị khoá, do đó điện áp trên tải $U_d = 0$. Do T_a dẫn dòng nên tụ C lại được nạp theo chiều ngược lại và khi $U_c = U_s$ thì T_a lại tự động khoá lại.

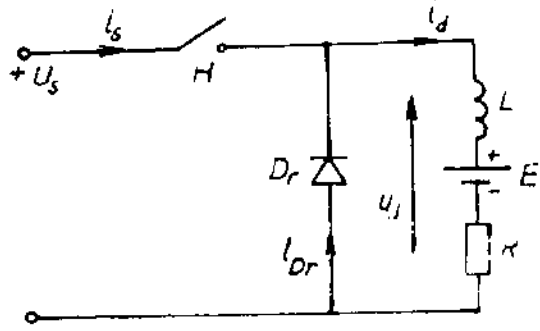
- Tại thời điểm $t = t_2$ ta cho xung mở T_p, quá trình lặp lại. Sau một số chu kỳ dòng tải i_d sẽ dao động giữa 2 giá trị I_1 và I_2.

Ta có thể điều chỉnh độ rộng xung T_1 bằng cách thay đổi thời gian mở T_p

Chu kỳ băm xung T tương ứng với khoảng thời gian giữa hai xung liên tiếp mở T_p. Hệ số lấp đầy xung điện áp: $\varepsilon = T_1 / T$.

Dòng điện qua tải trong trường hợp tải là động cơ điện một chiều:

Khi tải mạch băm là phần ứng động cơ điện một chiều ta có tải sẽ gồm điện trở phần ứng R, điện cảm mạch phần ứng L và sức phản điện động E (Hình 3.2).



Hình 3.2

Từ sơ đồ ta có: khi H hoạt động thì phương trình cân bằng điện áp theo định luật Kiếckhốp II là:

$u_d = u_L + u_R + E$

$= Ldi_d/dt + Ri_d + E$

Khi H đóng $(0 < t < t_1)$, $U_d = U_s$ ta có:

$u_s = Ldi_d/dt + Ri_d + E$

Khi H mở $(t_1 < t < t_2)$, $U_d = 0$ ta có:

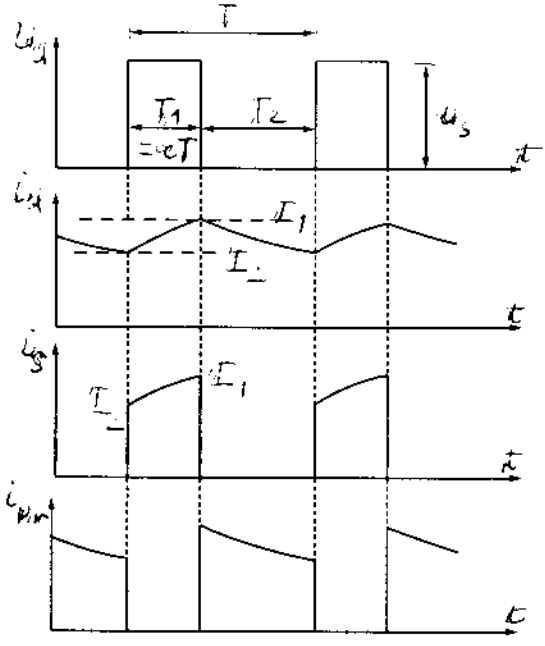
$0 = Ldi_d/dt + Ri_d + E$

Giá trị trung bình điện áp trên tải xác định từ biểu thức:

$$\frac{1}{T}\int_0^T udt = \frac{1}{T}\int_0^T L\frac{di}{dt}dt + \frac{1}{T}\int_0^T Ri_d dt + \frac{1}{T}\int_0^T Edt$$

$\rightarrow U_d = 0 + RI_d + E \quad \rightarrow \quad \varepsilon U = RI_d + E \rightarrow \quad I_d = (\varepsilon U - E)/R$

Trong khoảng T_1, H đóng dòng điện trên tải $i_d = i_s$, do có cuộn cảm nên dòng điện tăng theo hàm mũ, năng lượng tích luỹ trong L. Trong khoảng T_2, H mở năng lượng tích luỹ trong L sẽ phóng qua D_r, dòng tải $i_d = i_{Dr}$ và giảm dần. Ta có đồ thị i_d, i_S, i_{Dr} như hình 3.3:



