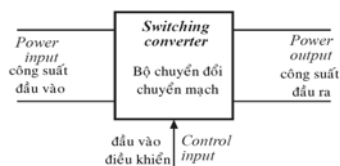


Điện tử công suất

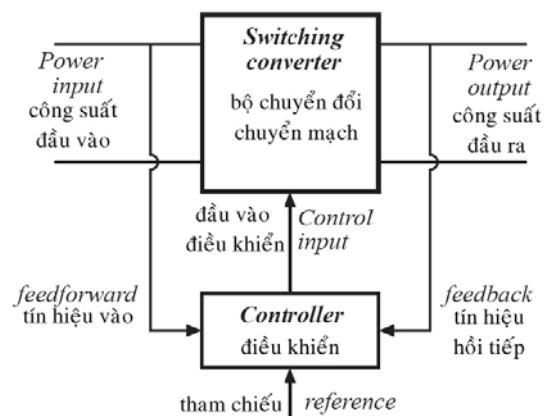
Chương 1 : Giới thiệu

1.1. CÁC KHÁI NIỆM:

- Các tên gọi của môn học: Điện tử công suất (Power Electronics) Điện tử công suất lớn. Kỹ thuật biến đổi điện năng.
- ĐTCS là một bộ phận của Điện tử ứng dụng hay Điện tử công nghiệp.
- Phân loại các bộ Biến Đổi (BBĐ - Converter) theo mục đích:
 - AC \rightarrow DC: chỉnh lưu.
 - AC \rightarrow AC: BBĐ áp AC, Biến tần.
 - DC \rightarrow DC: BBĐ áp DC.
 - DC \rightarrow AC: Nghịch lưu.



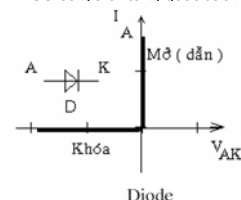
- **Bộ Biến Đổi = Mạch ĐTCS + bộ ĐIỀU KHIỂN**
- Mạch ĐTCS giới hạn ở các sơ đồ sử dụng linh kiện điện tử làm việc ở chế độ đóng ngắt, gọi là Ngắt Điện Điện Tử (NĐĐT) hay Bán Dẫn dùng cho biến đổi năng lượng điện.



- Mạch ĐTCS giới hạn ở các sơ đồ sử dụng linh kiện điện tử làm việc ở chế độ đóng ngắt, gọi là Ngắt Điện Điện Tử (NĐĐT) hay Bán Dẫn dùng cho biến đổi năng lượng điện.
- **Bộ ĐIỀU KHIỂN = Mạch điều khiển vòng kín (nếu có) + Mạch phát xung.**
- Mạch phát xung cung cấp dòng, áp điều khiển các NĐĐT để chúng có thể đóng ngắt theo trình tự mong muốn. Ví dụ Ngắt Điện Bán Dẫn: Diode, Transistor, SCR ...
- BBĐ còn có thể phân loại theo phương thức hoạt động của NĐĐT.

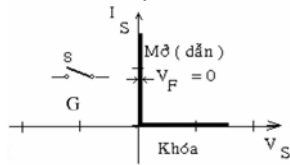
1.2 NGẮT ĐIỆN BÁN DẪN

- Còn gọi là ngắt điện điện tử (NĐĐT), hay khóa bán dẫn, là các linh kiện điện tử dùng trong mạch ĐTCS được lý tưởng hóa để các khảo sát của mạch ĐTCS có giá trị tổng quát bao quát.



- DIODE (chỉnh lưu): Phần tử dẫn điện một chiều có hai trạng thái.
 - ON khi phân cực thuận: $V_{AK} > 0$, có thể xem sụt áp thuận $V_F = 0$, dòng qua mạch phụ thuộc nguồn và các phần tử thụ động khác.
 - OFF khi phân cực ngược: $V_{AK} < 0$, có thể xem như hở mạch.

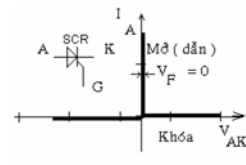
1.2 NGẮT ĐIỆN BÁN DẪN



NĐBDMC

- SCR (Chỉnh lưu có điều khiển):
 - OFF : Có thể ngắt mạch cả hai chiều ($V_{AK} > 0$ và $V_{AK} < 0$) khi không có tín hiệu điều khiển : $G = 0$.
 - ON : SCR trở nên dẫn điện (đóng mạch) khi có tín hiệu điều khiển: $G \neq 0$ và phân cực thuận $V_{AK} > 0$. Đặc biệt là SCR có khả năng tự giữ trạng thái dẫn điện: nó không cần tín hiệu G khi đã ON, SCR chỉ trở về trạng thái ngắt khi dòng qua nó giảm về 0.

1.2 NGẮT ĐIỆN BÁN DẪN



SCR

- Ngắt điện bán dẫn một chiều TRANSISTOR (NĐBDMC), gọi tắt là ngắt điện, có hoạt động như sau:
 - OFF ngắt mạch khi không có tín hiệu điều khiển: $G = 0$. Cũng như các TRANSISTOR, NĐBDMC không cho phép phân cực ngược (V_S luôn luôn > 0).
 - ON NĐBDMC trở nên dẫn điện (đóng mạch) khi có tín hiệu điều khiển: $G \neq 0$ và trở về trạng thái ngắt mạch khi mất tín hiệu G . NĐBDMC có hai loại chính: BJT tương ứng tín hiệu G là dòng cực B, và MOSFET công suất với G là áp V_{GS} .

- Các NĐBD lý thuyết trên chỉ làm việc với một chiều của dòng điện, trong khi các linh kiện điện tử công suất thực tế có thể dẫn điện cả hai chiều, lúc đó mạch khảo sát sẽ biểu diễn bằng tổ hợp các NĐBD lý thuyết.

1.3 NỘI DUNG KHẢO SÁT MẠCH ĐTCS

- **Đầu vào khảo sát:** Mạch ĐTCS + tín hiệu điều khiển NĐBD + đặc tính tải.
- **Đầu ra:** hoạt động của mạch: $u(t)$, $i(t)$ các phần tử => Các đặc trưng áp, dòng, công suất

1.3.1. Các đặc trưng áp, dòng

- Giá trị cực đại:
- Giá trị trung bình V_0, I_0
- Giá trị hiệu dụng V_R, I_R
- Các biểu thức cho dòng điện trung bình và hiệu dụng

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_T i(t) dt \quad I_R = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T [i(t)]^2 dt}$$

- Các biểu thức cho điện áp V_0, V_R cũng có dạng tương tự.

1.3.2. Sóng hài bậc cao và hệ số hình dáng

$$v(t) = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \sin n\omega t + B_n \cos n\omega t) = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} v_n \text{ với } v_n = V_n \sin(n\omega t - \varphi_n)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_T v(t) \cdot \sin n\omega t \cdot dt \quad B_n = \frac{2}{T} \int_T v(t) \cdot \cos n\omega t \cdot dt \text{ và}$$

$$V_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad \varphi_n = \text{tg}^{-1} \left[\frac{A_n}{B_n} \right] \quad V_R = \sqrt{V_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} V_n^2}$$

- V_0 là trị số trung bình (thành phần một chiều) của $v(t)$.
- ω : tần số góc của $v(t)$, chu kỳ $T = \omega/2\pi$.
- v_n : sóng hài bậc n – có tần số $n\omega$.
- A_n, B_n : các thành phần \sin, \cos của sóng hài bậc n
- V_n, φ_n : biên độ và lệch pha của sóng hài bậc n
- V_R : Trị hiệu dụng của $v(t)$.

1.3.2. Sóng hài bậc cao và hệ số hình dáng

- **Hệ số hình dáng (form factor):** tỉ số giữa giá trị hữu dụng và giá trị hiệu dụng.
- Ví dụ với bộ biến đổi có ngõ ra một chiều: $KF_{DC} = \frac{V_o}{V_R}$
 V_o : trị số trung bình áp ra.
 V_R : trị số hiệu dụng áp ra.
- Ví dụ với bộ biến đổi có ngõ ra xoay chiều: $KF_{AC} = \frac{V}{V_R}$
 V_1 : trị số hiệu dụng sóng hài bậc 1 (cơ bản) áp ra.
 V_R : trị số hiệu dụng áp ra.

- Độ biến dạng (THD - Total harmonic distortion):

Đối với ngõ ra DC: $THD = \frac{\sqrt{V_R^2 - V_o^2}}{V_o}$

Đối với ngõ ra AC: $THD = \frac{\sqrt{V_R^2 - V_1^2}}{V_1}$

1.3.3. Công suất và hệ số công suất

- Công suất tác dụng P : biểu thị năng lượng sử dụng trong một đơn vị thời gian. $P = \frac{1}{T} \int_T v(t) \cdot i(t) \cdot dt$
- Công suất biểu kiến S : tính bằng tích số giá trị hiệu dụng dòng và áp, biểu thị năng lượng sử dụng trong một đơn vị thời gian nếu xem tải là thuần trở. $S = V_R \cdot I_R$
- Hệ số công suất HSCS hay $\cos \varphi$: cho biết hiệu quả sử dụng năng lượng. Khi tải là thuần trở, nguồn điện hình sin hay một chiều sẽ có HSCS bằng 1

$$HSCS = \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

- Có nhiều biểu thức tính công suất trong mạch ĐTCS, phụ thuộc vào mục đích sử dụng:

$$P_o = V_o \cdot I_o \quad P_1 = \frac{1}{2} V_1 \cdot I_1 \cos \varphi_1$$

$$P = \frac{1}{T} \int_T v(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

$$= P_o + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2} V_n \cdot I_n \cos \varphi_n$$

P_1 : Khi quan tâm đến thành phần cơ bản của ngõ ra (hình sin tần số ω), có điện áp và dòng điện biên độ V_1, I_1 , góc lệch φ_1 .

P_o hay P_{DC} : công suất một chiều (tải điện một chiều) với V_o, I_o là các trị số áp, dòng trung bình.

P : công suất toàn phần ở ngõ ra, gồm thành phần một chiều và sóng hài bậc cao.

Ở các BBD ngõ ra áp một chiều, V_o, I_o, P_{DC} là các thành phần mong muốn, sóng hài bậc cao (các thành phần hình sin) là không mong muốn, chỉ tạo ra các tác dụng phụ.

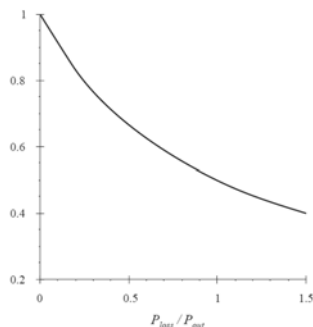
1.4. Hiệu suất

Sự cần thiết hiệu suất cao

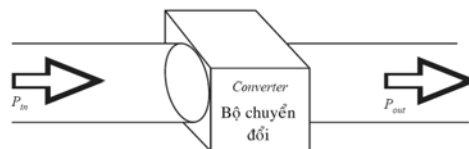
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_m}$$

$$P_{loss} = P_m - P_{out} = P_{out} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

- Hiệu suất cao: tổn thất công suất thấp và không có chuyển đổi công suất.
- Hệ thống khả thi: kích thước nhỏ, làm việc ổn định.
- Hiệu suất là thước đo cho quá trình thiết kế bộ chuyển đổi.

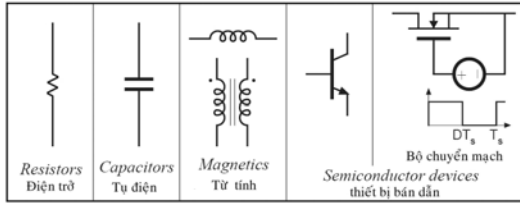


Chuyển đổi với hiệu suất cao

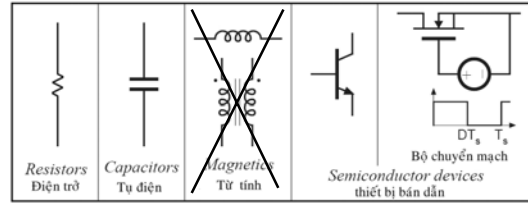


- Một mục tiêu của chuyển đổi dòng điện: cấu trúc có khối lượng nhẹ và nhỏ, năng lượng chuyển đổi lớn và hiệu suất cao.

Linh kiện có thể dùng cho thiết kế mạch

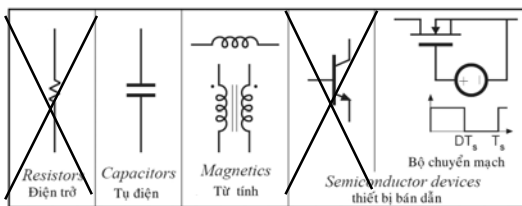


Linh kiện có thể dùng cho thiết kế mạch



Xử lý tín hiệu: không sử dụng linh kiện từ tính.

Linh kiện có thể dùng cho thiết kế mạch



Xử lý nguồn: không sử dụng linh kiện gây tổn thất điện.

Thất thoát công suất trong chuyển mạch

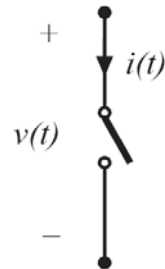
Đóng mạch: $v(t) = 0$

Ngắt mạch: $i(t) = 0$

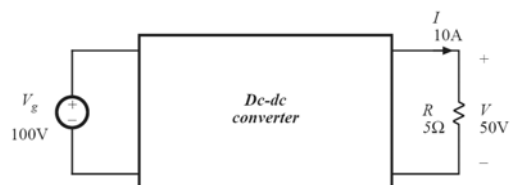
Trong 2 trường hợp trên:

$P(t) = v(t) \cdot i(t) = 0$

Năng lượng sử dụng cho chuyển mạch = 0.



Một ví dụ đơn giản trong chuyển đổi DC-DC



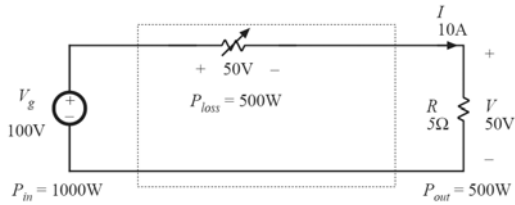
Nguồn cung cấp: 100V

Tải tiêu thụ: 50V, 10A, 500W

Bộ chuyển đổi này có thể được thực hiện như thế nào?

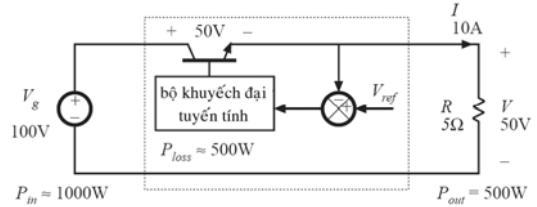
Sự tiêu thụ năng lượng thực tế

- Sử dụng điện trở – phân áp



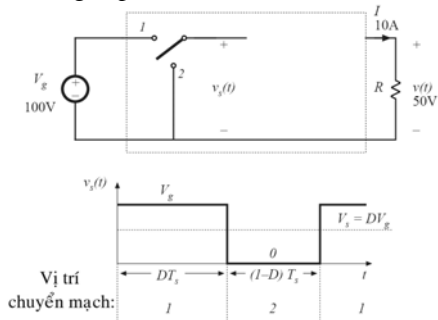
Sự tiêu thụ năng lượng thực tế

Ngăn nối tiếp: Dùng Transistor trong vùng kích hoạt.

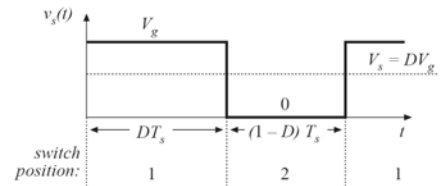


Sử dụng một bộ chuyển mạch SPDT

SPDT: Single-pole-double-throw



Quá trình chuyển mạch thay đổi mức điện áp

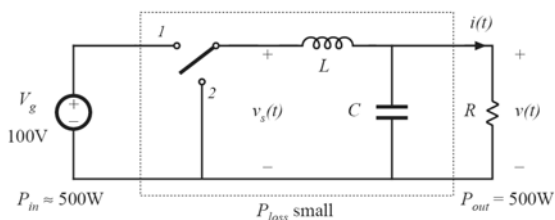


D: chu kỳ công suất chuyển mạch $0 < D < 1$.

T_s : Chu kỳ chuyển mạch. f_s : tần số chuyển mạch $= 1/T_s$

Giá trị điện áp trung bình $v_s(t)$ $V_s = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_s(t) dt = DV_g$

Thêm mạch lọc thấp LC

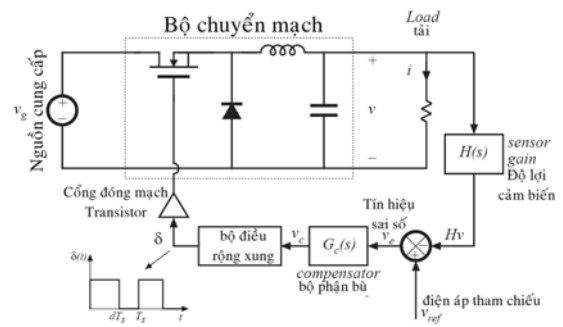


Sử dụng mạch lọc thấp để khử xung và tạo điều hoà.

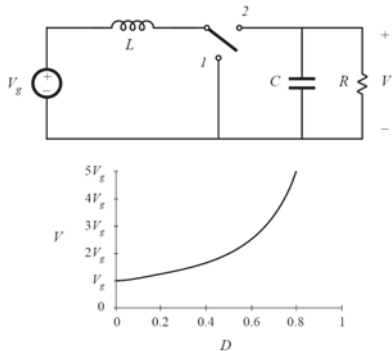
Chọn $f_0 < f_s$

Mạch này gọi là: bộ chuyển đổi điện Buck

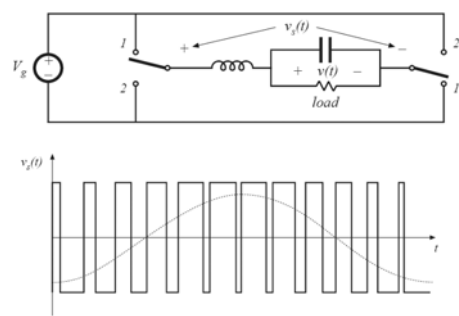
Thêm hệ thống điều khiển để ngắt điện áp



Bộ chuyển đổi Boost



Máy đổi điện 1 pha đơn

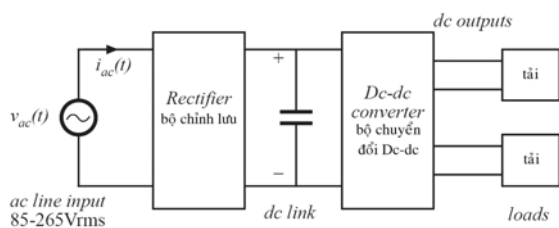


1.4 Một vài ứng dụng của điện công suất

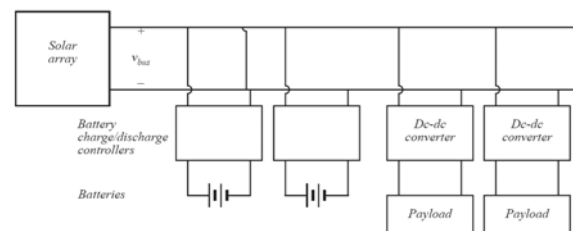
Những bất gặp trong chuyển đổi điện với hiệu suất cao:

- Nhỏ hơn 1W: trong các thiết bị di chuyển, cầm tay, pin...
- >10, 100, 1000 W: các thiết bị máy tính, văn phòng...
- kW, MW: trong bộ biến tần sử dụng cho động cơ, nhà máy tua cao tần, nhà máy sơn mạ điện...
- 1000MW: máy chỉnh lưu và bộ chuyển đổi trong tiện ích truyền tải điện 1 chiều. VD: hệ thống tàu điện...

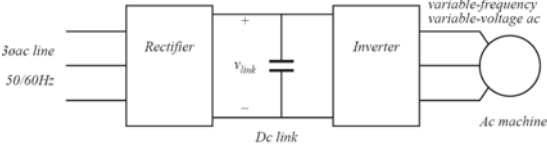
Bộ nguồn cung cấp trong hệ thống máy tính



Hệ thống nguồn điện trên vệ tinh



Bộ biến tần thay đổi vận tốc động cơ AC



Chương 2 Linh kiện điện tử công suất

Chương 2. Linh kiện điện tử công suất

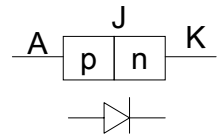
1. diode công suất
2. Transistor lưỡng cực (BJT)
3. Transistor trường (JET, MOSFET)
4. Thyristor (SCR)
5. Triac
6. Công tắc tơ tĩnh
7. Transistor cực cửa cách li (IGBT)

1. Diode công suất

2.1. diode công suất 2.1.1 Nguyên lí cấu tạo

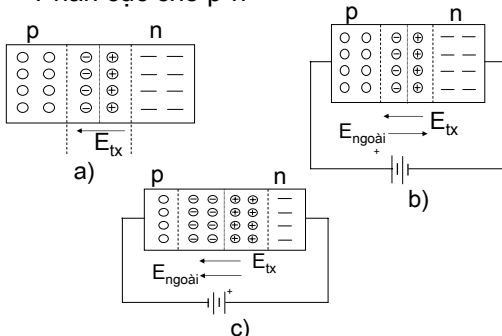
Gồm hai chất bán dẫn p,n
một tiếp giáp J
 $U_{AK} > 0$ có dòng điện
 $I_{AK} \neq 0$
 $U_{AK} < 0$ không dòng I_{AK}

• Sơ đồ cấu trúc



Cấu trúc p-n

• Phân cực cho p-n

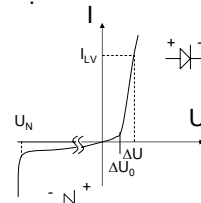


2.1.2. Đặc tính, thông số của diode

Đặc tính như hình vẽ 2.2

- ở góc phần tư thứ nhất: dòng điện lớn, sụt áp nhỏ
- ở góc phần tư thứ ba: dòng rò nhỏ, điện áp ngược lớn

• Đặc tính



Hình 2.2

Thông số:

I_{dm} – dòng điện định mức, hiện nay dòng điện lớn nhất của một diode công suất tới 7000A

ΔU – sụt áp thuận; Sụt áp của diode trong khoảng (0,7 - 2)V

ΔP – tổn hao công suất; $\Delta P = \Delta U \cdot I$ (đến hàng kW)

T_{cp} - nhiệt độ làm việc cho phép; Tại lớp tiếp giáp khoảng 200°C

U_N - điện áp ngược; Trong khoảng (50-4000)V

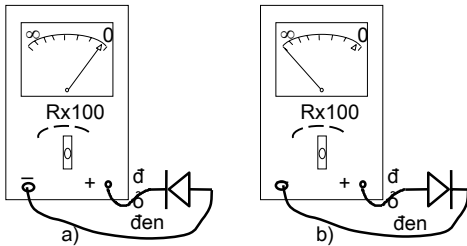
I_r – dòng điện rò, hàng trăm mA

• Kết cấu có dạng như hình vẽ



Kiểm tra sơ bộ

• Dùng đồng hồ vạn năng đo



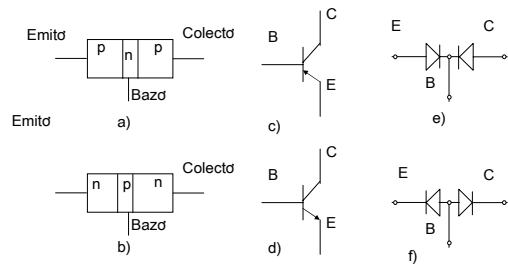
2. Transistor lưỡng cực BJT

2.2. Transistor lưỡng cực BJT (Bipolar Junction Transistor)

1. Nguyên lí, cấu tạo.
2. Đặc tính, thông số
3. Đặc điểm cấu tạo
4. Sơ đồ Darlington

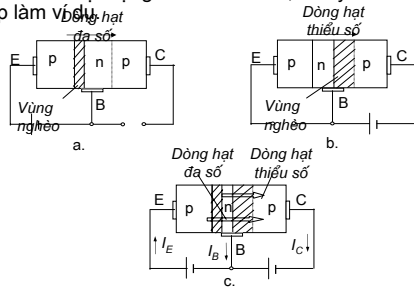
2.2.1. Nguyên lí cấu tạo BJT

• Cấu tạo của Transistor có dạng như hình vẽ



Hoạt động

- Để mô tả hoạt động của Transistor, ta lấy Transistor loại pnp làm ví dụ.