Hình 3.3

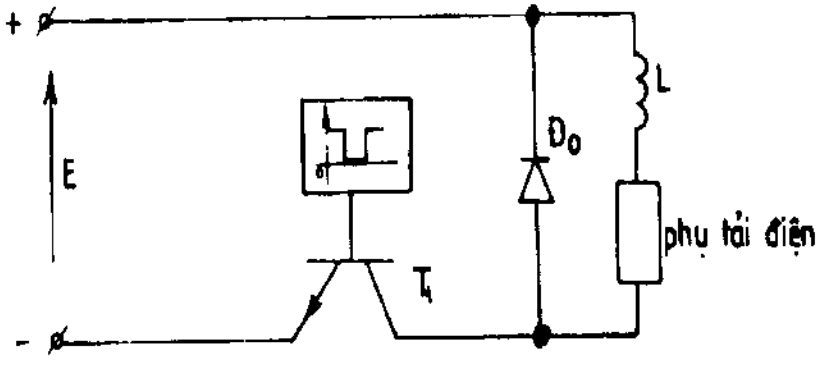
Bộ băm điện áp một chiều dùng tranzitor:

Nhược điểm của bộ băm điện áp một chiều dùng tiristorr là không đạt được tần số băm lớn (thường f < 500hz). Khi muốn có tần số lớn ta phải sử dụng bộ băm điện áp dùng tranzito.

Các bộ băm dùng trazito không cần mạch khoá như tiristor nên đơn giản về cấu tạo và đạt được tần số lớn, do đó giá trị cuộn cảm L chỉ cần nhỏ cũng tạo được giá trị dòng tải một chiều có trị số không đôi ($I_{max} \approx I_{min}$).

Nhược điểm bộ băm điện áp dùng tranzito là có công suất nhỏ hơn dùng tiristor.

Sơ đồ nguyên lý:



Hình 3.4

Trazito T_1 mắc nối tiếp với tải, đượcđóng ngắt một cách chu kỳ nhờ nguồn tín hiệu xung đặt vào cực gốc của nó.

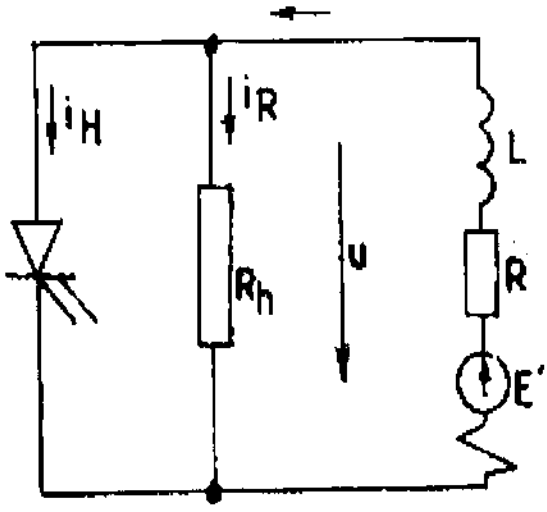
II. BỘ BĂM ĐIỆN ÁP MỘT CHIỀU SONG SONG

Trong điều khiển động cơ điện một chiều, để thực hiện hãm động năng và hãm tái sinh người ta dùng sơ đồ ghép bộ băm một chiều song song với tải.

1. Mạch ghép song song bộ băm điện áp một chiều để hãm động năng động cơ điện một chiều:

Để hãm động năng động cơ điện một chiều, ta ngắt mạch nguồn cung cấp cho phần ứng động cơ và nối song song với phần ứng một điện trở hãm. Điều chỉnh điện trở hãm trong qua trình hãm một cách thích hợp sẽ giảm được thời gian hãm và đảm bảo an toàn cho động cơ.

1.1. Sơ đồ nguyên lý



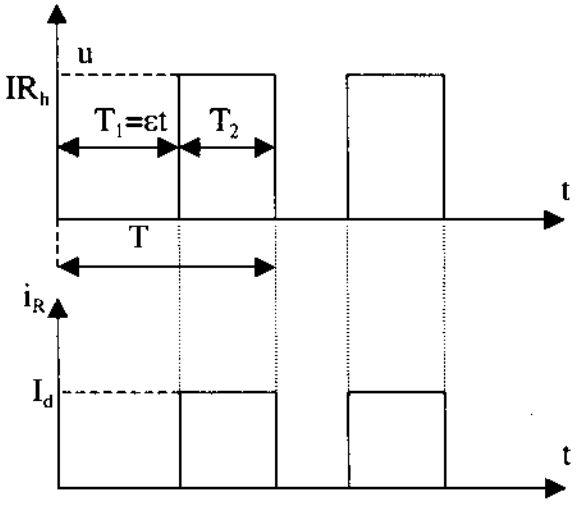
Hình 3.5

Trong sơ đồ, R_h là điện trở hãm.