Hình 2.1 Nguyên lý hoạt động của Transistor

- Trên hình 2.1a, khi tiếp giáp collector không được phân cực, tiếp giáp emitter được phân cực thuận. Độ rộng vùng điện tích không gian giữa p và n (còn gọi là vùng nghèo) sẽ bị giảm, mức giảm tùy theo điện áp phân cực, kết quả là dòng của các hạt đa số (các lỗ trống) khuếch tán từ miền bán dẫn p (cực E) sang miền bán dẫn n (cực B).
- Khi tiếp giáp emitter không được phân cực, tiếp giáp collector phân cực ngược, không có dòng của các hạt đa số (điện tử ở bán dẫn n) chỉ có dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở bán dẫn n) (hình 2.1 b).

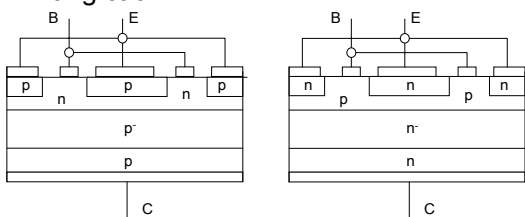
- Trường hợp tiếp giáp emitter phân cực thuận, tiếp giáp collector phân cực ngược (hình 2.1c). Khi tiếp giáp emitter phân cực thuận, các hạt đa số khuếch tán qua tiếp giáp tới miền bazơ tạo nên dòng I_E . Tại miền bazơ các hạt đa số này lại chuyển thành các hạt thiểu số, một phần bị tái hợp với các điện tử tạo thành dòng I_B , phần còn lại do độ rộng của miền bazơ rất mỏng, tiếp giáp collector phân cực ngược nên các lỗ trống ở miền bazơ bị cuốn sang miền collector tạo lên dòng I_C . Dòng I_C này được tạo bởi hai thành phần: dòng của các hạt đa số từ miền emitter, và dòng của các hạt thiểu số (lỗ trống ở miền bazơ khi chưa có sự khuếch tán từ emitter sang).

2.2.2. Đặc điểm kết cấu

- Dòng điện điều khiển I_b được xác định $I_b = I_C / \beta$
- Trong điện tử công suất, dòng điện lớn nên Transistor làm việc ở chế độ đóng cắt nên khi mở phải thỏa mãn điều kiện: $I_b = k_{bh} \cdot I_C / \beta$ ($k_{bh} = 1,2 \div 1,5$ - hệ số bảo hoà), điện áp bảo hoà CE khoảng 1-1,5 V $I_b = I_C / \beta$
- Do cần hệ số khuếch đại lớn nên BJT thường cấu tạo dạng darlington

Sơ đồ cấu trúc BJT

- Thêm một lớp bán dẫn n⁻ là vùng có trở kháng cao



Hoạt động

- p - n⁻ là vùng có trở kháng cao, đó đó Transistor có điện áp cao hay thấp phụ thuộc độ dày miền n⁻
- ở chế độ bão hoà, dòng điện I_b lớn, các điện tử được đưa thừa vào vùng p, các điện tích trung gian không trung hoà hết \Rightarrow vùng bazơ có điện trở nhỏ \Rightarrow có dòng điện chạy qua. Do tốc độ trung hoà điện tích không kịp, Transistor không còn khả năng khống chế dòng điện.

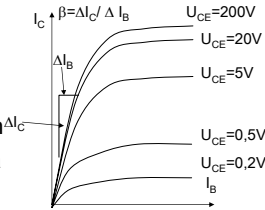
2.2.3. Đặc tính của BJT

Đặc tính tĩnh của BJT

Đặc tính điều khiển như hình bên

Một số nhận xét:

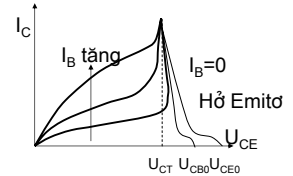
- Cùng một I_C muốn có U_{CE} nhỏ thì I_B phải lớn
- Hệ số khuếch đại của Transistor công suất nhỏ (cỡ hàng chục)



Đặc tính ra

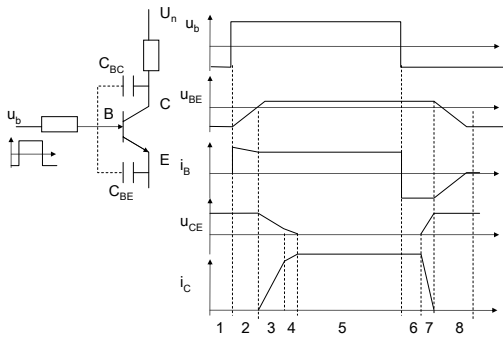
U_{CB0} - điện áp đánh thủng CB khi hở E

U_{CE0} - điện áp đánh thủng CE khi hở B



Đặc tính đóng cắt

• Đặc tính điển hình



Đặc tính đóng cắt điển hình có thể chia thành 8 vùng :

1. Trán. đang khoá
2. Thời gian trễ của Trán. khi mở
3. Quá trình tăng dòng I_C do sự tích lũy điện tích trong bazơ
4. Vào vùng bão hoà
5. Chế độ làm việc bão hoà
6. Thời gian trễ khi khoá, do mật độ điện tích lớn không giảm nhanh được.
7. Dòng collector giảm về 0
8. Tụ BE được nạp với $-U_{BE}$ đảm bảo cho Transistor khoá hoàn toàn
9. Transistor khoá hoàn toàn

Thông số

• Các thông số cơ bản

I_C - dòng điện định mức, (tới 1000A)

β - hệ số khuếch đại dòng điện

$I_B = I_C / \beta$ - dòng điện bazơ mA

ΔU - sụt áp thuận; (khoảng (0,7 - 2)V)

ΔP - tổn hao công suất sinh nhiệt (đến hàng kW)

T_{cp} - nhiệt độ làm việc cho phép; Tại lớp tiếp giáp khoảng 200°C

U_{CE} - điện áp CE; Trong khoảng (50-1500)V

U_{BE} - điện áp BE; hàng vôn

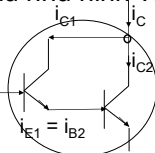
2.2.4. Sơ đồ darlington

• Từ đặc tính tĩnh ở trên thấy rằng hệ số khuếch đại dòng điện của các tran. công suất nhỏ chỉ khoảng hàng chục. Do đó cần mắc hai tran. nối tiếp nhau như hình vẽ

• Hệ số khuếch đại:

• $\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2$ $i_B = i_{B1}$

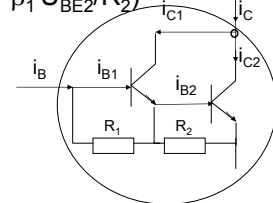
• $\beta = \beta_1 \beta_2$



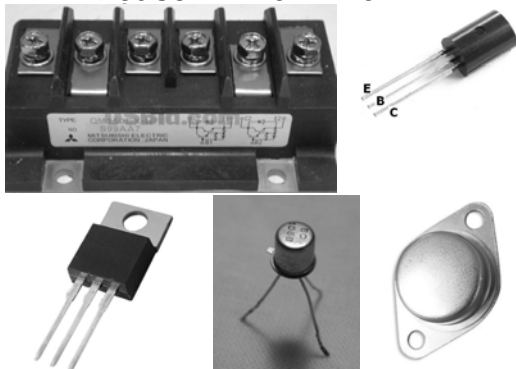
Ổn định điểm làm việc

- Khi có xét dòng điện rò
- $i_C = i_{C1} + i_{C2} = \beta_1 i_{B1} + I_{CEO1} + \beta_2 i_{B2} + I_{CEO2}$
- $= (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) i_{B1} + (1 + \beta_2) I_{CEO1} + I_{CEO2}$
- Khi nhiệt độ thay đổi dòng rò thay đổi, nó được nhân thêm $(1 + \beta_2) I_{CEO1}$ làm sơ đồ kém ổn định theo nhiệt độ
- Để khắc phục, đưa thêm các điện trở như hình vẽ

- Mạch vào được phân thành hai nhánh
- $i_{B1} = i_B - U_{BE1}/R_1$; $i_{B2} = i_{E1} + U_{BE1}/R_1 - U_{BE2}/R_2$
- Sau biến đổi có:
- $i_C = i_{C1} + i_{C2} = \beta_1 i_{B1} + I_{CEO1} + \beta_2 i_{B2} + I_{CEO2}$
- $= (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) i_B + (1 + \beta_2) (I_{CEO1} - \beta_1 U_{BE1}/R_1) + (I_{CEO2} - \beta_1 U_{BE2}/R_2)$



Một số hình ảnh BJT



3. Transistor Trường (FET)

2.3. Transistor TRƯỜNG (FET)

2.3.1. Giới thiệu chung

2.3.2. Cấu tạo và đặc tính của JFET

2.3.3 MOSFET

2.3.1. Giới thiệu chung

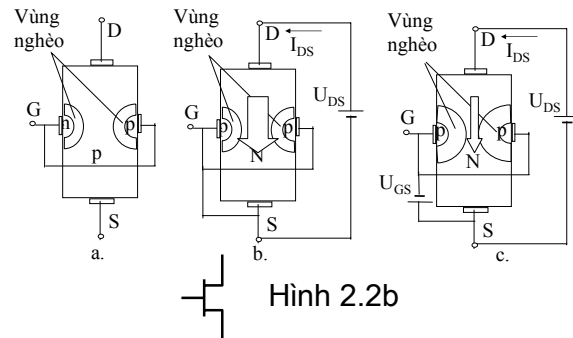
- Khác với Transistor lưỡng cực mà đặc điểm chủ yếu là dòng điện trong chúng do cả hai loại hạt dẫn (điện tử và lỗ trống) tạo nên, Transistor trường (Field Effect Transistor - FET), hoạt động dựa trên nguyên lý hiệu ứng trường, độ dẫn điện của đơn tinh thể bán dẫn được điều khiển nhờ tác dụng của một điện trường ngoài. Dòng điện trong FET chỉ do một loại hạt dẫn tạo nên.

Transistor hiệu ứng trường FET gồm có hai loại chính:

- FET điều khiển bằng cực cửa tiếp xúc p-n (viết tắt là JFET).
- FET có cực cửa cách ly: Thông thường lớp cách điện là lớp ôxít nên gọi là Metal oxide Semiconductor FET (MOSFET hay MOS). Trong loại Transistor trường có cực cửa cách điện lại được chia làm hai loại là MOS có kênh liên tục (kênh đặt sẵn) và MOS có kênh gián đoạn (kênh cảm ứng).

2.3.2. Cấu tạo và đặc tính của JFET

- 1. Cấu tạo và ký hiệu



Hình 2.2b

2. Hoạt động

Xét JFET kênh N có cực D nối với dương nguồn, S nối với âm nguồn như hình 2.2b.

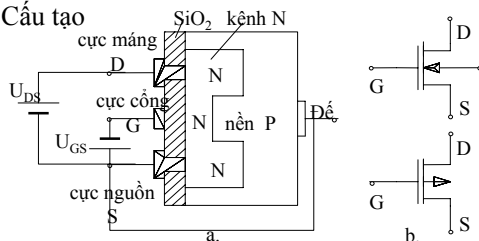
- a. Khi cực G hở ($U_{GS} = 0V$)
Lúc này dòng điện sẽ đi qua kênh theo chiều từ cực dương của nguồn vào cực D và ra ở cực S để trở về âm nguồn của U_{DS} , kênh có tác dụng như một điện trở.
- b. Khi cực G có điện áp âm ($U_{GS} < 0V$) hình 2.2c
Khi cực G có điện áp âm nối vào chất bán dẫn loại P, sẽ làm cho tiếp giáp P - N bị phân cực ngược, điện tử trong chất bán dẫn của kênh N bị đẩy vào làm thu hẹp tiết diện kênh, nên điện trở kênh dẫn tăng lên, dòng I_D giảm xuống.

2.3.3 MOSFET

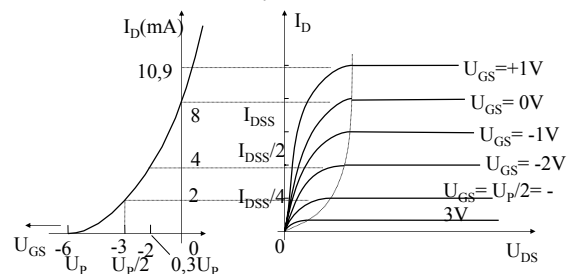
- MOSFET được chia làm hai loại: MOSFET kênh liên tục và MOSFET kênh gián đoạn.
- Mỗi loại kênh liên tục hay gián đoạn đều có phân loại theo chất bán dẫn là kênh N hay P.
- Ta xét các loại MOSFET kênh N và suy ra cấu tạo ngược lại cho kênh P.

1. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh liên tục

- Cấu tạo

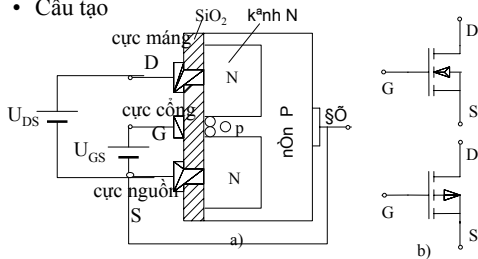


Đặc tính



2. Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh gián đoạn

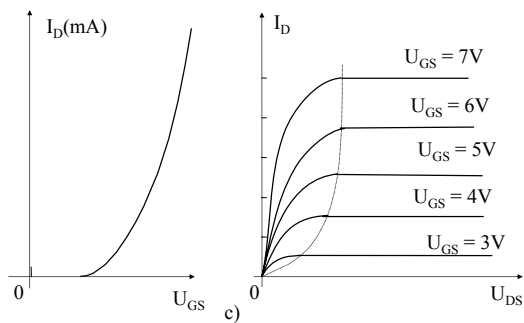
• Cấu tạo



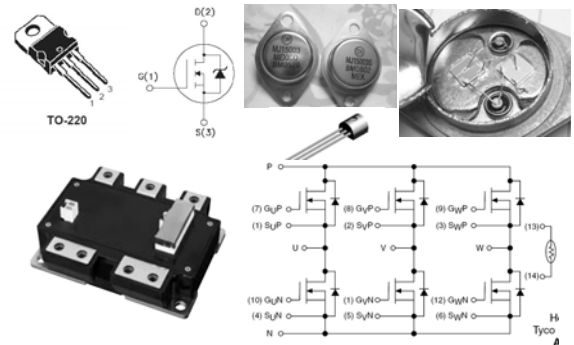
Hoạt động

- Khi phân cực cho G có $U_{GS} > 0V$, các điện tích dương ở cực G sẽ hút các điện tử của nền P về phía giữa của hai vùng bán dẫn N và khi lực hút đủ lớn thì số điện tử bị hút nhiều hơn, đủ để nối liền hai vùng bán dẫn N và kênh dẫn được hình thành.
- Khi đó có dòng điện I_D đi từ D sang S, điện áp phân cực cho cực G càng tăng thì dòng I_D càng lớn. Điện áp U_{GS} đủ lớn để tạo thành kênh dẫn điện gọi là điện áp ngưỡng $U_{GS(T)}$ hay U_T . Khi $U_{GS} < U_T$ thì dòng cực máng $I_D = 0$

Đặc tính



Một số hình ảnh Transistor FET



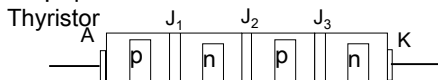
4. Thyristor (SCR)

2.4. Thyristor (SCR)

1. Nguyên lí cấu tạo
2. Đặc tính, thông số
3. Kết cấu
4. Mở Thyristor
5. Khóa Thyristor
6. Kiểm tra

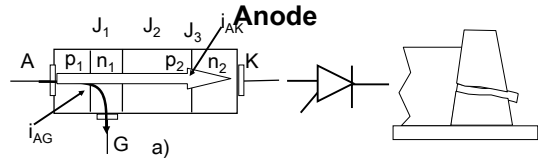
2.4.1. Nguyên lí cấu tạo

Cấu tạo p - n của



- Cấu tạo từ bốn chất bán dẫn đặt liên tiếp nhau.
- Nếu đặt điện áp ngoài vào trong các tiếp giáp trên có một tiếp giáp ngược
- $U_{AK} > 0$ có J_2 ngược
- $U_{AK} < 0$ có J_1, J_3 ngược
- Cả hai trường hợp này đều không dòng điện.
- Muốn có dòng điện chạy qua pn cần có dòng điện điều khiển (xoá đi một cặp bán dẫn nào đó)

Nguyên lí làm việc loại điều khiển từ

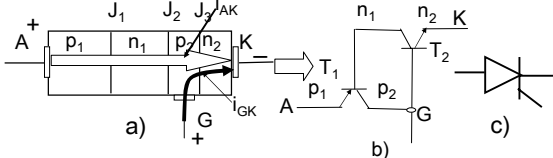


Đưa thêm một cực G (gate) vào n_1

Khi có điện trường $U_{AK} > 0$, có dòng điện i_{AG} cặp bán dẫn p_1, n_1 thành dây dẫn, khi đó A coi như được đặt trực tiếp vào p_2 , khi đó xuất hiện dòng i_{AK}

Khi đã có dòng i_{AK} , dòng điều khiển không còn ý nghĩa nữa. Các chất bán dẫn p,n chỉ trở về trạng thái ban đầu khi ngưng dòng điện

Nguyên lí làm việc loại điều khiển từ Cathode



Đưa thêm một cực G (gate) vào p_2

Khi có điện trường $U_{AK} > 0$, có dòng điện i_{GK} cặp bán dẫn p_2, n_2 thành dây dẫn, khi đó K coi như được đặt trực tiếp vào n_1 , khi đó xuất hiện dòng i_{AK}

Khi đã có dòng i_{AK} , dòng điều khiển không còn ý nghĩa nữa. Các chất bán dẫn p,n chỉ trở về trạng thái ban đầu khi ngưng dòng điện

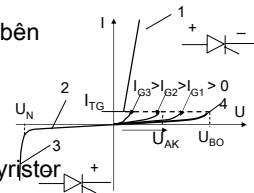
2.4.2. Đặc tính và thông số

Đặc tính có dạng như hình bên

Thông số:

Có các thông số như diode đã nói ở trên

- Các thông số riêng của Thyristor
- I_{TG} – dòng điện tự giữ;
 - t_m, t_k – thời gian mở, khóa Thyristor, $t_{CM} = t_m + t_k$
 - $U_{đk}, i_{đk}$ - điện áp và dòng điện điều khiển
 - $dU/dt, di/dt$ - giới hạn tốc độ biến thiên điện áp và dòng điện



So sánh Thyristor với các linh kiện bán dẫn công suất khác

- Ưu điểm chính của Thyristor là có mật độ dòng điện cao, tổn hao nhỏ
- Nhược điểm: tốc độ chuyển mạch chậm, tần số làm việc thấp

2.4.3. Kết cấu

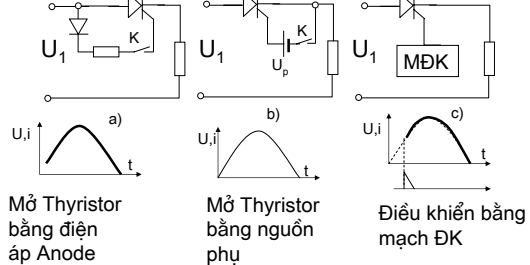
Đặc điểm kết cấu cơ bản của Thyristor là dẫn nhiệt ra ngoài nhanh nhất.

2.4.4. Mở Thyristor

- Định nghĩa việc mở Thyristor là chuyển nó từ trạng thái không dòng điện sang trạng thái có dòng điện.
- Điều kiện có dòng điện chạy qua Thyristor
- Muốn có dòng điện chạy qua Thyristor phải đáp ứng hai điều kiện:
- Có điện áp $U_{AK} > 0$;
- Có dòng điện điều khiển $i_{GK} \neq 0$

- Trong mạch điện một chiều, Thyristor được mở dễ dàng, còn trong mạch xoay chiều việc mở Thyristor phức tạp hơn do điện áp và dòng điện thường xuyên đổi chiều

- Một số sơ đồ mở Thyristor trong mạch xoay chiều



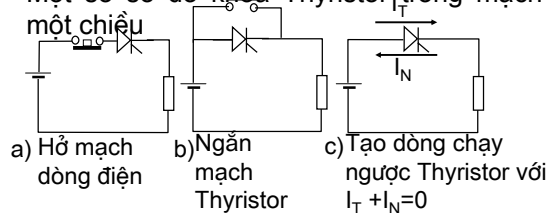
2.4.5. Khoá Thyristor

- Định nghĩa việc khoá Thyristor là chuyển từ trạng thái có dòng điện về trạng thái không dòng điện (hay pn trở về trạng thái ban đầu)
- Điều kiện để khoá Thyristor là phải đưa dòng điện chạy qua nó về 0
- Có thể hiểu về điều kiện này là đặt một điện áp ngược trực tiếp trên hai đầu $U_{AK} < 0$, Thyristor được khoá.
- Việc đặt điện áp ngược như thế không phải khi nào cũng thuận tiện, do đó có một số cách khoá như sau:

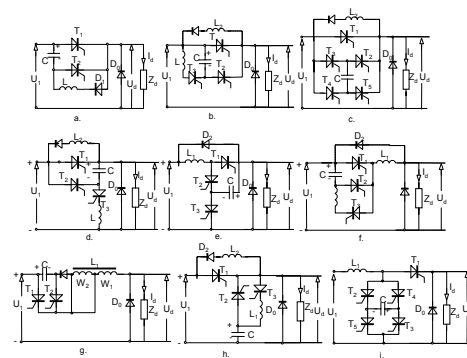
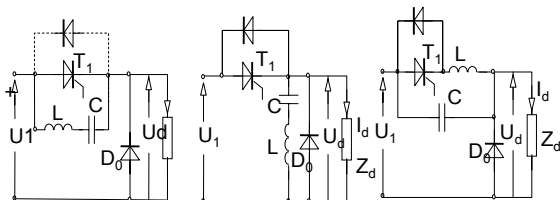
Một số sơ đồ khoá Thyristor trong mạch một chiều

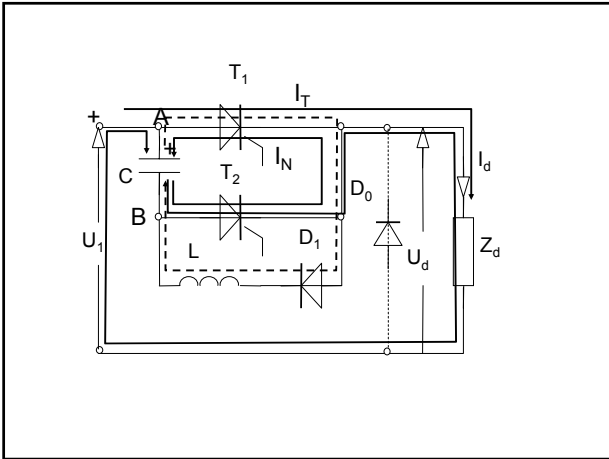
- Trong mạch điện xoay chiều Thyristor tự khoá do dòng điện tự động đổi chiều theo điện áp, khi dòng điện bằng 0 Thyristor tự khoá.

- Một số sơ đồ khoá Thyristor trong mạch một chiều



- Một số sơ đồ mạch khoá Thyristor bằng mạch điện phụ





2.4.6. Kiểm tra sơ bộ

Bước 1: Kiểm tra bằng đồng hồ vạn năng

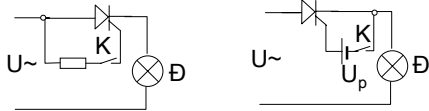
- Để thang điện trở đo lớn nhất:
- $\pm A$ với $\pm K$ (đổi đầu que đo) có điện trở $\infty \Omega$
- $\pm A$ với $\mp G$ (đổi đầu que đo) có điện trở $\infty \Omega$.
- $\pm K$ với G (đổi đầu que đo) có điện trở (5 - 20) Ω
- Được như thế này có thể mắc Thyristor vào mạch

Bước 2. Kiểm tra điều khiển

- Dùng các mạch a, b ở mục 4 để kiểm tra Thyristor

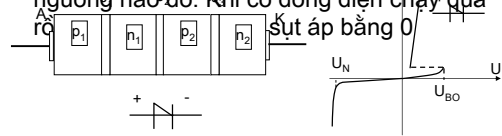
Ví dụ mạch kiểm tra

- Thyristor được mắc vào lưới điện xoay chiều như các hình vẽ dưới.
- Điều kiện được phép mắc Thyristor vào mạch $\sqrt{2} U_N > 2 \cdot U_{\sim}$
- Khi khoá K hở Thyristor khoá đèn không sáng
- Khi khoá K đóng Thyristor dẫn đèn sáng 1/4 công suất

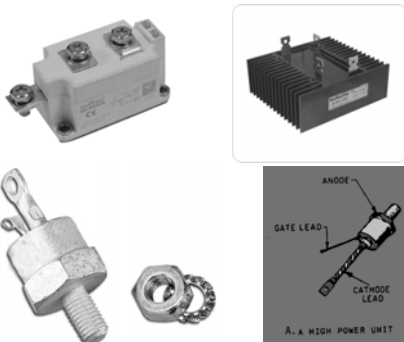


2.4.7. diode Shockley (cùng họ đặc tính còn có SUS - Silicon Unilateral Switch)

- diode Shockley có cấu tạo bốn chất bán dẫn như Thyristor nhưng không có cổng điều khiển.
- Người ta chế tạo linh kiện này có đỉnh đặc tính phi tuyến ở góc phần tư thứ nhất nhỏ. Linh kiện này giống diode ổn áp là chúng cho dòng điện chạy qua khi điện áp vượt một ngưỡng nào đó. Khi có dòng điện chạy qua



Một số hình ảnh SCR



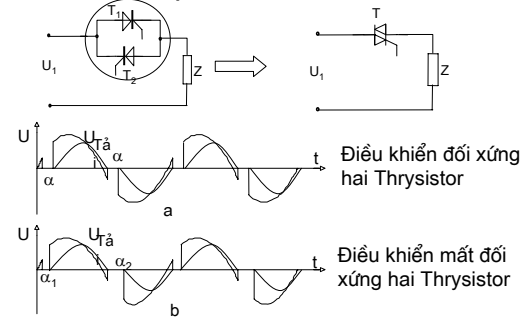
5 Triac

2.5 Triac

1. Nguyên lí cấu tạo
2. Đặc tính, thông số
3. Kết cấu
4. Mở Triac
5. Kiểm tra

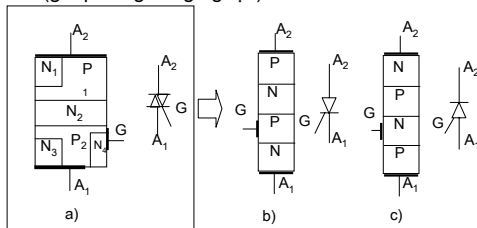
2.5.1. Nguyên lí cấu tạo

Xuất xứ cấu tạo triac



Nguyên lí cấu tạo

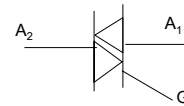
- Cấu tạo triac có các lớp bán dẫn ghép nối tiếp như hình vẽ và được nối ra ba chân, hai chân A_1 , A_2 và chân điều khiển (G). Về nguyên lí cấu tạo, triac có thể coi như hai Thyristor ghép song song nhưng ngược chiều nhau (ghép song song ngược) như trên hình vẽ



Các trường hợp điều khiển triac

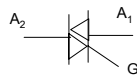
Theo nguyên lý hoạt động của triac đã nêu ở trên, triac sẽ được kích mở cho dòng điện chạy qua khi điện áp A_2 và G đồng dấu, nghĩa là:

- A_2 dương và G dương so với A_1 .
- A_2 âm và G âm so với A_1 .



Ngoài ra A_2 và G trái dấu triac cũng có thể kích mở được:

- A_2 dương và G âm so với A_1 , có dòng điện
- A_2 âm và G dương so với A_1 , không dòng điện.



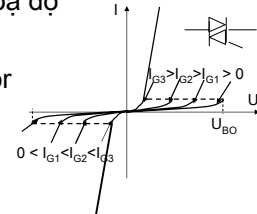
Loại này gọi là loại điều khiển trái dấu âm
Một số nhà chế tạo cho xuất xưởng loại triac

- A_2 dương và G âm so với A_1 , không dòng điện.
- A_2 âm và G dương so với A_1 , có dòng điện

Loại này gọi là loại điều khiển trái dấu dương

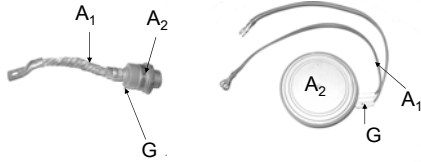
2.5.2. Đặc tính và thông số

- Đặc tính
Gồm hai đặc tính Thyristor đối xứng nhau qua gốc tọa độ
- Thông số:
như của Thyristor

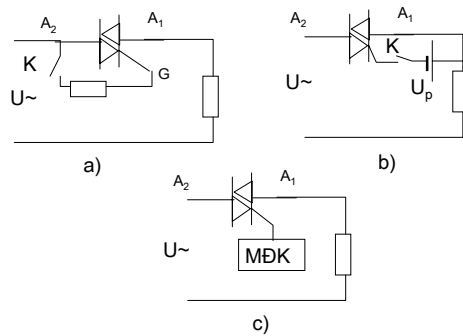


2.5.3. Kết cấu

- Hoàn toàn giống như Thyristor

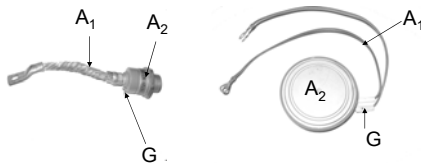


2.5.4. Sơ đồ mở triac



2.5.5. Kiểm tra, phân biệt triac với Thyristor

- **Bước 1: Kiểm tra sơ bộ giống như kiểm tra Thyristor**

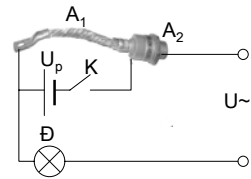


Bước 2: Kiểm tra điều khiển bằng sơ đồ sau

Hở K đèn không sáng

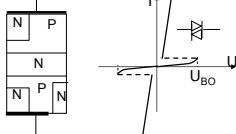
Đóng K:

- 1 - Đèn không sáng - là Thyristor
- 2 - Đèn sáng hết công suất - là triac điều khiển trái dấu âm
- 3 - Đèn sáng 1/4 công suất - là triac điều khiển trái dấu dương

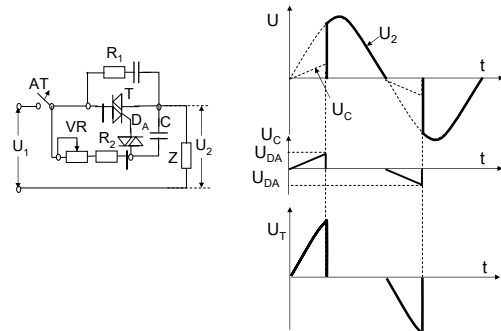


2.5.6. Diac (linh kiện có cùng đặc tính SBS - Silicon Bilateral Switch)

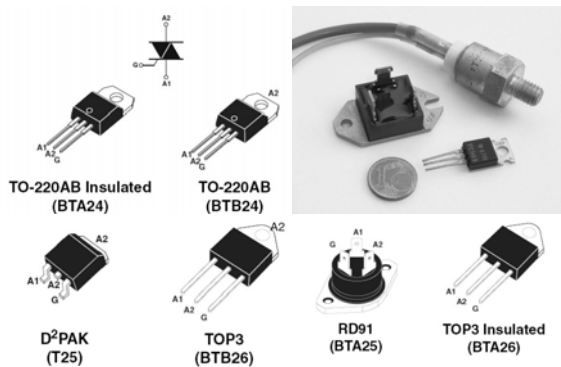
- Diac có cấu tạo bán dẫn như triac nhưng không có cổng điều khiển.
- Người ta chế tạo linh kiện này có đỉnh đặc tính phi tuyến nhỏ. Linh kiện này giống Diode Shockley là chúng cho dòng điện chạy qua khi điện áp vượt một ngưỡng nào đó. Diac cho dòng điện chạy qua cả hai chiều



ứng dụng điển hình của diac



Một số hình ảnh Triac



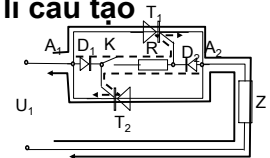
6. Công tắc tơ tĩnh (Relay bán dẫn)

2.6. Công tắc tơ tĩnh

1. Nguyên lí cấu tạo
2. So sánh ưu nhược điểm của công tắc tơ tĩnh
3. Sơ đồ cho trường hợp nguồn ba pha
4. Phạm vi ứng dụng điển hình

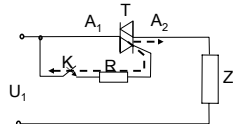
2.6.1. Nguyên lí cấu tạo

Sơ đồ nguyên lí bằng hai Thyristor



- Nguyên lí hoạt động như sau:
- Khoá K hở, hai Thyristor không điều khiển đều khoá
- Khoá K đóng:
- Điện thế A_1 dương, có dòng điện i_1 (màu đỏ) làm cho T_1 có dòng điện điều khiển, T_1 dẫn, có dòng điện tải theo chiều trên xuống
- Điện thế A_2 dương, có dòng điện i_2 (màu xanh) làm cho T_2 có dòng điện điều khiển, T_2 dẫn, có dòng điện tải theo chiều dưới lên

Sơ đồ nguyên lí bằng triac

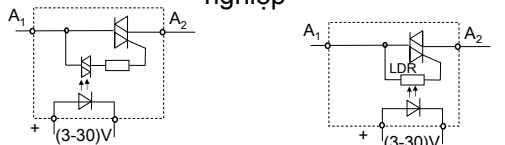


- Nguyên lí hoạt động như sau:
- Khoá K hở, triac không điều khiển bị khoá
- Khoá K đóng:
- Điện thế A_1 dương, có dòng điện điều khiển i_1 (màu đỏ) làm cho T dẫn, có dòng điện tải theo chiều trên xuống
- Điện thế A_2 dương, có dòng điện điều khiển theo chiều ngược lại làm cho T dẫn, có dòng điện tải theo chiều dưới lên

2.6.2. So sánh ưu nhược điểm của công tắc tơ tĩnh

Công tắc tơ có tiếp điểm	Công tắc tơ tĩnh
Ưu điểm: <ul style="list-style-type: none"> • Đơn giản, tin cậy • An toàn khi cắt điện • Có khả năng quá tải lớn • Tổn hao sinh nhiệt nhỏ • Làm việc với mọi dạng dòng điện 	Ưu điểm: <ul style="list-style-type: none"> • Không hồ quang • Không bị ảnh hưởng trong môi trường nhiều bụi • Tần số và số lần đóng cắt không giới hạn
Nhược điểm: <ul style="list-style-type: none"> • Có hồ quang nên dễ cháy • Mau hỏng khi nhiều bụi • Tần số và số lần đóng cắt giới hạn • Lực đóng cắt lớn 	Nhược điểm: <ul style="list-style-type: none"> • Không an toàn khi cắt điện • Không khả năng quá tải • Tổn hao sinh nhiệt lớn • Chỉ làm việc ở dòng điện xoay chiều

Sơ đồ côngtactơ tĩnh điện hình trong công nghiệp



Loại dùng diac

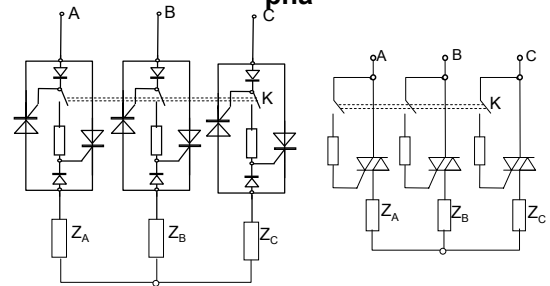
Khi LED có dòng điện, diac dẫn, triac dẫn



Loại dùng quang điện trở

Khi LED có dòng điện, LDR giảm điện trở, triac dẫn

2.6.3. Sơ đồ cho trường hợp nguồn ba pha



2.6.4. Phạm vi ứng dụng điển hình

- Trong điều kiện môi trường dễ cháy: các mỏ than, sản xuất và kinh doanh xăng dầu
- Trong điều kiện môi trường nhiều bụi: các nhà máy xi măng, xay xát, bánh kẹo
- Khi tần số và số lần đóng cắt lớn: điều khiển nhiệt độ của các lò nhiệt,

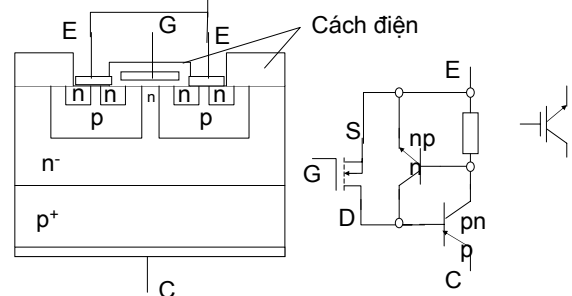
7. IGBT

2.7. Transistor lưỡng cực cực cửa cách li IGBT

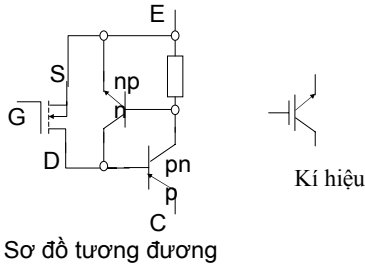
- Cấu trúc
- Thông số đặc trưng
- Yêu cầu đối với mạch điều khiển

2.7.1. Cấu trúc của IGBT

- Sơ đồ cấu trúc của IGBT



- Về cấu trúc cụ thể coi IGBT như hai transistor. NPN, PNP và một MOSFET

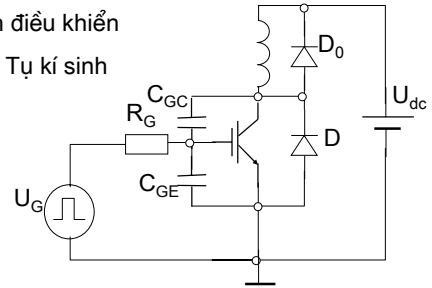


Đặc tính đóng cắt

- Sơ đồ thử nghiệm

U_G - Nguồn điều khiển

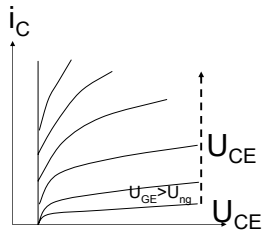
C_{GE} , C_{GC} - Tụ kí sinh



Môi IGBT

- Điều kiện để IGBT dẫn
- $U_{CE} > 0$; $U_{GE} > U_{ng}$
- Khi đó xuất hiện kênh dẫn. Nhờ các điện tử chạy qua kênh dẫn, bơm thêm vào N⁻ làm điện thế của nó giảm, kéo theo P⁺N⁻ dẫn
- I_C chỉ khác 0 khi $U_{CE} > U_{CEng}$

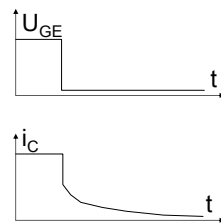
- Đặc tính



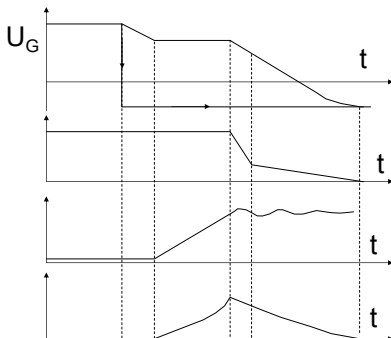
Khóa IGBT

- Do dẫn bằng hạt thiểu số nên thời gian khóa dài hơn, tần số thấp hơn.
- Hai giai đoạn khóa (như hình vẽ)
- 1. các kênh biến mất, MOS khóa nhanh chóng
- 2. Các hạt dư của N⁻ tái hợp dần và i_C giảm chậm

- Quá trình khóa



- Quá trình khóa



Thông số IGBT

- U_{CES} - Điện áp cực đại CE khi GE ngắn mạch.
- U_{GES} - Điện áp GE cực đại cho phép khi CE ngắn mạch.
- I_C - Dòng điện một chiều cực đại
- I_{Cmax} - Dòng điện đỉnh của collector;
- P_m - Công suất tổn hao cực đại;
- T_{CP} - Nhiệt độ cho phép;
- I_L - Dòng điện tải cảm cực đại;
- I_r - Dòng điện rò
- U_{GEng} - Điện áp ngưỡng GE

Chương 3 Bộ chuyển đổi DC-DC (Biến áp 1 chiều) (Băm xung 1 chiều)

Chương 3. Chuyển đổi DC-DC

- Khái quát về điều áp một chiều
- Chuyển đổi DC-DC một chiều nối tiếp
- Chuyển đổi DC-DC một chiều song song
- Chuyển đổi DC-DC đảo chiều
- Tích lũy năng lượng khi chuyển đổi DC-DC
- Chuyển đổi DC-DC tăng áp

3.1 Khái quát về điều áp một chiều

Điều áp một chiều được định nghĩa là bộ điều khiển dòng điện và điện áp một chiều khi nguồn cấp là điện một chiều

I. Các phương pháp điều áp một chiều

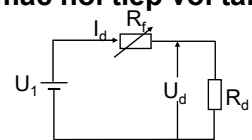
Có một số cách điều khiển một chiều như sau:

- Điều khiển bằng cách mắc nối tiếp với tải một điện trở
- Điều khiển liên tục bằng cách mắc nối tiếp với tải một transistor
- Điều khiển bằng băm áp (xung áp)

Điều khiển bằng cách mắc nối tiếp với tải một điện trở

Sơ đồ

Dòng điện và điện áp điều chỉnh được tính



$$I_d = \frac{U_1}{R_f + R_d};$$

$$U_d = \frac{U_1}{R_f + R_d} R_d$$

Nhược điểm của phương pháp:
Hiệu suất thấp ($\Delta P_f = I_C \cdot \Delta U_T$)
Không điều chỉnh liên tục khi dòng tải lớn

Điều khiển liên tục bằng cách mắc nối tiếp với tải một transistor

- Sơ đồ và nguyên lí điều khiển

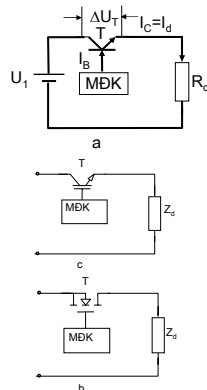
$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$\Delta U_T = U_1 - I_C \cdot R_d$$

• Điện áp qua R_d :

$$U_{R_d} = I_C \cdot R_d = \beta \cdot I_B \cdot R_d$$

- Nhược điểm của phương pháp: tổn hao trên transistor lớn, phát nhiệt nhiều transistor dễ hỏng.



Điều khiển bằng băm áp (băm xung)

- Băm áp một chiều là bộ biến đổi điện áp một chiều thành xung điện áp. Điều chỉnh độ rộng xung điện áp, điều chỉnh được trị số trung bình điện áp tải.
- Các bộ băm áp một chiều có thể thực hiện theo sơ đồ mạch nối tiếp (phần tử đóng cắt mắc nối tiếp với tải) hoặc theo sơ đồ mạch song song (phần tử đóng cắt được mắc song song với tải).

II. nguồn cấp trong băm áp một chiều

- **A. Định nghĩa về nguồn dòng và nguồn áp**
- Nguồn áp: là nguồn mà dạng sóng và giá trị điện áp của nó không phụ thuộc dòng điện (kể cả giá trị cũng như tốc độ biến thiên)
- Đặc trưng cơ bản của nguồn áp là điện áp không đổi và điện trở trong nhỏ để sụt áp bên trong nguồn nhỏ
- Nguồn dòng: là nguồn mà dạng sóng và giá trị dòng điện của nó không phụ thuộc điện áp áp của nó (kể cả giá trị cũng như tốc độ biến thiên)
- Đặc trưng cơ bản của nguồn dòng là dòng điện không đổi và điện trở lớn để sụt dòng bên trong nguồn nhỏ

B. Tính thuận nghịch của nguồn

- Nguồn có tính thuận nghịch:
- Điện áp có thể không đảo chiều (acqy), hay đảo chiều (máy phát một chiều)
- Dòng điện thường có thể đổi chiều
- Công suất $p = u.i$ có thể đổi chiều khi một trong hai đại lượng u, i đảo chiều.

C. Cải thiện đặc tính của nguồn

- Nguồn áp thường có R_0, L_0 , khi có dòng điện có $R_0 i, L(di/dt)$ làm cho điện áp trên cực nguồn thay đổi. Để cải thiện đặc tính của nguồn áp người ta mắc song với nguồn một tụ
- Tương tự, nguồn dòng có $Z_0 = \infty$. Khi có biến thiên du/dt làm cho dòng điện thay đổi. Để cải thiện đặc tính nguồn dòng người ta mắc nối tiếp với nguồn một điện cảm.
- Chuyển đổi nguồn áp thành nguồn dòng và ngược lại:



D. Quy tắc nối các nguồn

Đối với nguồn áp:

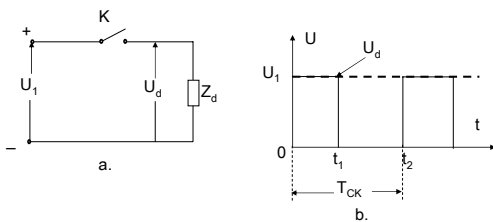
- Không nối song song các nguồn có điện áp khác nhau
- Không ngắn mạch nguồn áp
- Cho phép hở mạch nguồn áp

Đối với nguồn dòng:

- Không mắc nối tiếp các nguồn dòng có dòng điện khác nhau
- Không hở mạch nguồn dòng
- Cho phép ngắn mạch nguồn dòng

3.2. Băm áp một chiều nối tiếp

3.2.1. Nguyên lý băm áp một chiều nối tiếp



Hình 3.1 Băm áp một chiều nối tiếp; a. sơ đồ nguyên lý; b. đường cong điện áp.

- Sơ đồ nguyên lý băm áp một chiều nối tiếp giới thiệu trên hình 3.1a. Theo đó phần tử chuyển mạch tạo các xung điện áp mắc nối tiếp với tải. Điện áp một chiều được điều khiển bằng cách điều khiển thời gian đóng khoá K trong chu kỳ đóng cắt. Trong khoảng $0 \div t_1$ (hình 3.1b) khoá K đóng điện áp tải bằng điện áp nguồn ($U_d = U_1$), trong khoảng $t_1 \div t_2$ khoá K mở điện áp tải bằng 0.