L là cuộn cảm san bằng. Giả thiết L đủ lớn để dòng điện hãm là lý tưởng:

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

1.2. Nguyên lý hoạt động



Hình 3.6

Trong khoảng thời gian $0 < t < T_1$, H đóng mạch, ta có:

$i_h = I_d$; $i_R = 0$; $u = 0$

Trong khoảng thời gian $T_1 < t < T_2$, H ngắt mạch, ta có:

$i_h = 0$; $i_R = i_d = I_d$; $u = IR_h$

Điện áp trung bình trên tải:

$$U_d = IR_h \frac{T - T_1}{T} = IR_h\left(1 - \frac{T_1}{T}\right) = IR_h(1 - \varepsilon)$$

Ta có thể coi như có một điện trở tương đương nối song song với phần ứng máy điện khi hãm là:

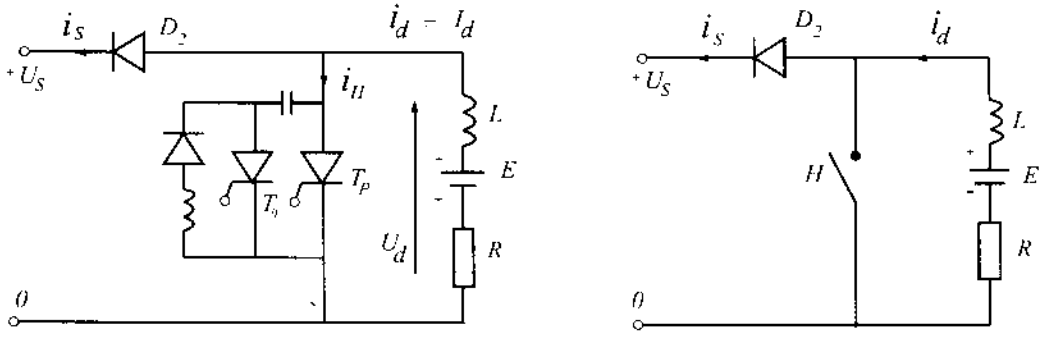
$$R_{td} = R_h(1 - \varepsilon).$$

Khi thay đổi ε ta sẽ thay đổi được điện trở hãm R_{td} theo mong muốn.

2. Mạch ghép song song bộ băm điện áp một chiều để hãm tái sinh động cơ điện một chiều:

2.1. Sơ đồ nguyên lý

Để hãm tái sinh động cơ điện một chiều ta phải giảm điện áp cấp cho động cơ sao cho s.đ.đ cảm ứng trong phần ứng động cơ lớn hơn điện áp nguồn, khi đó dòng điện phần ứng đảo chiều, động cơ làm việc ở chế độ máy phát và trả năng lượng về lưới.

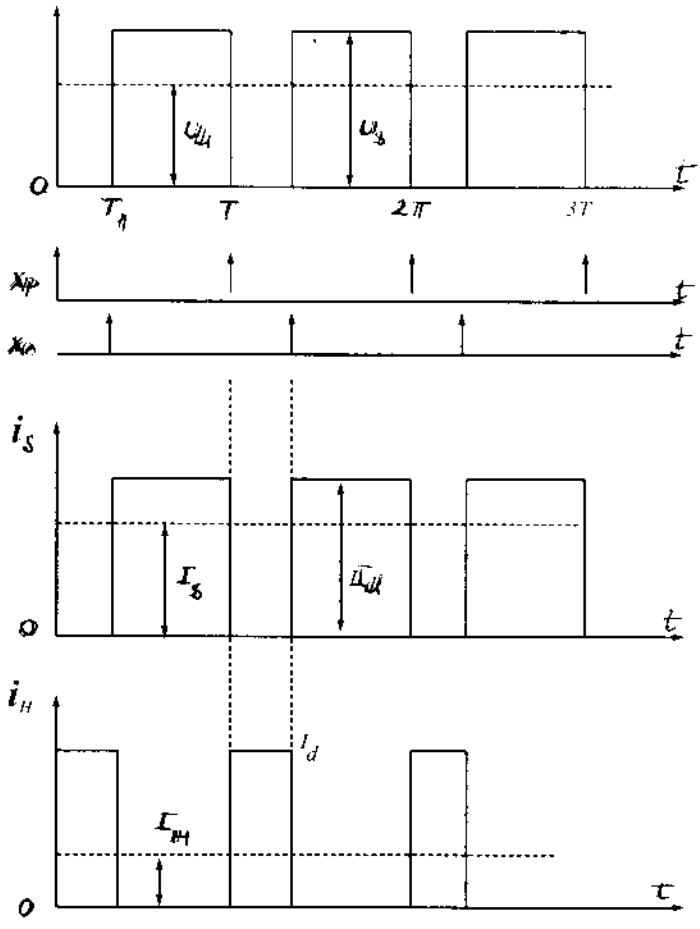


Hình 3.7

Trong sơ đồ D_2 dùng để tránh ngắn mạch nguồn U_s khi H đóng.