Trị số trung bình điện áp một chiều được tính

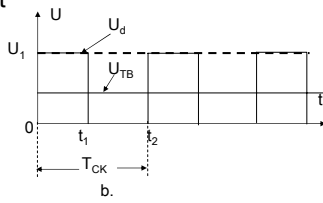
$$U_d = \frac{1}{T_{CK}} \int_0^{t_1} U_1 \cdot dt$$

$$= \frac{t_1}{T_{ck}} U_1$$

• nếu coi $\gamma = \frac{t_1}{T_{ck}}$ thì:

$$U_d = \gamma \cdot U_1$$

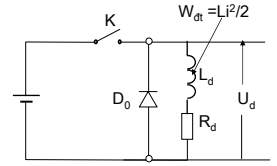
$$f = 1/T_{CK}$$



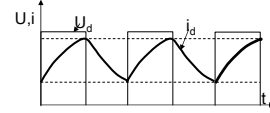
3.2.2. Hoạt động của sơ đồ với tải điện

cảm

- Sơ đồ điển hình có dạng
- Dòng điện được xác định bởi phương trình vi phân



- Trong đó:
- i : dòng điện tải;
- R_d - điện trở tải; $U_1 = R_d \cdot i + L_d \frac{di}{dt}$
- L_d - điện cảm tải
- I_{bd} - dòng điện ban đầu của chu kì đang xét (mở hay đóng khoá K);
- I_{XL} - dòng điện xác lập của chu kì đang xét
- Khi khoá K đóng; Khi khoá K mở $I_{XL} = 0$
- hằng số thời gian điện từ của mạch



$$i = I_{bd} \cdot e^{-\frac{t}{T_d}} + I_{XL} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_d}} \right)$$

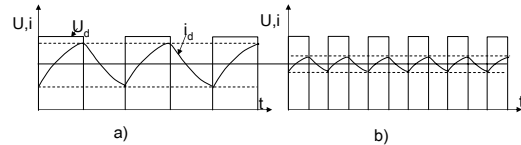
$$T_d = \frac{L_d}{R_d}$$

- Độ nhấp nhô dòng điện được tính:

$$\Delta I = \frac{(1-\gamma) \cdot \gamma \cdot U_1 \cdot T_{CK}}{2L_d} = \frac{(1-\gamma) \cdot \gamma \cdot U_1}{2L_d \cdot f_x}$$

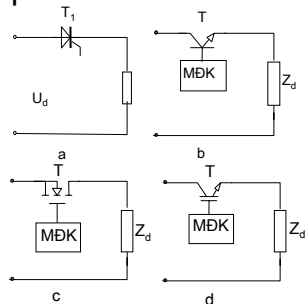
- Từ biểu thức thấy rằng, biên độ dao động dòng điện phụ thuộc vào bốn thông số: điện áp nguồn cấp (U_1); độ rộng xung điện áp (γ); điện cảm tải (L_d) và chu kì chuyển mạch khoá K (T_{CK}). Các thông số: điện áp nguồn cấp, độ rộng xung điện áp phụ thuộc yêu cầu điều khiển điện áp tải, điện cảm tải L_d là thông số của tải. Do đó để cải thiện chất lượng dòng điện tải (giảm nhỏ ΔI) có thể tác động vào T_{CK} . Như vậy, nếu chu kì chuyển mạch càng bé (hay tần số chuyển mạch càng lớn) thì biên độ đập mạch dòng điện càng nhỏ, chất lượng dòng điện một chiều càng cao. Do đó bộ điều khiển này thường được thiết kế với tần số cao hàng chục kHz.

- Có thể minh họa bằng giản đồ dòng điện điện áp cho hai tần số khác nhau



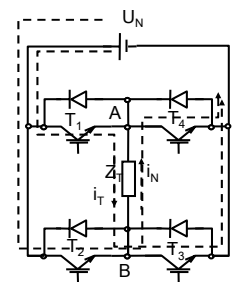
3.2.3. Các sơ đồ động lực của bấm áp nối tiếp

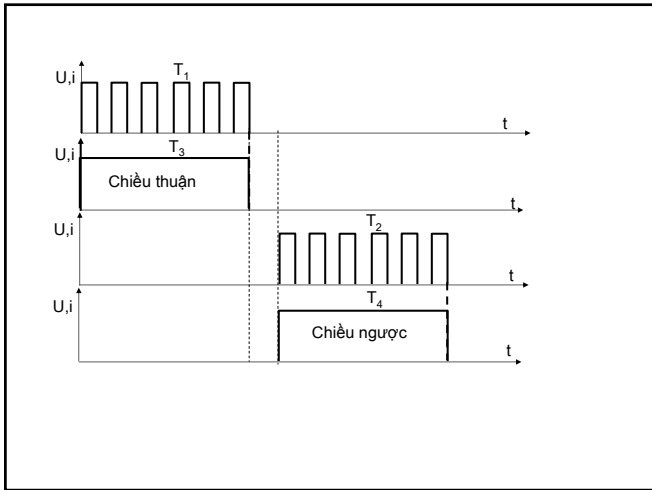
- Các sơ đồ điển hình:
- Dùng Thyristor hình a
- Dùng transistor lưỡng cực hình b
- Dùng transistor trường hình c
- Dùng IGBT hình d



3.3. Bấm áp đảo chiều

- Sơ đồ như hình vẽ
- Theo chiều chạy thuận, điều khiển T_1, T_3 , dòng điện tải i_T có chiều trên xuống như hình vẽ, $U_{AB} > 0$.
- Theo chiều chạy ngược, điều khiển T_2, T_4 , dòng điện tải i_N có chiều dưới lên như hình vẽ, $U_{AB} < 0$.





3.4. Băm áp song song

Nguyên lí băm áp song song
 Tổn hao công suất khi băm áp song song
 Băm áp có hoàn trả năng lượng về nguồn

3.4.1. Nguyên lí băm áp song song

- Sơ đồ:
- Dòng điện và điện áp được tính tương ứng khi khoá K đóng

$$i_s = \frac{U_1}{R_{hc}}, U_d = 0$$

- và khoá K hở

$$i_T = \frac{U_1}{R_{hc} + R_d}; U_d = \frac{U_1}{R_{hc} + R_d} R_d$$

0 \rightarrow t₁ - khoá K
 t₁ \rightarrow T_{CK} - khoá Khở

3.4.2. Tổn hao công suất khi băm áp song song

- Trường hợp tổng quát

$$\Delta P = \frac{R_{hc} i_s^2 t_1 + R_{hc} i_T^2 t_2}{t_1 + t_2}$$

$$\Delta P = \frac{U_1^2 t_1 + \frac{U_1^2}{R_{hc} + R_d} t_2}{t_1 + t_2}$$

- Khi điều chỉnh, chu kỳ xung điện áp không đổi. Khi đó, cứ tăng t₁ thì giảm t₂ và ngược lại. Khi cần giảm điện áp tải, cần tăng t₁ và giảm t₂, công suất tổn hao trong biểu thức trên tăng
- Do đó, băm áp song song không thích hợp khi tải nhận năng lượng từ lưới.

3.4.3. Băm áp có hoàn trả năng lượng về nguồn

- Trường hợp này chỉ xét khi tải có sức điện động (ví dụ cấp điện một chiều về nguồn tải thuần trở)

a.

Dòng điện chạy ngược về nguồn chỉ tồn tại khi E_d > U₁

b.

0 \rightarrow t₁ - khoá K
 t₁ \rightarrow T_{CK} - khoá Khở

- Xét trường hợp khi tải điện cảm và có sức điện động (ví dụ động cơ làm việc ở chế độ hạ tải)

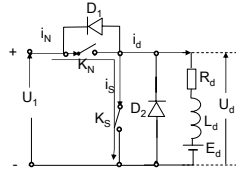
a.

b.

0 \rightarrow t₁ - khoá K
 t₁ \rightarrow T_{CK} - khoá Khở

Bấm áp nối tiếp, song song kết hợp

- Trong trường hợp tải làm việc cả chế độ nhận năng lượng và trả năng lượng, sơ đồ phối hợp nối tiếp và song song được sử dụng.
- Khi nhận năng lượng từ lưới, điều khiển K_N .
- Khi trả năng lượng về lưới, điều khiển K_S .

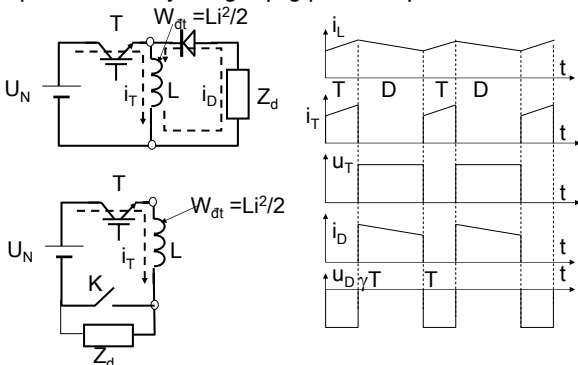


3.5. Bấm áp tích lũy năng lượng

- Bấm áp tích lũy điện cảm
- Bấm áp tích lũy điện dung

3.5.1. Bấm áp tích lũy điện cảm

- Khi bộ bấm nằm giữa nguồn áp với tải nguồn áp, phần tử tích lũy năng lượng phải là điện cảm



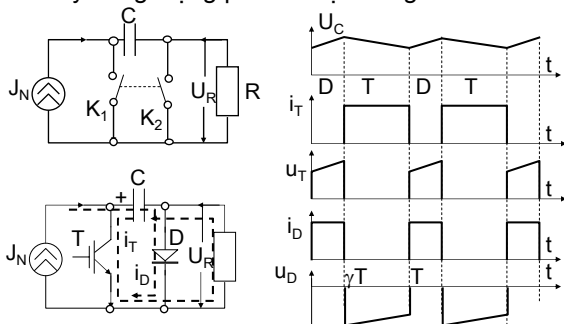
Hoạt động

- Khi T dẫn: $i_N = i_T = i_L$, $i_R = i_D = 0$, $U_D = -(U + U_R)$, $U = L \cdot di/dt$, i_L tăng tuyến tính
- Khi D dẫn: $i_N = i_T = 0$, $i_L = i_R = i_D$, $U_D = -(U + U_R)$, $U_R = -L \cdot di/dt$, i_L giảm tuyến tính.
- Trị số trung bình dòng điện nguồn: $I_N = \gamma I_L$
- Trị số trung bình dòng tải: $I_R = (1 - \gamma) I_L$.
- Bỏ qua tổn hao ta có: $U_R \cdot I_R = U_N \cdot I_N$ hay:

$$\frac{U_R}{U_N} = \frac{I_N}{I_R} = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

3.5.2. Bấm áp tích lũy điện dung

- Khi bộ bấm liên hệ giữa hai nguồn dòng, phần tử tích lũy năng lượng phải là điện dung



Hoạt động

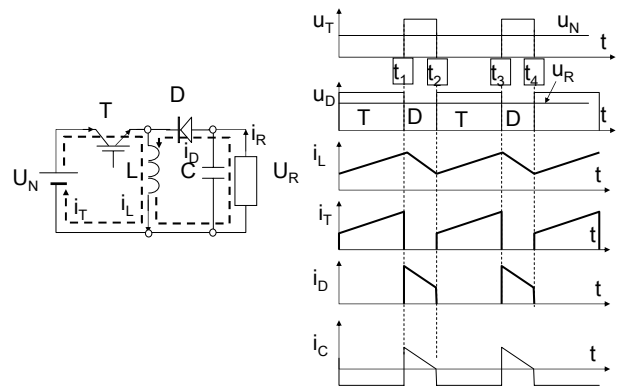
- Khi T dẫn, tụ cấp cho tải với dòng điện không đổi, $u_N = 0$, $u_R = u_C$, $i_C = I_R$, $du_C/dt = -I_R/C$; $i_T = I_N + I_R$; $u_T = 0$; $i_D = 0$, $u_D = -u_R$
- Khi diode dẫn, T khoá, nguồn nạp cho tụ với dòng điện I_N : $u_N = u_C$, $u_R = 0$, $i_N = i_C$, $du_C/dt = i_N/C$; $i_T = 0$; $u_T = u_C$; $i_D = I_N + I_R$, $u_D = 0$.
- Trị số trung bình điện áp nguồn: $U_N = (1 - \gamma) U_C$
- Trị số trung bình điện áp tải: $U_R = \gamma U_C$.
- Bỏ qua tổn hao ta có: $U_R \cdot I_R = U_N \cdot I_N$ hay:

$$\frac{U_R}{U_N} = \frac{I_N}{I_R} = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

3.6. Bộ băm tăng áp

Sơ đồ và hoạt động
Các biểu thức cơ bản

Sơ đồ động lực



- Trong khoảng $0 \div t_1$ transistor dẫn có dòng điện i_T chạy qua cuộn dây; diod khoá và chịu một điện áp bằng điện áp nguồn.
- Trong khoảng $t_1 \div t_2$ transistor khoá, cuộn dây xả năng lượng qua tải bằng dòng i_D . Dòng điện này đồng thời nạp cho tụ C.
- Khi transistor. dẫn lại, tụ xả qua tải để duy trì dòng điện trên tải. Coi điện dung của tụ lớn, dòng điện i_C qua tải bây giờ gần như không đổi

Các biểu thức cơ bản

- Khi T dẫn, diod chịu một điện áp:
- $U_D = U_N + U_C = U_N + U_{T\text{đi}}$
- Khi T khoá, nó chịu một điện áp
- $U_T = U_N + U_C = U_N + U_{T\text{đi}}$
- Các giá trị dòng điện

$$I_N = \frac{\gamma}{1-\gamma} I_d; I_L = I_N + I_d = \frac{1}{1-\gamma} I_d.$$

$$U_d = U_C = \frac{\gamma E_0}{1-\gamma} - \frac{\gamma^2 I_d R_0}{(1-\gamma)^2};$$

$$N\ddot{O}iR_0 = 0 \text{ tac\aa}$$

$$U_d = \frac{\gamma E_0}{1-\gamma}$$

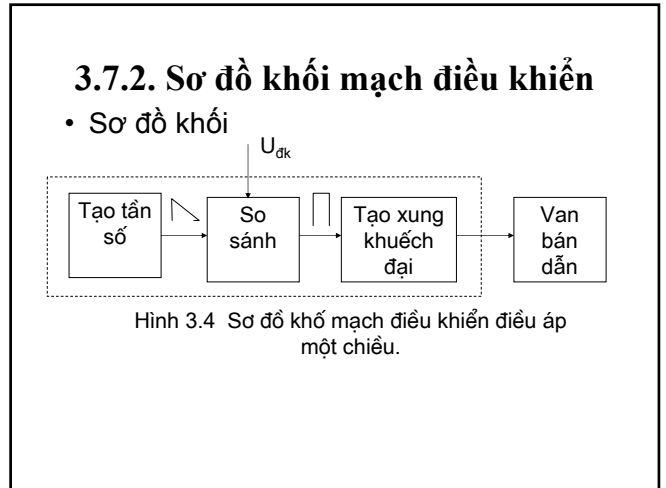
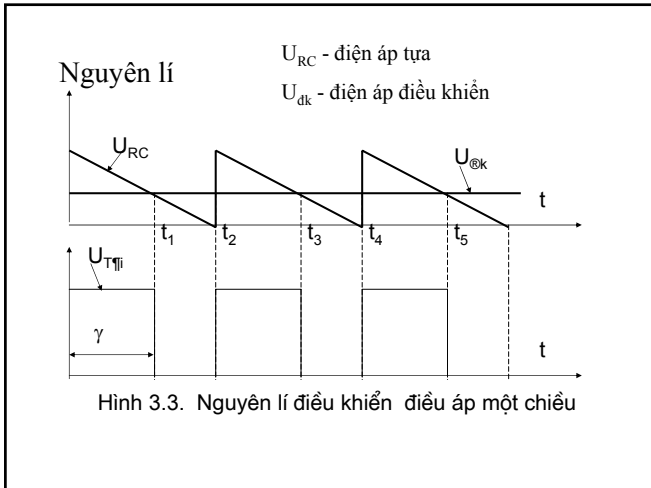
$$U_N = E_0 - \frac{\gamma}{1-\gamma} I_d R_0$$

3.7. Điều khiển một chiều các ngắt bán dẫn

1. Nguyên lí điều khiển
2. Sơ đồ khối mạch điều khiển
3. các khâu cơ bản
4. Mạch ví dụ

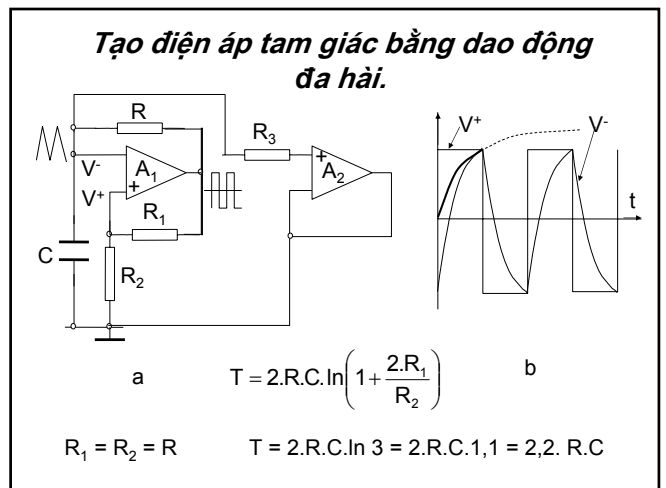
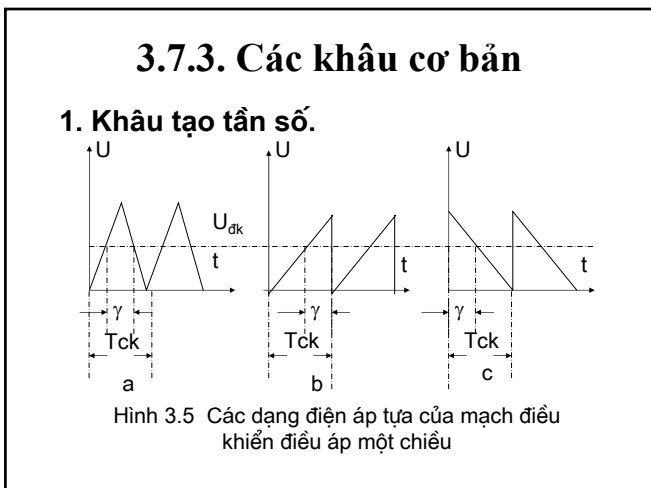
3.7.1. Nguyên lí điều khiển

- Mạch điều khiển băm áp một chiều có nhiệm vụ xác định thời điểm mở và khoá van bán dẫn trong một chu kì chuyển mạch. Như đã biết ở trên, chu kì đóng cắt van nên thiết kế cố định. Điện áp tải khi điều khiển được tính
- $U_{T\text{đi}} = \gamma \cdot U_1$

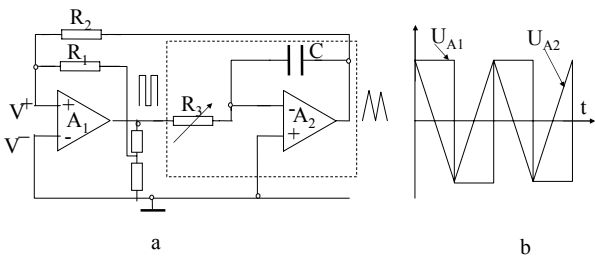


- Khâu tạo tần số** có nhiệm vụ tạo điện áp tựa răng của U_{rc} với tần số theo ý muốn người thiết kế. Tần số của các bộ điều áp một chiều thường chọn khá lớn (hàng chục KHz). Tần số này lớn hay bé là do khả năng chịu tần số của van bán dẫn. Nếu van động lực là Thyristor tần số của khâu tạo tần số khoảng 1-5 KHz. Nếu van động lực là transistor lưỡng cực, trường, IGBT tần số có thể hàng chục KHz.

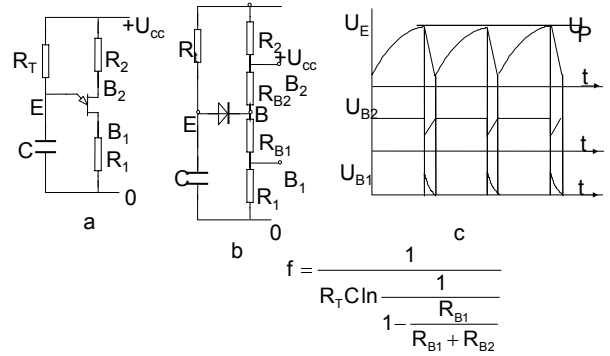
- Khâu so sánh** có nhiệm vụ xác định thời điểm điện áp tựa bằng điện áp điều khiển. Tại các thời điểm điện áp tựa bằng điện áp điều khiển thì phát lệnh mở hoặc khoá van bán dẫn..
- Khâu tạo xung, khuếch đại** có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở van bán dẫn. Một xung được coi là phù hợp để mở van là xung có đủ công suất (đủ dòng điện và điện áp điều khiển), cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực khi nguồn động lực hàng chục vôn trở lên. Hình dạng xung điều khiển phụ thuộc loại van động lực được sử dụng.



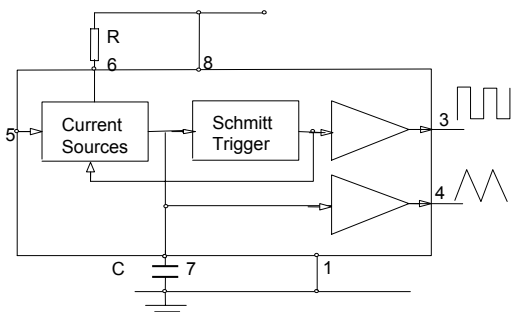
Tạo điện áp tựa bằng mạch tích phân



Mạch tích thoát (UJT)

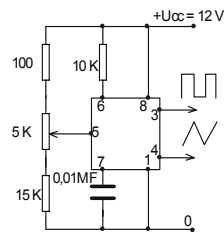


Mạch dao động bằng IC 566



Hình 3.6 Sơ đồ cấu trúc của IC566

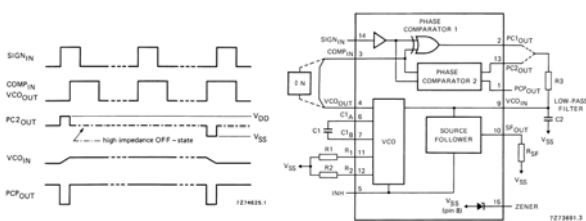
Mạch dao động bằng IC 566



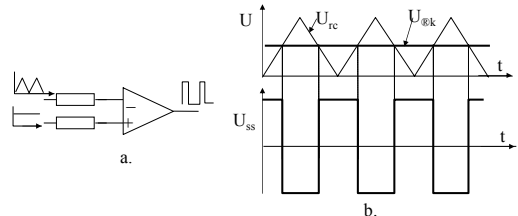
$$f_{\max} = \frac{2}{10^{10} \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} \left(\frac{12-9}{12} \right) = 5000 \text{Hz}$$

$$f_{\max} = \frac{2}{10^{10} \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} \left(\frac{12-11,9}{12} \right) = 170 \text{Hz}$$

Mạch tạo điện áp tựa bằng 4046

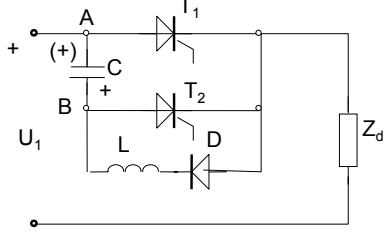


Khâu so sánh

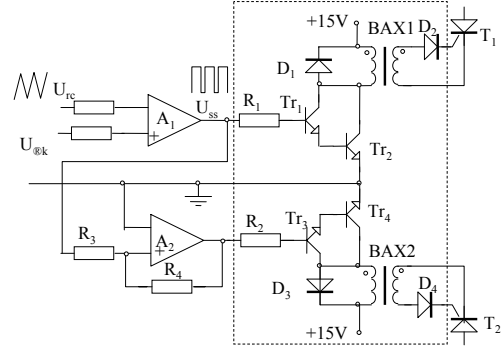


Khâu khuếch đại

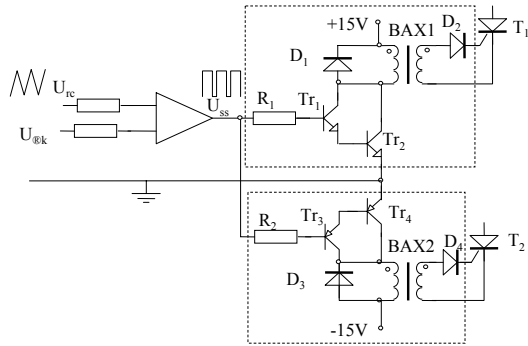
- a. Mạch khuếch đại cho điều áp một chiều bằng Thyristor.



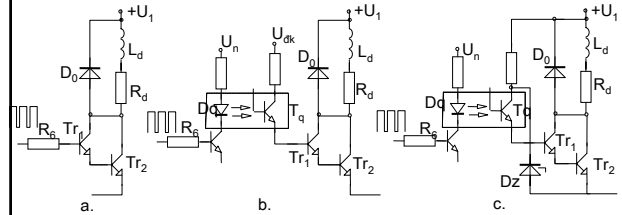
Sơ đồ mạch



Sơ đồ mạch khuếch đại (tiếp)



- b. Mạch khuếch đại cho van động lực là transistor



Chương 4 Chỉnh lưu

Nội dung

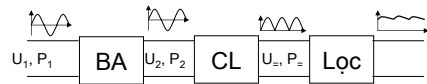
1. Khái quát
2. Chỉnh lưu nửa chu kì
3. Chỉnh lưu cả chu kì với biến áp trung tính
4. Chỉnh lưu cầu một pha
5. Chỉnh lưu tia ba pha
6. Chỉnh lưu cầu ba pha
7. Chỉnh lưu tia sáu pha
8. Nâng cao chất lượng dòng chỉnh lưu
9. Lọc một chiều

4.1 Khái quát chỉnh lưu

- Cấu trúc, định nghĩa
- Phân loại
- Các thông số cơ bản của chỉnh lưu
- Nguyên tắc dẫn của các ngắt điện bán dẫn

4.1.1. Cấu trúc, định nghĩa

- Định nghĩa: Chỉnh lưu là thiết bị biến đổi dòng điện (điện áp) xoay chiều thành dòng điện một chiều
- Cấu trúc chỉnh lưu như hình vẽ



4.1.2. Phân loại

- Theo số pha: một pha, hai pha, ba pha, sáu pha..
- Theo loại ngắt điện:
 - Toàn diode là chỉnh lưu không điều khiển
 - Toàn thyristor là chỉnh lưu điều khiển
- Một nửa chỉnh lưu, một nửa diode là chỉnh lưu bán điều khiển (chỉnh lưu điều khiển không đối xứng)
- Phân loại theo sơ đồ mắc
- Phân loại theo công suất

4.1.3. Các thông số cơ bản của chỉnh lưu

Những thông số có ý nghĩa quan trọng để đánh giá chỉnh lưu bao gồm:

1. Điện áp tải: $U_d = \frac{1}{T} \int_0^T u_d(\omega t) d\omega t$
2. Dòng điện tải: $I_d = U_{dc}/R_d$
3. Dòng điện chạy qua ngắt điện: $I_{ND} = I_d/m$
4. Điện áp ngược của ngắt điện: $U_N = U_{max}$
5. Công suất biến áp: $S_{BA} = \frac{S_{1BA} + S_{2BA}}{2} = k_{sd} \cdot U_d \cdot I_d$
6. Số lần đập mạch trong một chu kì m
7. Độ đập mạch (nhấp nhò) của điện áp tải

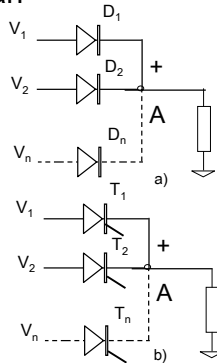
4.1.4. Nguyên tắc dẫn của các ngắt điện bán dẫn

- **Nhóm ngắt điện nối chung cathode**

- Nguyên tắc diode dẫn:

Điện áp anode của diode nào dương hơn diode ấy dẫn. Khi đó điện thế điểm A bằng điện thế anode dương nhất.

- Nguyên tắc dẫn và điều khiển thyristor



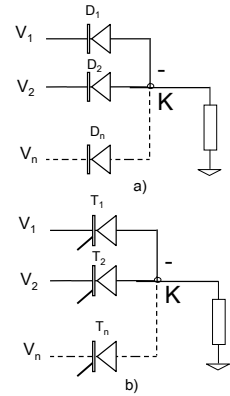
- **Nhóm ngắt điện nối chung anode**

- Nguyên tắc diode dẫn:

Điện áp cathode ngắt điện nào âm hơn diode ấy dẫn. Khi đó điện thế điểm K bằng điện thế anode âm nhất.

- Nguyên tắc dẫn và điều khiển thyristor:

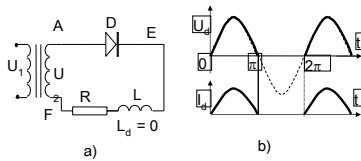
Phụ thuộc vào điện thế dương trên cực anode và tín hiệu điều khiển.



4.2. Chỉnh lưu một nửa chu kì

- **4.2.1. Chỉnh lưu không điều khiển**

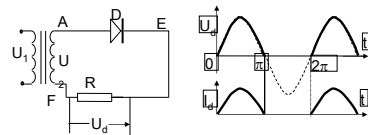
- Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kì không điều khiển trên hình vẽ



Xét trường hợp tải thuần trở

Các thông số của sơ đồ

- Điện áp tải $U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t \cdot d\omega = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,45U_2$
- Dòng điện tải: $I_d = U_{dc}/R_d$
- Dòng điện chạy qua diode: $I_D = I_d$
- Điện áp ngược của ngắt điện: $U_N = \sqrt{2}U_2$
- Công suất biến áp: $S_{BA} = \frac{S_{1BA} + S_{2BA}}{2} = 3,09 U_d I_d$

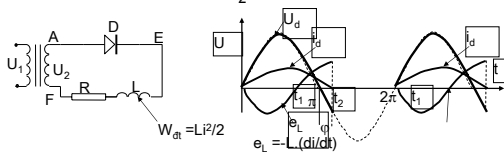


Xét trường hợp tải điện cảm

Do có tích lũy và xả năng lượng của cuộn dây, do đó dòng điện và điện áp có dạng như hình vẽ

Các thông số của sơ đồ

- Điện áp tải $U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t \cdot d\omega = 0,45U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2}$
- Dòng điện tải: $I_d = U_{dc}/R_d$
- Dòng điện chạy qua diode: $I_D = I_d$
- Điện áp ngược của ngắt điện: $U_N = \sqrt{2}U_2$
- Công suất biến áp: $S_{BA} = \frac{S_{1BA} + S_{2BA}}{2} = 3,09 U_d I_d$

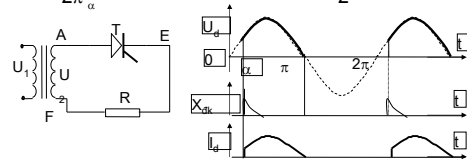


4.2.2 Chỉnh lưu một nửa chu kì có điều khiển

a. Trường hợp tải thuần trở

Điện áp tải được tính

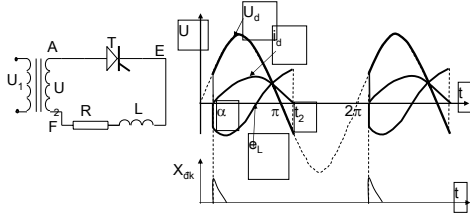
$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_\alpha^\pi \sqrt{2}U_2 \sin \omega t \cdot d\omega = 0,45U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$



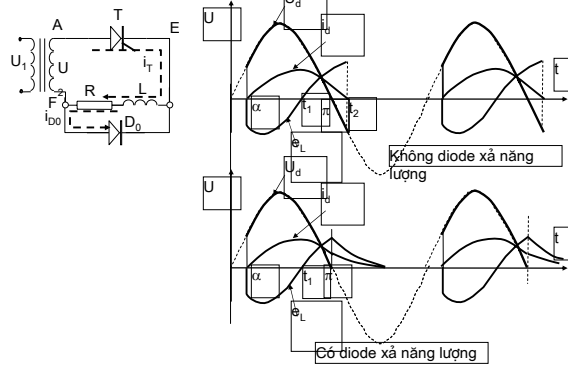
b. Xét trường hợp tải điện cảm

Điện áp tải được tính

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t \cdot \dot{\omega}t = 0,45U_2 \frac{\cos\phi + \cos\alpha}{2}$$



c. Tải điện cảm có diode xả năng lượng

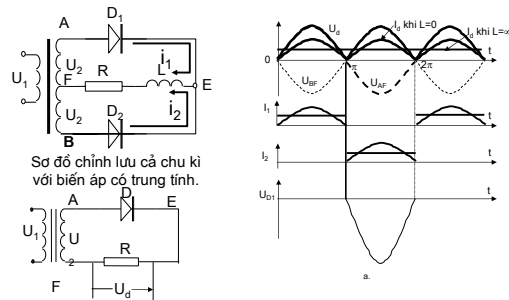


4.3. Chỉnh lưu cả chu kì với biến áp có trung tính

- Chỉnh lưu không điều khiển
- Chỉnh lưu có điều khiển
- Chế độ trùng dẫn (chuyển mạch)

4.3.1. Chỉnh lưu không điều khiển

- Sơ đồ và các đường cong



Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kì với biến áp có trung tính.

Thông số của sơ đồ

- Điện áp, dòng điện chỉnh lưu và ngắt điện

$$U_{dib} = 2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin\omega t \cdot \dot{\omega}t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9U_2$$

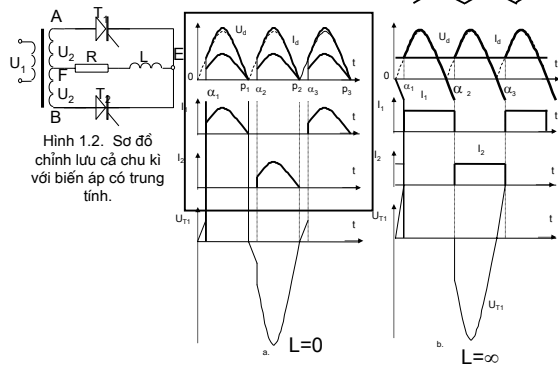
$$I_d = \frac{U_d}{R_d}$$

$$I_{Dtb} = \frac{I_d}{2}; I_{Dhd} = \frac{I_d}{\sqrt{2}}$$

$$U_{ND} = 2 \cdot \sqrt{2}U_2$$

$$S_{BA} = \frac{S_{1BA} + S_{2BA}}{2} = \frac{1,23 + 1,74}{2} U_d I_d \approx 1,48 U_d I_d$$

4.3.2. Chỉnh lưu có điều khiển



Hình 1.2. Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kì với biến áp có trung tính.

Điện áp chỉnh lưu

- Tải thuần trở

$$U_{dth} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} U_2 \sin \omega t \cdot d\omega t = 0,9 \cdot U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

- Tải điện cảm

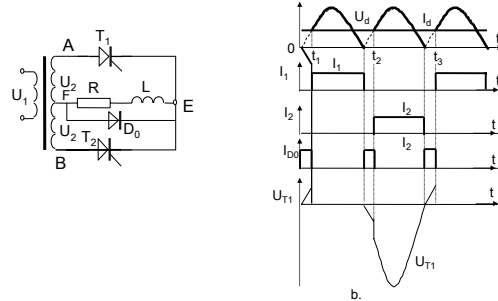
$$U_{dth} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi+\varphi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t \cdot d\omega t = 0,9 \cdot U_2 \frac{\cos \varphi + \cos \alpha}{2}$$

- Khi dòng điện liên tục $\alpha = \varphi$

- $U_d = 0,9 U_2 \cos \alpha$

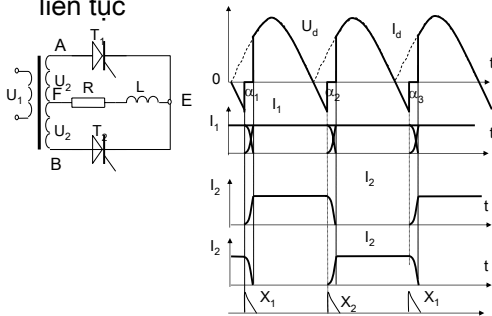
4.3.3. Chỉnh lưu có diode xả năng lượng

- Sơ đồ và các đường cong



4.3.4. Hiện tượng chuyển mạch

- Chỉ xét chuyển mạch khi dòng điện tải liên tục

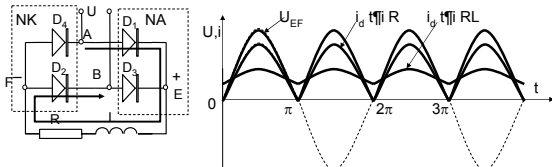


4.4. Chỉnh lưu cầu một pha

- Chỉnh lưu không điều khiển
- Chỉnh lưu điều khiển đối xứng
- Chỉnh lưu điều khiển không đối xứng

4.4.1. Chỉnh lưu không điều khiển

- Sơ đồ



Thông số của sơ đồ

- Điện áp và dòng điện tải có hình dạng giống như chỉnh lưu cả chu kỳ với BATT, do đó thông số giống như trường hợp trên

$$U_d = \frac{2}{2\pi} \int_0^\pi \sqrt{2} U_2 \sin \omega t \cdot d\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,9 U_2$$

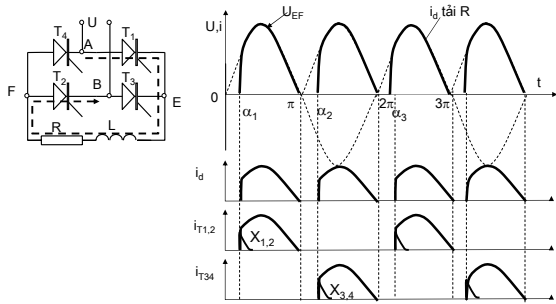
- Một số thông số khác:

$$U_{d0} = U_d + \Delta U_{BA} + 2 \cdot \Delta U_D + \Delta U_{dn}$$

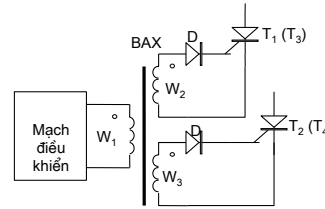
$$S_{BA} = 1,23 U_d \cdot I_d$$

$$U_n = \sqrt{2} U_{\sim}$$

4.4.2. chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng Sơ đồ, các đường cong



Đặc điểm điều khiển đồng thời hai ngắt điện Sơ đồ điều khiển đồng thời hai thyristor

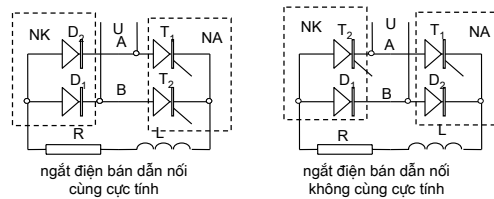


4.4.3. chỉnh lưu điều khiển không đối xứng a. Đặc điểm điều khiển

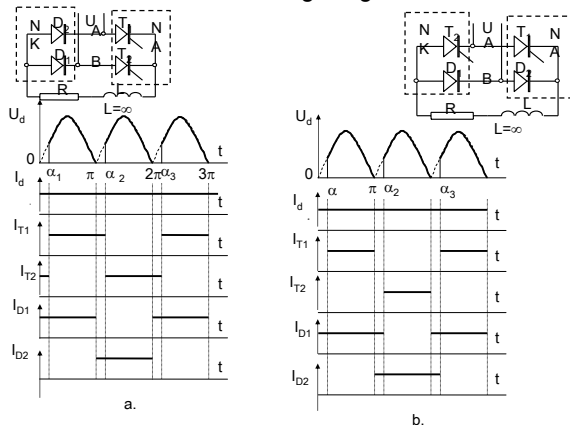
Khắc phục nhược điểm về điều khiển đồng thời hai thyristor
Tại mỗi thời điểm chỉ mở một thyristor

b. Sơ đồ

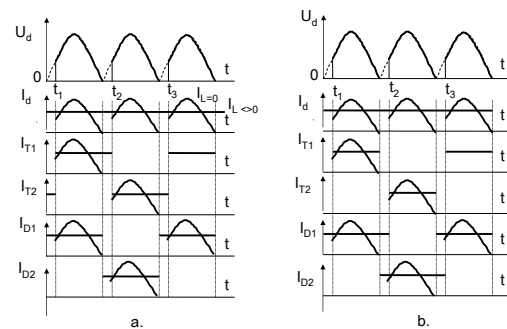
- Tùy theo cách mắc thyristor có hai loại sơ đồ:



Các đường cong



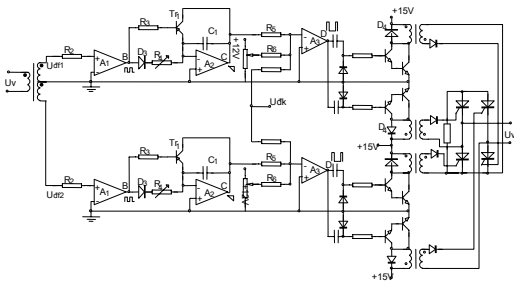
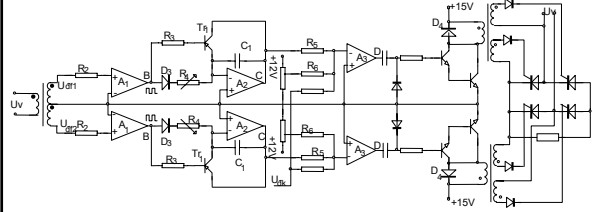
Các đường cong



4.4.4. Nhận xét

- Chỉnh lưu cầu một pha có chất lượng điện tương đương chỉnh lưu cả chu kì với BATT
- Tổng sụt áp trên ngắt điện lớn nên không chọn khi điện áp tải thấp
- Biến áp dễ chế tạo hơn

Điều khiển chỉnh lưu cầu một pha



Mạch điều khiển chỉnh lưu cầu một pha đối xứng

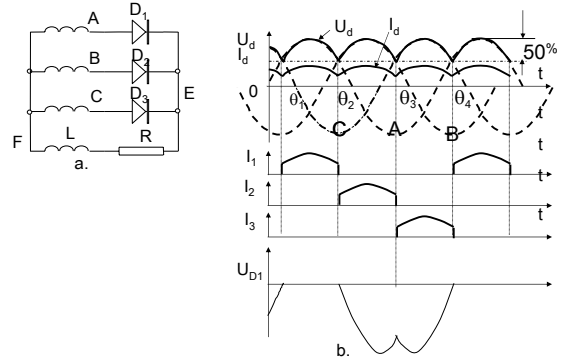
4.5 Chỉnh lưu tia ba pha

- Chỉnh lưu không điều khiển
- Chỉnh lưu có điều khiển
- Hiện tượng trùng dẫn

4.5.1. Chỉnh lưu không điều khiển

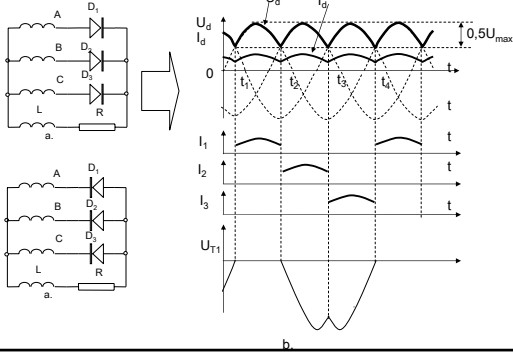
Sơ đồ và hoạt động của nó
Các thông số cơ bản của sơ đồ

a. Sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha không điều khiển



b. Chỉnh lưu không điều khiển

Sơ đồ và các đường cong



c. Thông số của sơ đồ

- Điện áp, dòng điện chỉnh lưu và ngắt điện

$$U_{d\text{tb}} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}U_{2f} \sin\omega t \cdot d\omega t = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_{2f} = 1,17 \cdot U_{2f}$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d}; I_{D\text{tb}} = \frac{I_d}{3}; I_{D\text{hd}} = \frac{I_d}{\sqrt{3}};$$

$$U_{ND} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} U_{2f} = 2,45 \cdot U_{2f} = (2,45/1,17) U_d$$

$$S_{BA} = \frac{S_{1BA} + S_{2BA}}{2} = \frac{1,23 + 1,48}{2} U_d I_d \approx 1,35 U_d I_d$$

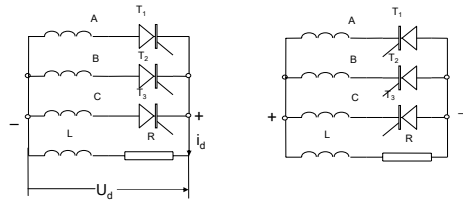
$$m = 3$$

4.5.2. Chỉnh lưu có điều khiển

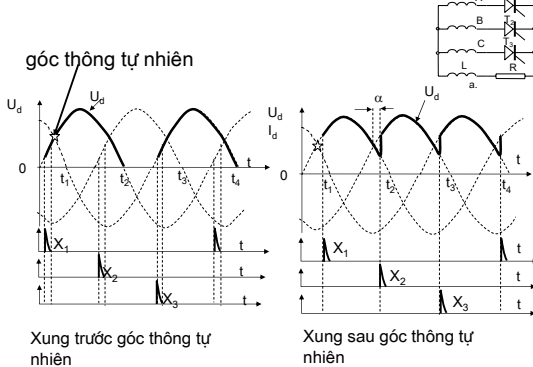
- Nguyên tắc điều khiển
- Hoạt động của sơ đồ khi tải thuần trở
- Hoạt động của sơ đồ khi tải điện cảm
- Hoạt động của sơ đồ khi có diode xả năng lượng

a. Chỉnh lưu có điều khiển

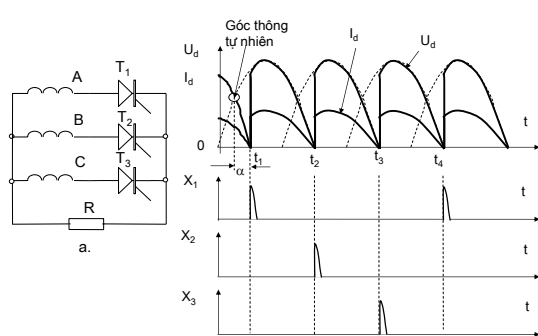
Sơ đồ



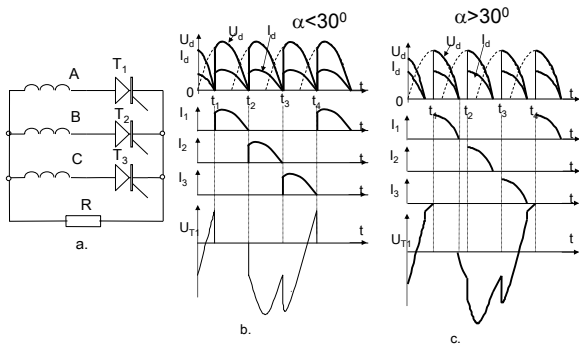
- Định nghĩa về góc thông tự nhiên



b. Nguyên tắc điều khiển



c. Hoạt động của sơ đồ khi tải thuần trở



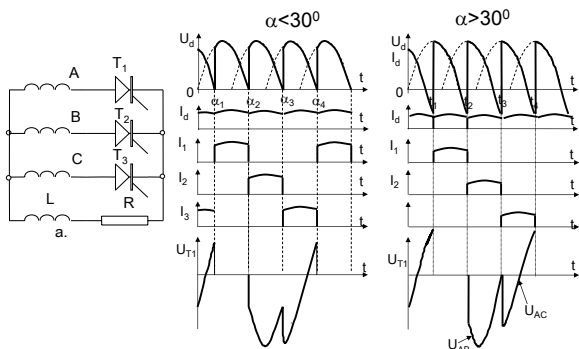
Thông số của sơ đồ

- Điện áp chỉnh lưu
- Khi tải thuần trở góc mở nhỏ hơn 30°

$$U_{dib} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{5\pi}{6} + \alpha}^{\frac{\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} U_{2f} \sin \omega t \cdot d\omega t = 1,17 \cdot U_{2f} \cos \alpha$$
- Khi góc mở ngắt điện lớn hơn 30°

$$U_{dib} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} U_{2f} \sin \omega t \cdot d\omega t = 1,17 \cdot U_{2f} \frac{1 + \cos(\alpha + \frac{\pi}{6})}{\sqrt{3}}$$
- Các thông số còn lại như chỉnh lưu không điều khiển

d. Hoạt động của sơ đồ khi tải điện cảm

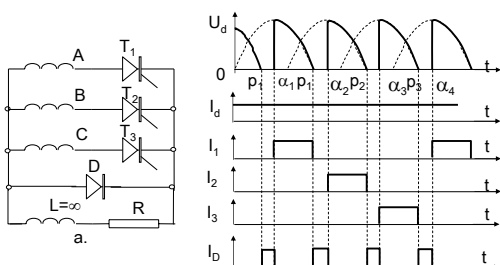


Thông số của sơ đồ

- Điện áp chỉnh lưu

$$U_{dib} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} U_{2f} \sin \omega t \cdot d\omega t = 1,17 \cdot U_{2f} \cos \alpha$$