2.2. Nguyên lý hoạt động

Ta có đồ thị thời gian



Hình 3.8

Giả thiết L (điện cảm phần ứng động cơ và điện cảm bổ sung vào) đủ lớn để:

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

Khi $0 < t < T_1$, H đóng, điện áp trên tải: $u_d = 0$; dòng điện trên tải: $i_d = I_d = i_H$

Dòng điện qua van D_2 để trả năng lượng về nguồn: $i_s = 0$

Khi $T_1 < t < T$, H mở, điện áp trên tải: $u_d = U_s$; dòng điện trên tải: $i_d = I_d = i_s$. Động cơ trả năng lượng về nguồn.

Phương trình trên mạch tải có dạng (khi H mở):

$$E = Ri_d + L\frac{di_d}{dt} + u_d \rightarrow E - Ri_d - L\frac{di_d}{dt} = u_d$$

Thực tế do $L \neq \infty$ nên khi H mở dòng i_d không phải không đổi mà giảm dần. Do đó, $L.di/dt < 0$, s.đ.đ tự cảm $e = -Ldi/dt > 0$ sẽ cùng với E tạo ra dòng điện $i_d = i_s$ trả năng lượng về nguồn.

Tích phân hai vế phương trình trên ta có:

$$\frac{1}{T}\int_0^T Edt - \frac{1}{T}\int_0^T Ri_d dt - \frac{1}{T}\int_0^T L\frac{di_d}{dt}dt = \frac{1}{T}\int_0^T u_d dt$$

$\rightarrow E - RI_d = U_d \quad \rightarrow \quad I_d = (E - U_d)/R$

Trị số điện áp trung bình trên tải:

$$U_d = \frac{1}{T}\int_{\varepsilon T}^{T} U_S dt = (1-\varepsilon)U_S$$

Trị số trung bình dòng điện trả về nguồn:

$$I_S = \frac{1}{T}\int_{\varepsilon T}^{T} I_d dt = (1-\varepsilon)I_d$$

Trị số trung bình dòng chảy qua H:

$$I_H = \frac{1}{T}\int_0^{\varepsilon T} I_d dt = \varepsilon I_d$$

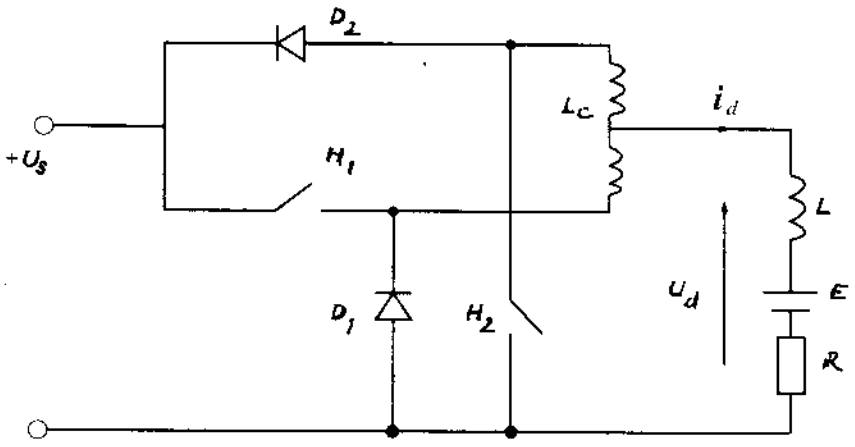
Ta có thể tác động vào dòng điện hãm tái sinh bằng cách tác động vào tỷ số chu kỳ ε.

Để có thể cấp nguồn cho động cơ một chiều làm việc ở cả chế độ động cơ và chế độ hãm tái sinh, người ta dùng hai bộ băm điện áp một chiều: một bộ nối tiếp và một bộ nối song song với động cơ như sơ đồ hình 3.9.

Do bộ băm H_1 và van D_1 nối tiếp với động cơ một chiều để điều khiển máy điện làm việc ở chế độ động cơ. Bộ băm H_2 và van D_2 nối song song để thực hiện qua trình hãm tái sinh khi động cơ một chiều làm việc ở chế độ máy phát

Dòng điện $i_d > 0$ khi H_2 luôn hở mạch còn H_1 được đóng mở một cách có chu kỳ

Dòng điện $i_d < 0$ khi H_1 luôn hở mạch còn H_2 đóng mở một cách có chu kỳ.



Hình 3.9

Câu hỏi

1. Sơ đồ nguyên lý, nguyên tắc hoạt động của bộ băm điện áp một chiều nối tiếp, song song.

2. Phân tích ứng dụng bộ băm điện áp một chiều nối tiếp, song song để điều khiển động cơ một chiều.