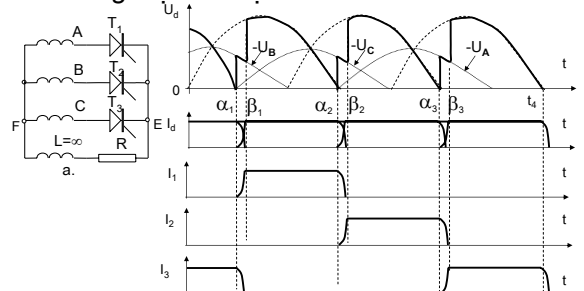
e. Hoạt động của sơ đồ khi có diode xả năng lượng



$$U_{dib} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} U_{2f} \sin \omega t \cdot d\omega t = 1,17 \cdot U_{2f} \frac{1 + \cos(\alpha + \frac{\pi}{6})}{\sqrt{3}}$$

4.5.3. Hiện tượng trùng dẫn

- Xét sơ đồ có tải điện cảm lớn để cho dòng điện liên tục



Xét trùng dẫn hai pha A, C

Phương trình mạch điện

$$U_A - U_C = 2L_{BA} \frac{di}{dt} + 2R_{BA} i$$

$$U_A = U_{2m} \sin \omega t, \quad U_C = U_{2m} \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{m} \right)$$

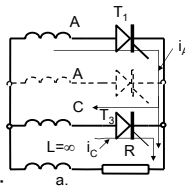
$$U_A - U_C = 2U_{2m} \sin \frac{\pi}{m} \sin \left[\omega t - \left(90^\circ - \frac{\pi}{m} \right) \right]$$

Sau khi giải phương trình trên ta có:

$$i_A = \frac{U_{2m}}{X_{BA}} \sin \frac{\pi}{m} [\cos \alpha + \cos(\omega t + \alpha)]$$

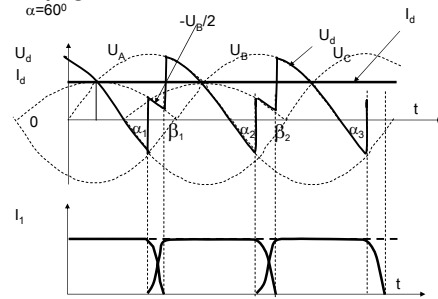
$$i_C = I_d - i_A$$

$$\text{Góc trùng dẫn được tính từ: } \cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) = \frac{X_{BA} I_d}{U_{2m} \sin \frac{\pi}{m}}$$



Trùng dẫn ở góc lớn hơn

- Hiện tượng



Dạng điện áp trong vùng trùng dẫn

Giả sử có sự trùng dẫn hai pha A và C. khi đó, phương trình điện áp viết cho pha A và C:

$$U_{EF} = U_A - R_{BA} \cdot i_A - L_{BA} (di_A/dt)$$

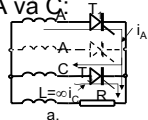
$$U_{EF} = U_C - R_{BA} \cdot i_C - L_{BA} (di_C/dt)$$

Cộng hai biểu thức trên lại ta có:

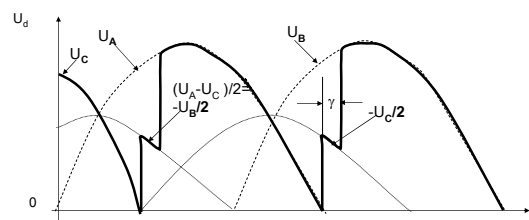
$$2 \cdot U_{EF} = U_A + U_C - (R_{BA} \cdot i_A + R_{BA} \cdot i_C) - [L_{BA} (di_A/dt) + L_{BA} (di_C/dt)]$$

Điện trở biến áp nhỏ nên $R_{BA} \cdot i_A + R_{BA} \cdot i_C \approx 0$, đạo hàm dòng điện khi tăng và giảm bằng nhau nên $L_{BA} (di_A/dt) + L_{BA} (di_C/dt) = 0$. Do đó:

$$U_{EF} = (U_A + U_C)/2 = -U_B/2$$



Hình dạng điện áp trong vùng trùng dẫn



- Giá trị điện áp chỉnh lưu khi có xét trùng dẫn

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{X_{BA} \cdot I_d}{m}$$

$$\Delta U_\gamma = \frac{m}{2\pi} \int_0^\gamma (U_A - U_{dN}) d\omega t = \frac{m}{2\pi} \int_0^\gamma \left(U_A - \frac{U_C - U_A}{2} \right) d\omega t$$

$$\Rightarrow \Delta U_\gamma = \frac{X_{BA} \cdot I_d}{m}$$

Một số nhận xét

- Chất lượng dòng điện một chiều ở chỉnh lưu tia ba pha tốt hơn các loại chỉnh lưu một pha
- Dòng điện chạy qua ngắt điện nhỏ hơn, phát nhiệt ít hơn
- Biến áp được chế tạo là loại ba pha ba trụ

4.6. CHỈNH LƯU CẦU BA PHA

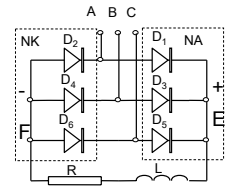
- Chỉnh lưu không điều khiển
- Chỉnh lưu điều khiển đối xứng
- Chỉnh lưu điều khiển không đối xứng

4.6.1. Chỉnh lưu không điều khiển

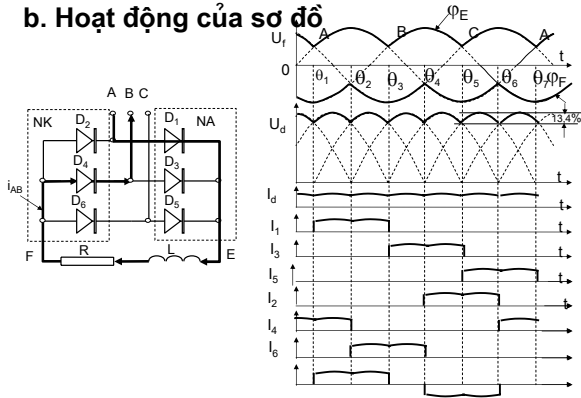
a. Sơ đồ:

Mô tả sơ đồ:

Hai nhóm ngắt điện NA mắc chung cathode cho điện áp dương, NK mắc chung anode cho điện áp âm



b. Hoạt động của sơ đồ



c. Thông số của sơ đồ

- Điện áp, dòng điện chỉnh lưu và ngắt điện

$$U_{dtb} = \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{4\pi/6} \sqrt{3}\sqrt{2}U_{2f} \sin\omega t \cdot d\omega t = \frac{2.3\sqrt{6}}{2\pi} U_{2f} = 2.117 \cdot U_{2f}$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d}; I_{Dtb} = \frac{I_d}{3}; I_{Dhd} = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

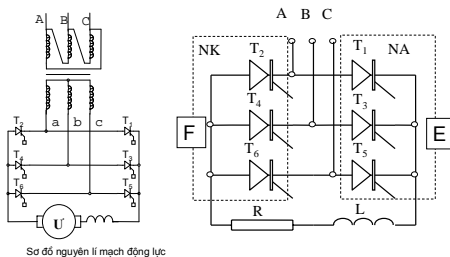
$$U_{ND} = \sqrt{2}\sqrt{3}U_{2f} = 2.45 \cdot U_{2f} = (2.45/2.34)U_d$$

$$S_{BA} = 1.05 \cdot U_d I_d$$

$$m = 6$$

4.6.2. CHỈNH LƯU ĐIỀU KHIỂN ĐỐI XỨNG

a. Sơ đồ

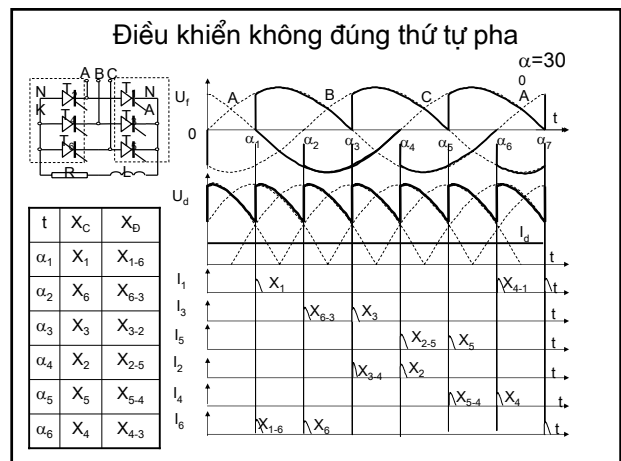
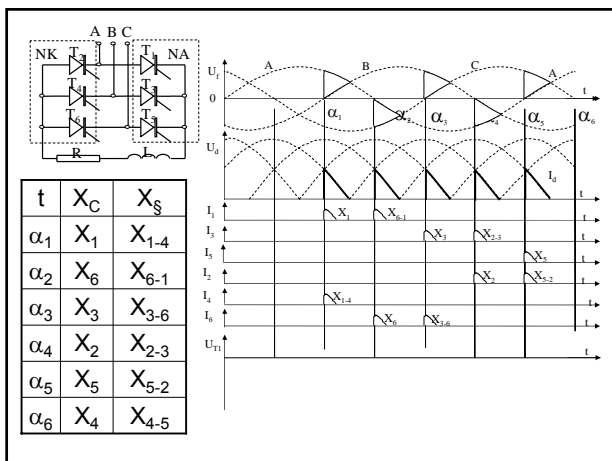
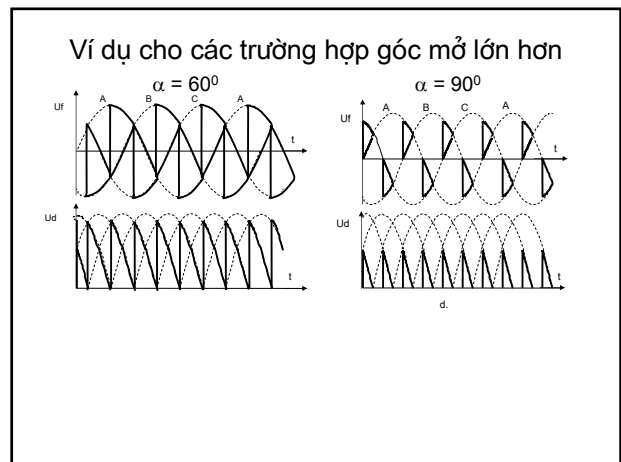
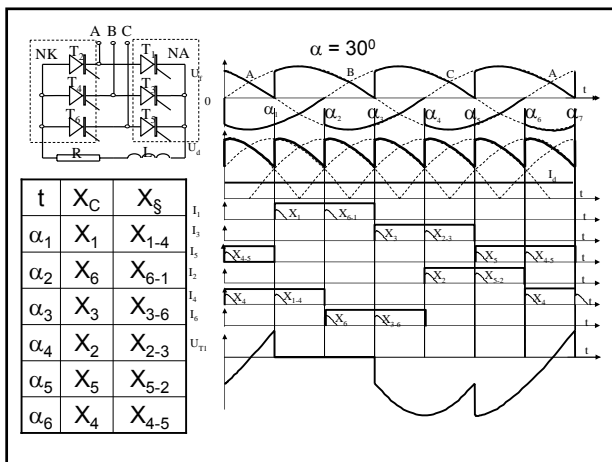
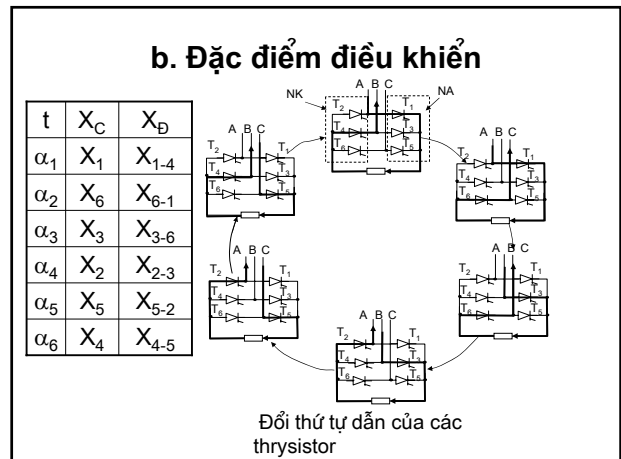
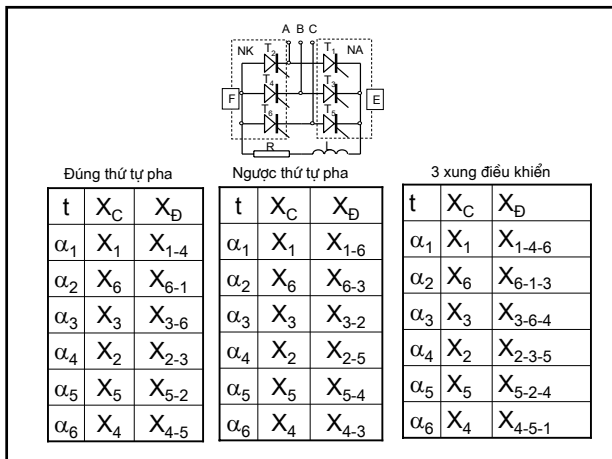


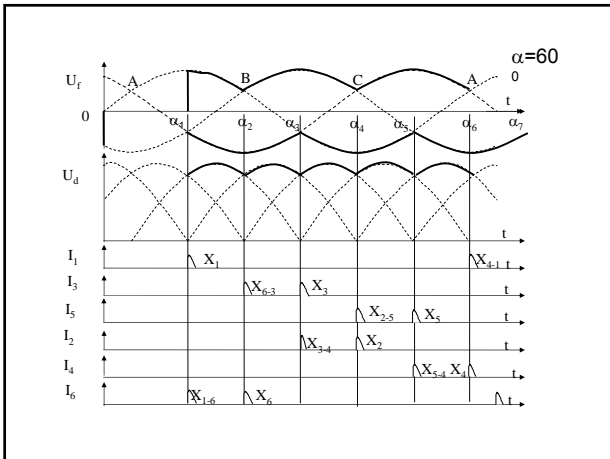
Sơ đồ nguyên lý mạch động lực

Ba cách cấp xung điều khiển

- Cấp hai xung điều khiển đúng thứ tự pha, hai xung điều khiển không đúng thứ tự pha, ba xung điều khiển như bảng dưới

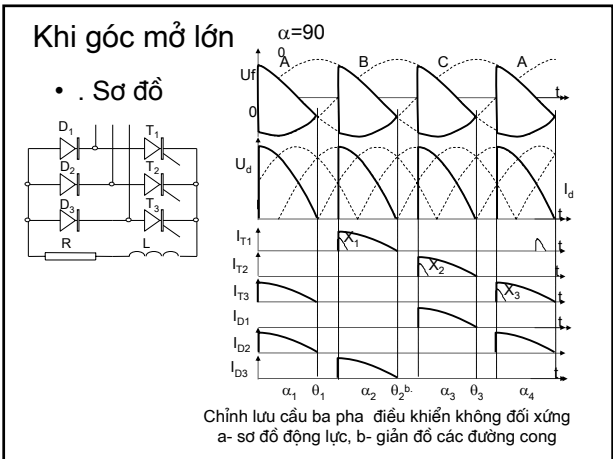
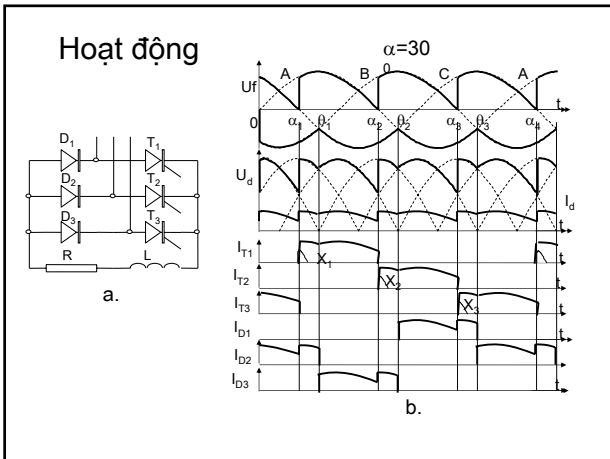
t	X _C	X _D	t	X _C	X _D	t	X _C	X _D
α ₁	X ₁	X ₁₋₄	α ₁	X ₁	X ₁₋₆	α ₁	X ₁	X ₁₋₄₋₆
α ₂	X ₆	X ₆₋₁	α ₂	X ₆	X ₆₋₃	α ₂	X ₆	X ₆₋₁₋₃
α ₃	X ₃	X ₃₋₆	α ₃	X ₃	X ₃₋₂	α ₃	X ₃	X ₃₋₆₋₄
α ₄	X ₂	X ₂₋₃	α ₄	X ₂	X ₂₋₅	α ₄	X ₂	X ₂₋₃₋₅
α ₅	X ₅	X ₅₋₂	α ₅	X ₅	X ₅₋₄	α ₅	X ₅	X ₅₋₂₋₄
α ₆	X ₄	X ₄₋₅	α ₆	X ₄	X ₄₋₃	α ₆	X ₄	X ₄₋₅₋₁





4.6.3. Chỉnh lưu điều khiển không đối xứng

• Sơ đồ



4.7 Chỉnh lưu tia sáu pha

Sơ đồ chỉnh lưu không điều khiển
Chỉnh lưu có điều khiển

4.7.1. Chỉnh lưu không điều khiển

a. Sơ đồ

b. Thông số của sơ đồ

- Điện áp, dòng điện chỉnh lưu và ngắt điện

$$U_{dtb} = \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/3} \sqrt{2}U_{2f} \sin\omega t \cdot d\omega t = 1,35U_{2f}$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d}; I_{Dtb} = \frac{I_d}{6}; I_{Dhd} = \frac{I_d}{\sqrt{6}};$$

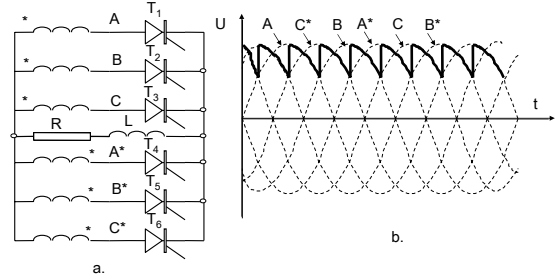
$$U_{ND} = 2 \cdot \sqrt{2}U_{2f}$$

$$S_{BA} = 1,26U_d I_d$$

$$m = 6$$

4.7.2. Chỉnh lưu có điều khiển

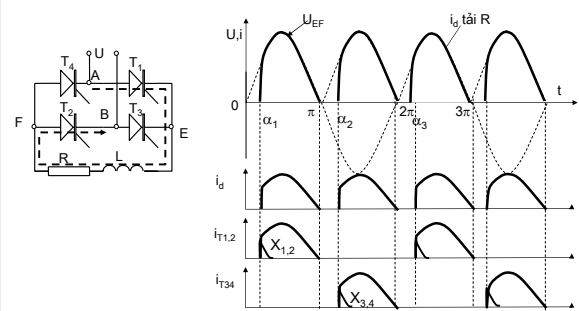
- Sơ đồ



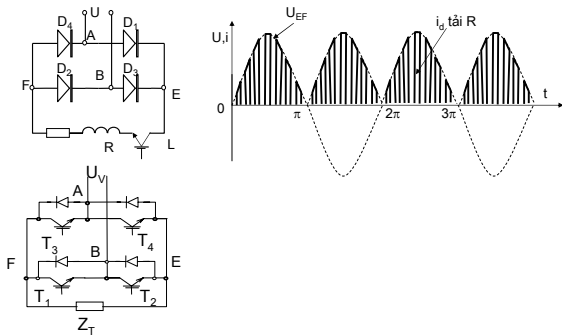
4.8. Chỉnh lưu chất lượng cao

Chỉnh lưu 1 pha

- Chỉnh lưu cơ sở

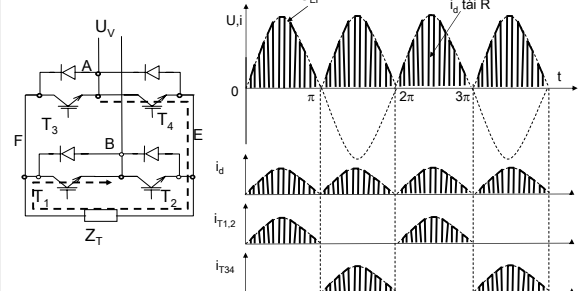


Sơ đồ tương đương CL - BA

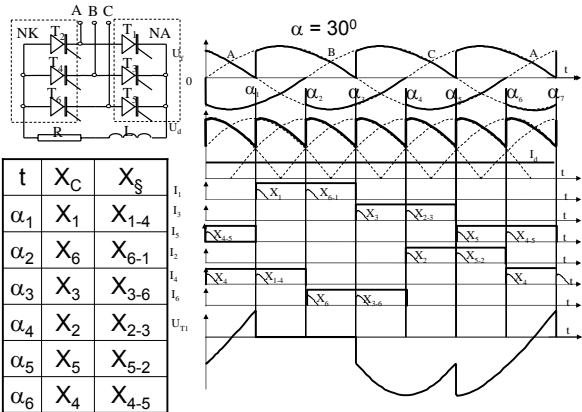
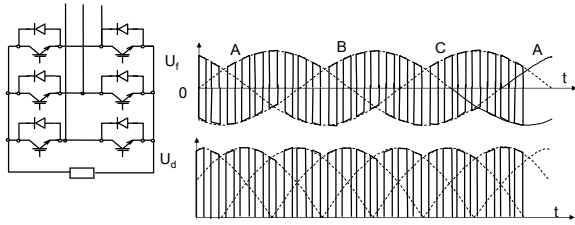


Chỉnh lưu dùng tranzitor

- Sơ đồ

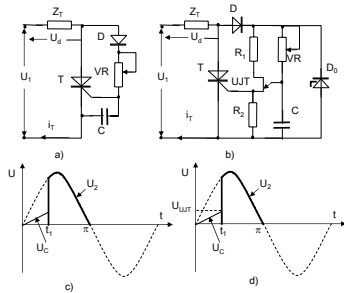


Chỉnh lưu cầu ba pha



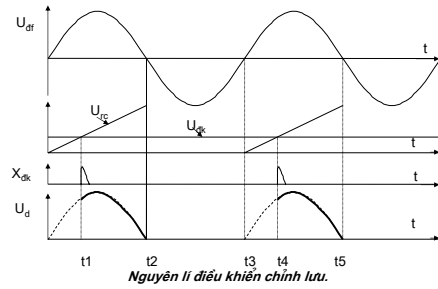
4.9. Thiết kế mạch điều khiển

4.9.1. Mạch điều khiển thyristor đơn giản



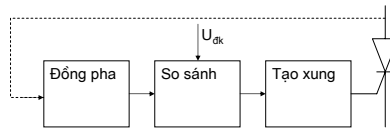
Thiết kế mạch điều khiển theo nguyên tắc thẳng đứng.

a. Nguyên lý điều khiển.



b. Sơ đồ khối mạch điều khiển.

Sơ đồ khối.

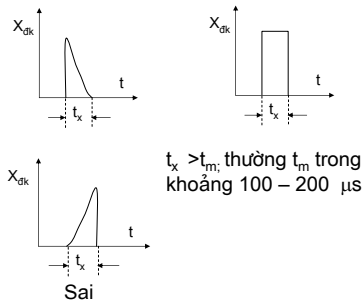


Sơ đồ khối mạch điều khiển

Chức năng của các khâu

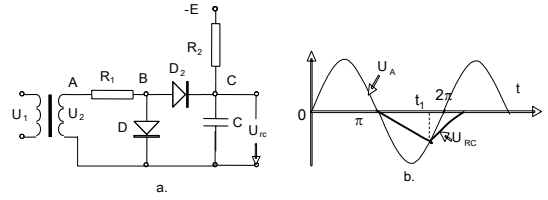
- **Khâu đồng pha** có nhiệm vụ tạo điện áp tựa U_{rc} (thường gặp là điện áp dạng răng cưa tuyến tính) trùng pha với điện áp anode của thyristor.
- **Khâu so sánh** nhận tín hiệu điện áp răng cưa và điện áp điều khiển, có nhiệm vụ so sánh giữa điện áp tựa với điện áp điều khiển U_{dk} , tìm thời điểm hai điện áp này bằng nhau ($U_{dk} = U_{rc}$). Tại thời điểm hai điện áp bằng nhau, thì phát xung ở đầu ra để gửi sang tầng khuếch đại
- **Khâu tạo xung** có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở thyristor. Xung để mở thyristor có yêu cầu: sườn trước dốc thẳng đứng, để đảm bảo yêu cầu thyristor mở tức thời khi có xung điều khiển (thường gặp loại xung này là xung kim hoặc xung chữ nhật); đủ độ rộng (với độ rộng xung lớn hơn thời gian mở của thyristor); đủ công suất; cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực (nếu điện áp động lực quá lớn).

• Dạng xung phù hợp để mở thyristor

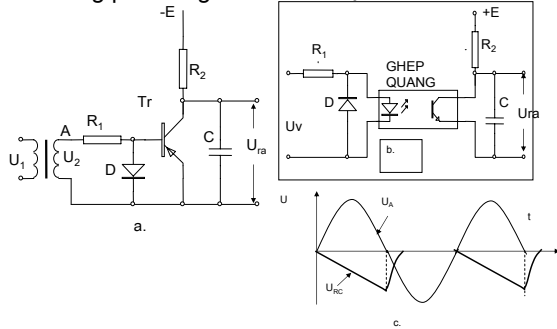


Các khâu cơ bản

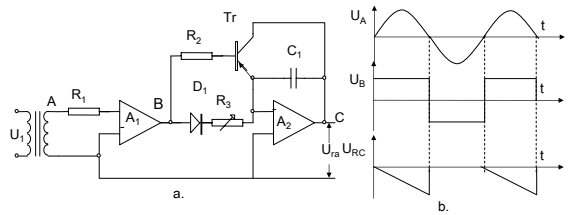
• Khâu đồng pha dùng diode và tụ



• Đồng pha dùng tranzitor và tu



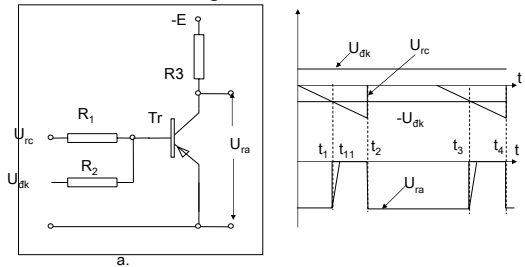
• Đồng pha dùng khuếch đại tuyến tính



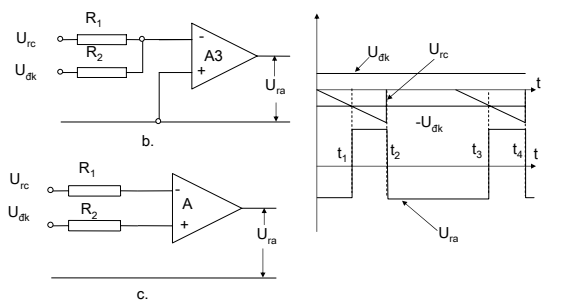
Khâu đồng pha dùng KĐTT.

a- sơ đồ; b- các đường cong điện áp các khâu.

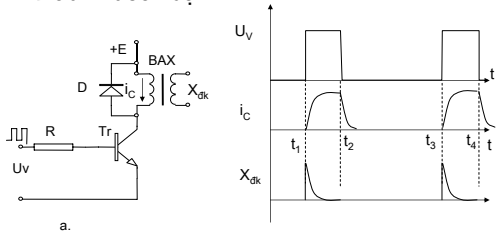
• Khâu so sánh dùng tranzitor



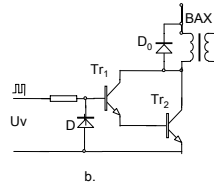
• So sánh dùng KĐTT



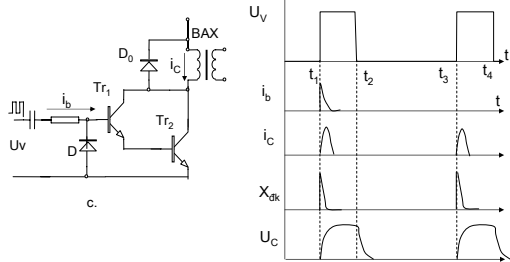
- Khâu khuếch đại



- Khâu so sánh với khuếch đại mắc darlington

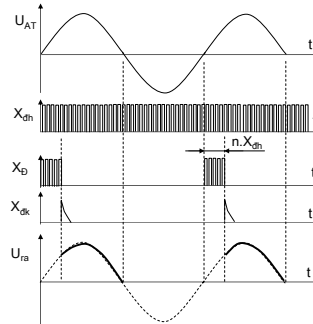


- Sơ đồ có tụ ghép tầng

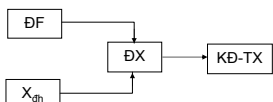


4.9.2. Thiết kế mạch điều khiển bằng mạch số.

- Nguyên lý điều khiển

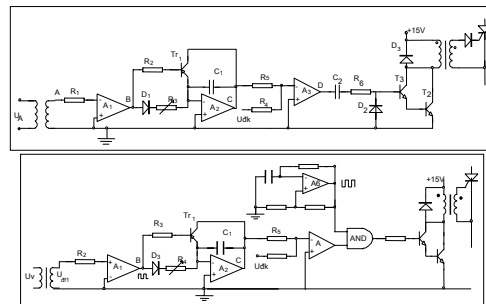


Sơ đồ khối mạch điều khiển bằng mạch số

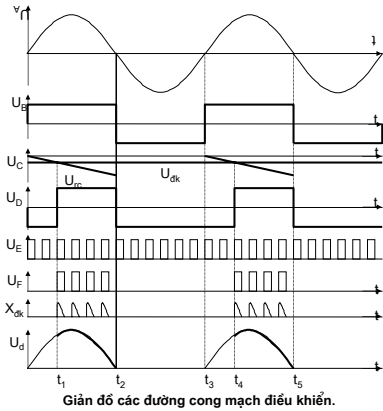


Sơ đồ khối điều khiển thyristor trong mạch chỉnh lưu bằng mạch số

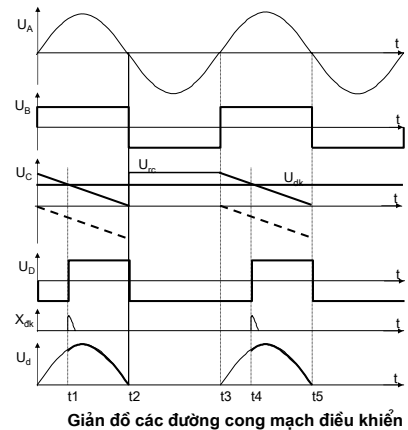
- Sơ đồ ví dụ một mạch điều khiển



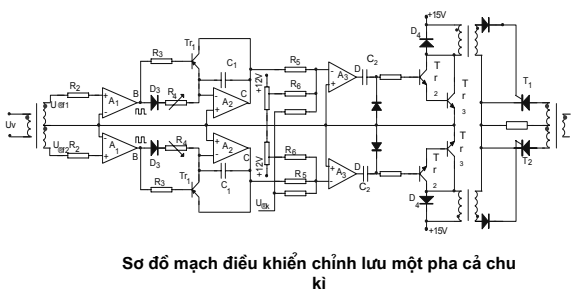
- Nguyên lý hoạt động của sơ đồ



- Sơ đồ không chòm xung

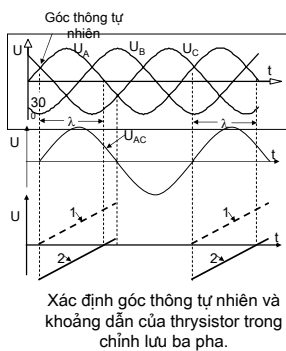


- Ví dụ điều khiển chỉnh lưu hai nửa chu kì

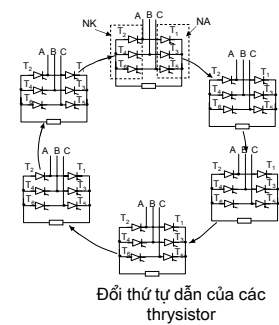


- Đặc điểm điều khiển chỉnh lưu tia ba pha
- Sự khác nhau giữa mạch điều khiển chỉnh lưu một pha với mạch chỉnh lưu ba pha chỉ ở điện áp đồng pha đưa vào. Góc thông tự nhiên của mạch chỉnh lưu ba pha dịch pha so với điện áp pha một góc là 30° (nếu lệnh mở thyristor trước thời điểm góc thông tự nhiên này thyristor không dẫn, vì thyristor pha trước đó đang dẫn, điện áp đang còn dương hơn). Do đó, điện áp tựa làm nền đưa vào để mở thyristor cũng cần dịch pha một góc 30° . Để dịch pha điện áp đồng pha đi một góc 30° cần nối biến áp đồng pha có sơ cấp nối tam giác. Khi đó điện áp thứ cấp mỗi pha biến áp trùng pha với điện áp dây (điện áp dây dịch pha so với điện áp pha một góc là 30° , U_{AC})

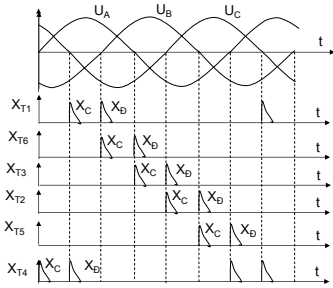
- Tạo điện áp đồng pha của chỉnh lưu tia ba pha



- Đặc điểm điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha
- Thứ tự cấp xung điều khiển như hình bên

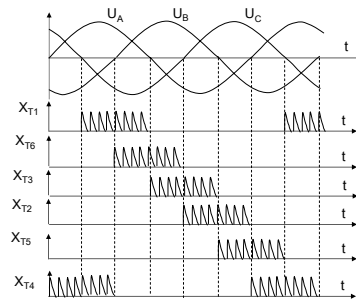


- Điều khiển kiểu đệm xung điều khiển



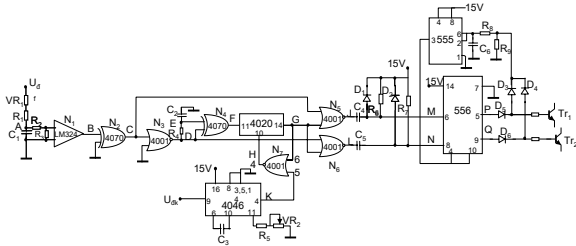
Cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng cách đệm xung điều khiển

- Điều khiển bằng chùm xung điều khiển

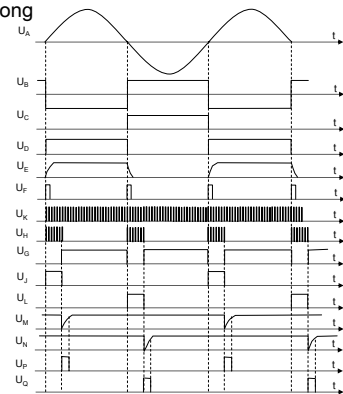


Cấp xung điều khiển chỉnh lưu cầu ba pha đối xứng bằng chùm xung điều khiển

Sơ đồ ví dụ mạch điều khiển số



- Giảm đồ đường cong



- Điện áp hìn sin U_A từ lưới điện cung cấp cho bộ chỉnh lưu, đồng thời cung cấp cho mạch điều khiển qua biến áp, đưa tới đầu vào của vi mạch so sánh (N1), đầu ra UB của N1 đưa tới cổng không đồng trị 4070 (N2), nhằm tạo điện áp UC một dấu. Phần tử NOR (N3) cùng với cổng không đồng trị N4 tạo ra tín hiệu UF đưa vào chân 11 của vi mạch 4020 làm tín hiệu RESET ở đầu mỗi nửa chu kỳ của sóng điện áp lưới của mỗi pha.
- Điện áp điều khiển ($U_{đk}$) được đưa vào chân 9 của vi mạch 4046 để tạo ra tín hiệu dao động UK với tần số cao ở chân 4, vi mạch 4046 làm việc ở chế độ VCO, tần số xung fx của điện áp đầu ra (UK) được điều khiển bằng điện áp VCO ($U_{đk}$). Như vậy tùy vào sự thay đổi điện áp $U_{đk}$ mà tần số fx của tín hiệu đầu ra UK cũng thay đổi theo. Điện trở nối vào chân 11 (R_5, VR_2) và tụ C3 nối giữa chân 6 và chân 7 quyết định dải tần số của tín hiệu UK, điện trở ở chân 11 từ $10K\Omega \sim 1M\Omega$, tụ C3 có giá trị từ $50\mu F$ trở lên.

- Tín hiệu ra UK từ chân 4 của 4046 được đưa vào chân 10 (chân cp) của bộ đếm 4020 thông qua cổng NOR (N7) để làm tín hiệu đếm (UH).
- Khi bắt đầu chu kỳ điện áp, có tín hiệu RESET UF (tích cực ở mức cao) đưa tới chân 11 của bộ đếm sẽ xoá tất cả các trạng thái trước đó của các đầu ra về mức logic 0 vì thế chân 14 của 4020 (UG) cũng ở mức logic 0. Tín hiệu này UG được đưa tới phần tử NOR (N7) chờ sẵn. Khi tín hiệu vào thứ hai UK của phần tử NOR (N7) từ chân 4 của 4046 ở mức logic thấp thì điện áp ra UH của phần tử NOR (N7) ở mức cao, khi tín hiệu UK ở mức cao thì điện áp UH ở mức thấp. Như vậy qua phần tử NOR (N7) chùm xung từ đầu ra 4 của 4046 bị dịch pha đi một nửa chu kỳ xung. Chùm xung này được đưa vào chân 10 của bộ đếm, bộ đếm sẽ tiến hành đếm.

- Đầu ra của bộ đếm được lấy ở chân 14 (O9). Vì vậy, khi bộ đếm đếm được 29 = 512 xung thì chân 14 (UG) của bộ đếm sẽ chuyển từ mức logic 0 lên mức logic 1, tín hiệu UG có mức logic cao này đưa lại chân 6 của phần tử NOR (N7), cho tín hiệu ra UH của N7 mức 0 khoá xung đưa vào bộ đếm 4020. Như vậy bộ đếm không nhận được xung đếm sẽ ngừng đếm và giữ mức logic 1 của UG tại đầu ra 14. UG được giữ ở mức logic cao cho đến khi có một tín hiệu RESET UF tiếp theo được đưa tới chân 11 của bộ đếm (bởi vì phần tử N7 đã khoá xung đầu vào của bộ đếm nên bộ đếm không thể tự động quay lại đếm khi không có tín hiệu rừ chân RESET, chỉ khi nào có tín hiệu RESET UF, đầu ra UG của bộ đếm mới chuyển về mức thấp và bộ đếm mới bắt đầu đếm lại từ đầu).

- Như vậy, thời điểm mở thyristor được xác định khi đầu ra UG tại chân 14 của bộ đếm 4020 chuyển mức logic từ 0 lên 1. Thời gian để bộ đếm 4020 đếm được 29 để UG chuyển từ mức 0 lên mức 1 phụ thuộc vào tần số xung đầu vào, khi tần số xung càng lớn thì khoảng thời gian đếm càng nhỏ, nghĩa là góc mở α cũng nhỏ. Và ngược lại nếu tần số xung vào càng nhỏ thì khoảng thời gian đếm càng lớn dẫn đến góc mở α càng lớn, mà tần số đầu vào bộ đếm lại được điều khiển bởi điện áp Uđk. Vậy góc mở α phụ thuộc vào điện áp điều khiển (Uđk). Vì thế ta có thể khống chế góc mở α bằng điện áp điều khiển (Uđk).

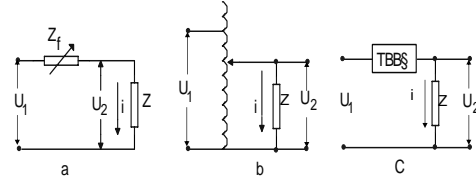
Chương 5. Điều áp xoay chiều

- 5.1. Khái quát về điều áp xoay chiều
- 5.2 Điều áp xoay chiều một pha
- 5.3. Điều khiển điều áp xoay chiều một pha
- 5.4 Điều áp xoay chiều ba pha
- 5.5. Điều khiển điều áp xoay chiều 3 pha

1

5.1. Khái quát về điều áp xoay chiều

- Các phương án điều áp xoay chiều
- Hình 5.1 giới thiệu một số mạch điều áp xoay chiều một pha



Hình 5.1 Các sơ đồ điều áp xoay chiều

2

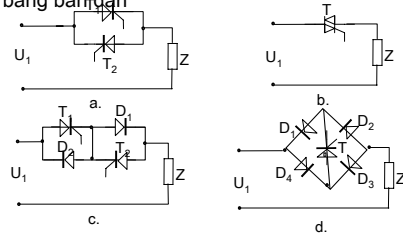
5.2. Điều áp xoay chiều một pha

- I. Sơ đồ điều áp xoay chiều một pha
- II. Điều áp một pha tải thuần trở
- III. Điều áp một pha tải trở cảm

3

I. Sơ đồ điều áp xoay chiều một pha

- Hình 5.2 giới thiệu các sơ đồ điều áp xoay chiều một pha bằng bán dẫn

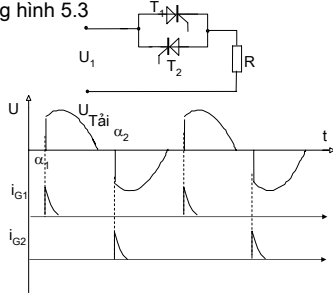


Hình 5.2 Sơ đồ điều áp xoay chiều một pha bằng bán dẫn a. bằng hai thyristor song song ngược; b. bằng triac; c. bằng một thyristor một diod; d. bằng bốn diod một thyristor

4

II. Điều áp xoay chiều một pha tải thuần trở

- Khi tải thuần trở hoạt động của sơ đồ hình 5.2 cho điện áp dạng hình 5.3



Hình 5.3

5

- Tại các thời điểm α_1, α_2 , có xung điều khiển các thyristor T_1, T_2 , các thyristor này dẫn. Nếu bỏ qua sụt áp trên các thyristor, điện áp tải có dạng như hình vẽ. Dòng điện tải đồng dạng điện áp và được tính:

$$i = \frac{U_m \sin \omega t}{R} \quad (5.1)$$

- Khi thyristor khóa $i = 0$
- Trị số dòng điện hiệu dụng được tính

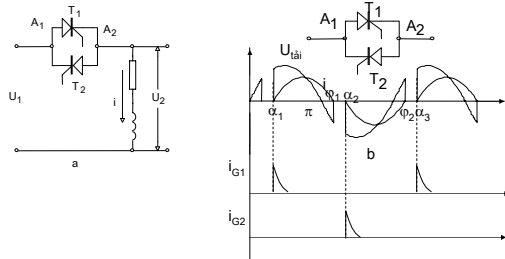
$$I^2 = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{U_m^2}{R^2} \sin^2 \omega t \cdot dt = \frac{U_m^2}{R^2} \left[\frac{\omega t}{2\pi} - \frac{\sin 2\omega t}{4\pi} \right]_{\alpha}^{\pi} \quad (5.2)$$

$$I^2 = \frac{U_m^2}{R^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{2\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{4\pi} \right) \quad I = \frac{U}{R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (5.3)$$

6

III. Điều áp xoay chiều một pha tải điện cảm

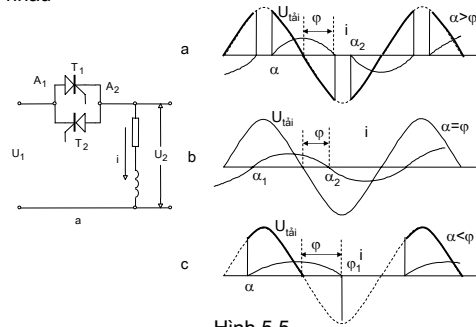
- Nguyên lý điều khiển



Hình 5.4

7

- Đường cong điện áp và dòng điện khi các góc mở khác nhau



Hình 5.5

8

Khi $\alpha > \varphi$, dòng điện tải gián đoạn

- Phương trình của mạch là:

$$L \frac{di}{dt} + Ri = U_m \sin \omega t \quad (5.4)$$

- Nghiệm của phương trình dòng điện là:

$$i = i_{cb} + i_{sd} = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) - \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{R}{L}(\frac{t-\alpha}{\omega})} \quad (5.5)$$

- Trong đó

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R} \quad (5.6)$$

9

Khi $\alpha < \varphi$, xung mỗi hẹp

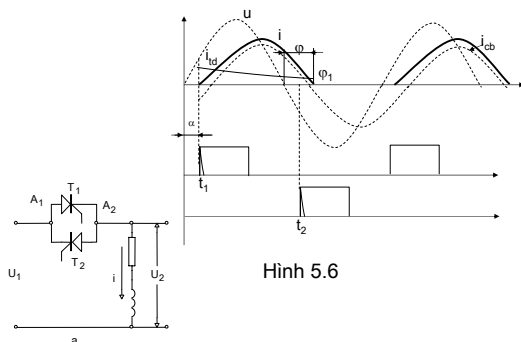
- Nếu xung mỗi dạng xung nhọn và hẹp, thyristor T_1 dẫn khi nhận được xung mỗi, phương trình dòng điện vẫn là:

$$i = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) - \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{R}{L}(\frac{t-\alpha}{\omega})} \quad (5.7)$$

- Dòng điện triệt tiêu khi $\omega t > \pi + \varphi$, do đó lớn hơn $\pi + \alpha$. Xung đưa tới cực điều khiển T_2 trước khi điện áp anod của nó chuyển sang +, do đó T_2 không dẫn.
- Việc không dẫn của T_2 là do: tại thời điểm có xung mỗi t_2 cuộn dây còn đang xả năng lượng, làm cho $U_{AK} < 0$.

10

- Đường cong dòng điện khi $\alpha < \varphi$



Hình 5.6

11

Trường hợp điều khiển bằng xung có độ rộng lớn

- Nếu xung mỗi dạng xung rộng, thyristor T_1 nhận được xung mỗi dẫn, phương trình dòng điện vẫn là:
- Dòng điện triệt tiêu khi $\omega t > \pi + \varphi$, do đó lớn hơn $\pi + \alpha$. Xung đưa tới cực điều khiển T_2 trước khi điện áp anod của nó chuyển sang +, nhưng xung mỗi có độ rộng đủ lớn nên đến khi dòng điện T_1 triệt tiêu T_2 vẫn còn tồn tại xung điều khiển nên nó được dẫn.

12

Trị hiệu dụng của dòng điện

- Khoảng dẫn λ của các thyristor được xác định từ phương trình siêu việt
- Trị hiệu dụng của dòng điện được tính từ biểu thức định nghĩa (5.9)
- Thay (5.7) vào (5.9) ta có (5.10)

$$\sin(\alpha + \lambda - \varphi) = \sin(\alpha - \varphi) e^{\frac{R}{\omega L \lambda}} \quad (5.8)$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\lambda} i^2(\omega t) \cdot \omega t \quad (5.9)$$

$$I_{\text{hd}} = \frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \sqrt{\frac{a+b+c(d-h)}{\pi}} \quad (4.10)$$

- Các hệ số trong biểu thức (5.10) có dạng:

$$a = 0,5[\lambda - \sin\lambda \cdot \cos(2\alpha - 2\varphi + \lambda)]$$

$$b = Q \sin^2(\alpha - \varphi) \left(1 - e^{-\frac{2\lambda}{Q}}\right);$$

$$c = \frac{2Q^2}{Q^2 + 1} \sin(\alpha - \varphi)$$

$$d = e^{-\frac{\lambda}{Q}} \left[\frac{1}{Q} \sin(\alpha + \lambda - \varphi) + \cos(\alpha + \lambda - \varphi) \right];$$

$$h = \frac{1}{Q} \sin(\alpha - \varphi) + \cos(\alpha - \varphi);$$

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R}$$

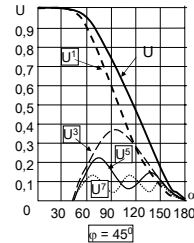
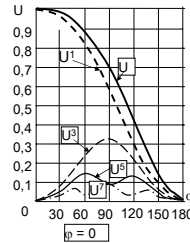
13

Đặc tính điều khiển

- Trị số điện áp tải được tính

$$U_{\text{eff}} = U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (4.11)$$

$$U_{\text{eff}} = U \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} - \frac{\sin 2(\alpha + \lambda) - \sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (4.12)$$



14

Dòng điện cơ bản của các điều hoà

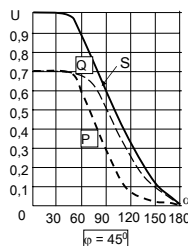
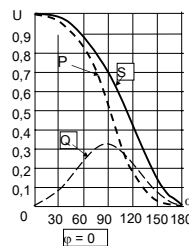
$$I_1 = \frac{U^1}{\sqrt{R^2 + (2\pi f \cdot L)^2}} = \frac{U^1}{R\sqrt{1+Q^2}}$$

$$I_3 = \frac{U^3}{R\sqrt{1+9Q^2}}$$

$$I_5 = \frac{U^5}{R\sqrt{1+25Q^2}}$$

15

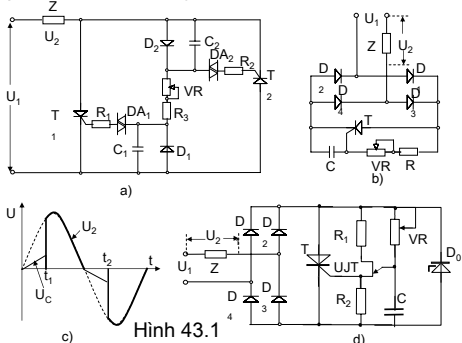
Biến thiên công suất theo góc mở



16

5.3. Mạch điều khiển điều áp xoay chiều một pha

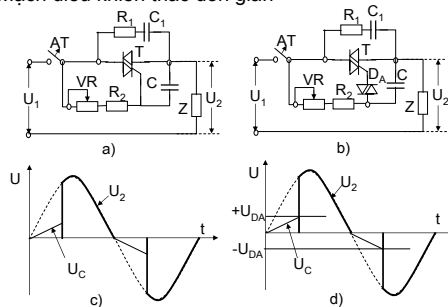
I. Mạch điều khiển đơn giản



Hình 43.1

17

- Mạch điều khiển triac đơn giản



Hình 43.2

18

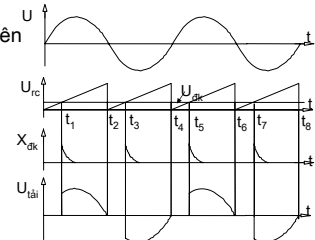
II. Nguyên lí điều khiển

- Về nguyên lí, mạch điều áp xoay chiều có van bán dẫn được mắc vào lưới điện xoay chiều, nên mạch điều khiển hoàn toàn giống như chỉnh lưu.
- Trường hợp mạch động lực được chọn là hai thyristor mắc song song ngược như sơ đồ hình 3.2a, cần có hai xung điều khiển trong mỗi chu kì. Mạch điều khiển có thể sử dụng sơ đồ hoàn toàn giống điều khiển chỉnh lưu một pha cả chu kì, với mỗi thyristor một mạch điều khiển độc lập
- Đối với những tải cần điều khiển đối xứng, đòi hỏi hai thyristor mở đối xứng, lúc này cần các kênh điều khiển thyristor có góc mở càng ít khác nhau càng tốt. Mong muốn là chúng hoàn toàn giống nhau. Nhưng sự giống nhau này chỉ có thể đạt đến một chừng mực nào đó

19

Nguyên lí điều khiển

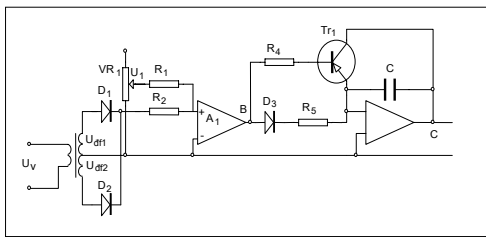
- Giải đồ nêu nguyên lí điều khiển giới thiệu trên hình 43.3



Hình 43.3 Nguyên lí điều khiển điều áp xoay chiều.

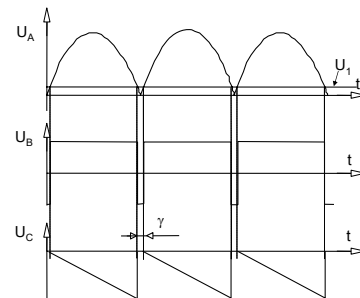
20

Sơ đồ nguyên lí tạo điện áp tựa liên tiếp hai nửa chu kì



21

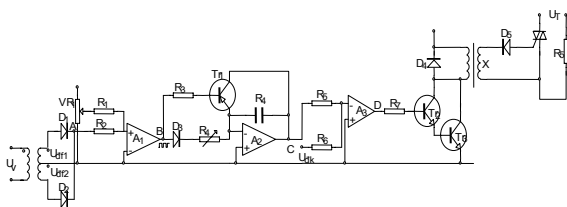
Đường cong của các khâu



Hình 3.11 Nguyên lí tạo điện áp tựa trong điều áp xoay chiều

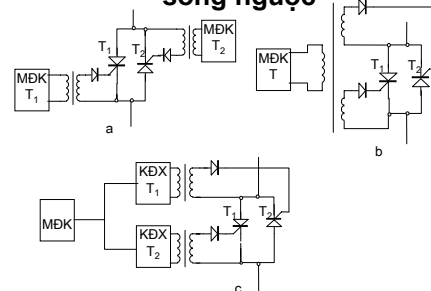
22

III. Mạch điều khiển ví dụ



23

Mạch điều khiển cặp thyristor song song ngược

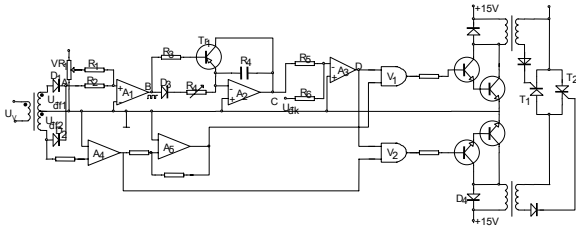


Hình 3.13 Các phương án điều khiển cặp thyristor mắc song song ngược

a, hai mạch điều khiển độc lập; b - một biến áp xung hai cuộn dây thứ cấp; c - chung lệnh mở van, khác nhau khuếch đại

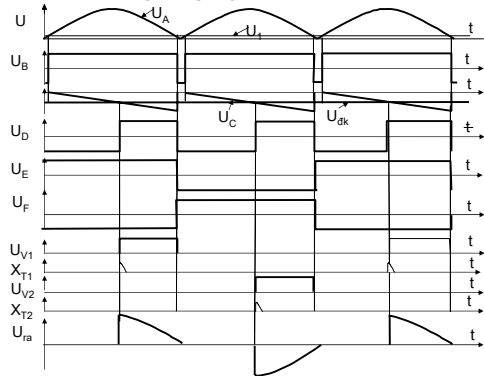
24

Mạch điều khiển



25

Giải thích hoạt động của sơ đồ



26

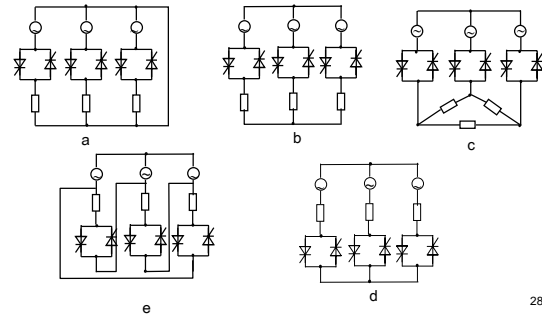
5.4. Điều áp xoay chiều ba pha

- I. Sơ đồ động lực.
- II. Nguyên lí hoạt động

27

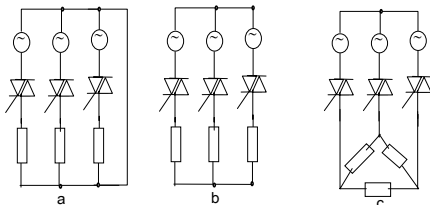
5.3. Điều áp xoay chiều ba pha

- I. Sơ đồ động lực.
- Sơ đồ điều khiển bằng cặp thyristor song song ngược



28

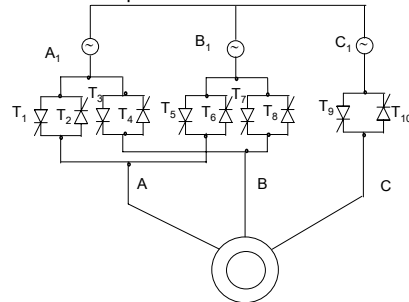
- Sơ đồ điều áp xoay chiều bằng triac



Hình 3.25: Điều áp ba pha bằng Triac

29

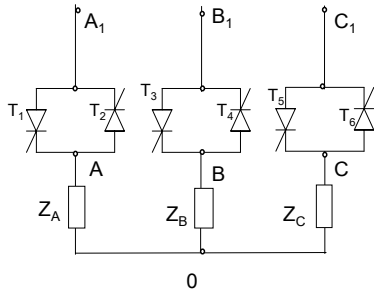
- Sơ đồ điều áp có đảo chiều



Hình 3.27: Sơ đồ điều áp ba pha có đảo thứ tự pha

30

- Sơ đồ động lực điển hình thường gặp



31

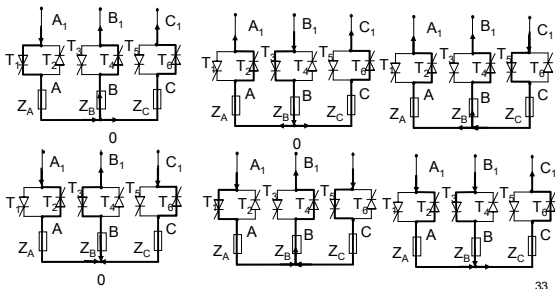
II. Nguyên lí hoạt động

- Nguyên tắc dẫn dòng trong sơ đồ điều áp ba pha
- Ba pha có van dẫn: $U_{\Gamma\Gamma} = U_{\text{rl}}$
- Hai pha có van dẫn: $U_{\Gamma\Gamma} = (1/2)U_{\text{dây}}$
- Trên pha đang xét không van dẫn $U_{\Gamma\Gamma} = 0$

32

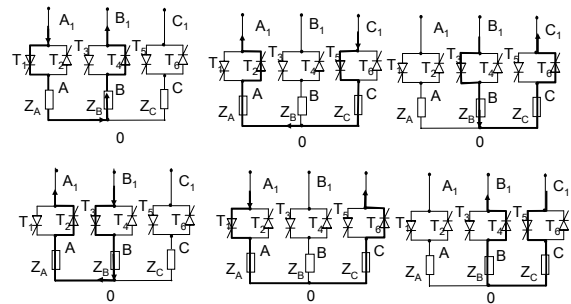
1. Nguyên tắc dẫn dòng trong sơ đồ điều áp ba pha

- Ba pha có van dẫn: $U_{\Gamma\Gamma} = U_{\text{rl}}$



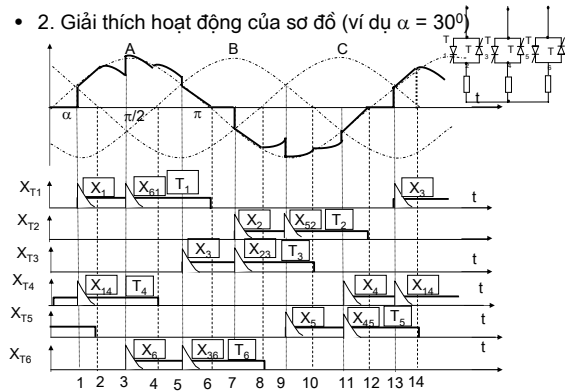
33

Hai pha có van dẫn $U_{\Gamma\Gamma} = (1/2)U_{\text{dây}}$



34

- 2. Giải thích hoạt động của sơ đồ (ví dụ $\alpha = 30^\circ$)

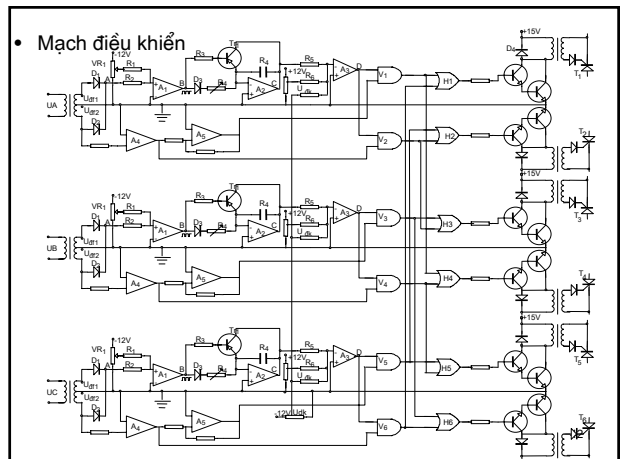
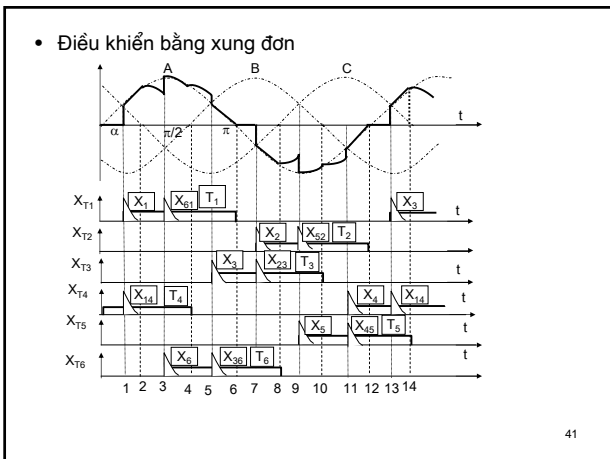
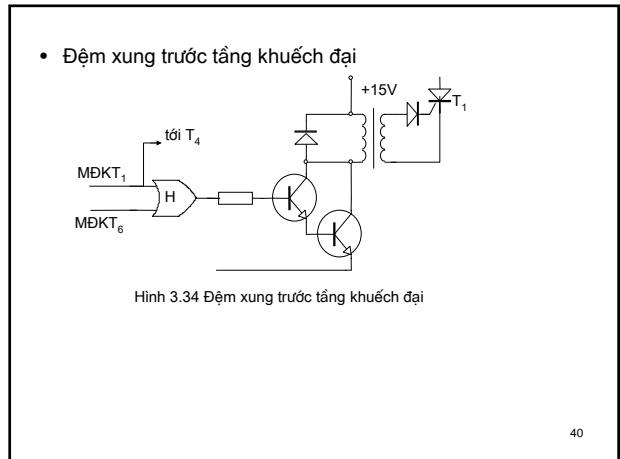
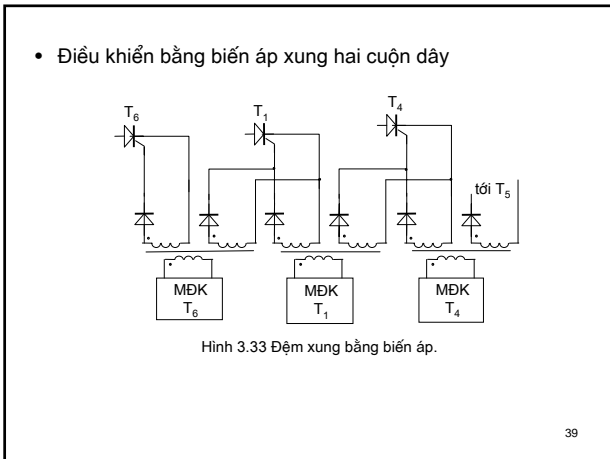
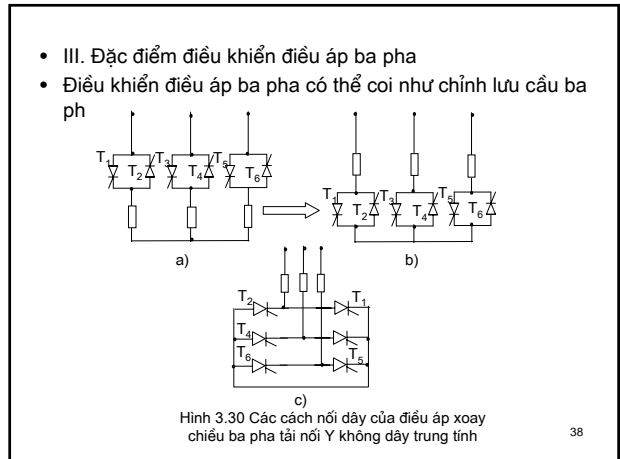
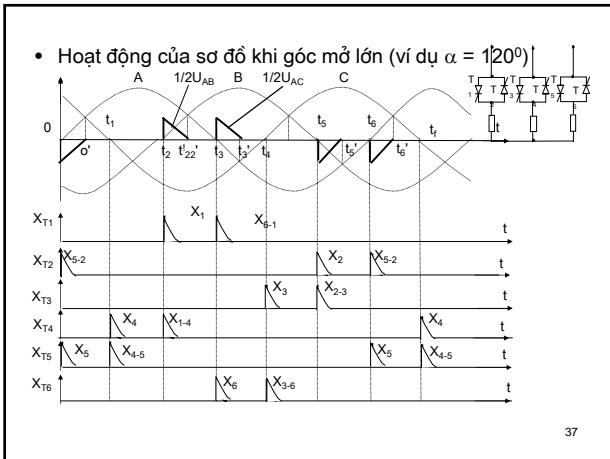


35

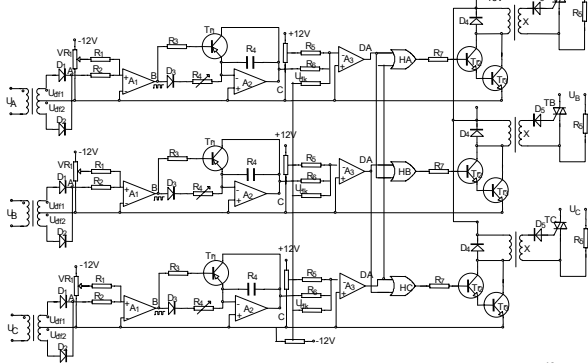
Một số nhận xét về hoạt động của sơ đồ trên

- Điện áp tải có dạng đập mạch

36

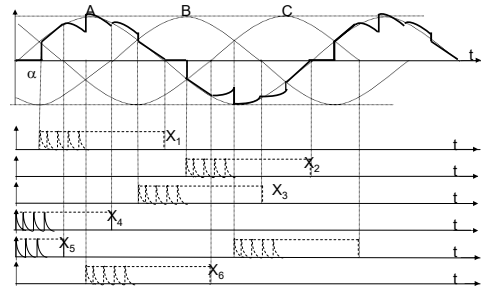


Điều khiển điều áp ba pha khi van là triac



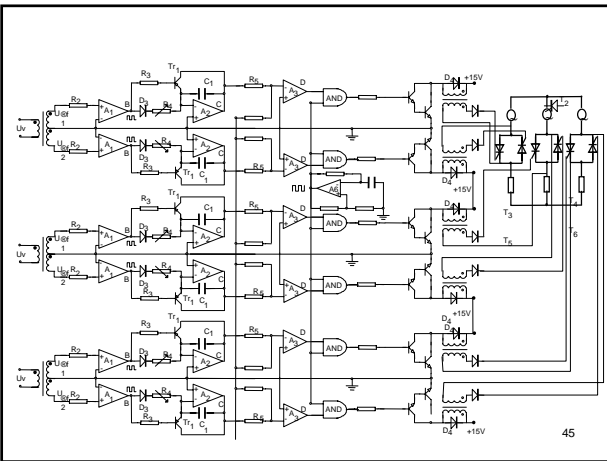
43

• Điều khiển bằng chùm xung



Hình 3.39 Điều khiển ba pha bằng chùm xung

44



45

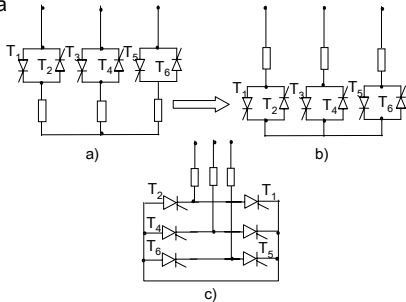
5.5 Đặc điểm điều khiển điều áp ba pha

- Nguyên lý điều khiển
- Điều khiển bằng cách đếm xung
- Điều khiển bằng chùm xung

46

I. Nguyên lý điều khiển điều áp ba pha

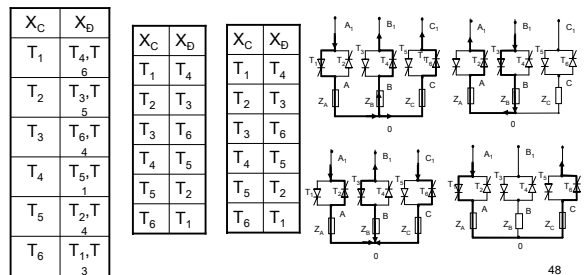
Điều khiển điều áp ba pha có thể coi như chỉnh lưu cầu ba pha



47

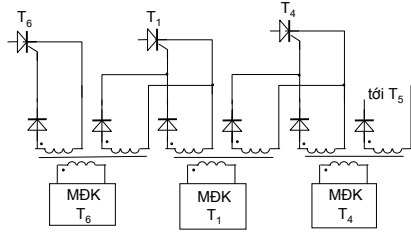
Ba cách cấp xung điều khiển

- Cấp xung đồng thời cho các van ở nhóm NA và nhóm NK ví dụ như hình vẽ:
- Có thể có ba cách cấp xung điều khiển



48

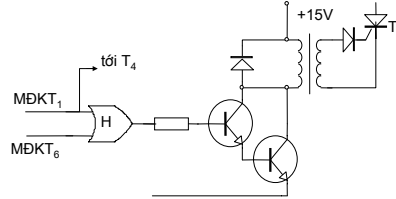
- Điều khiển bằng biến áp xung hai cuộn dây



Hình 3.33 Đệm xung bằng biến áp.

49

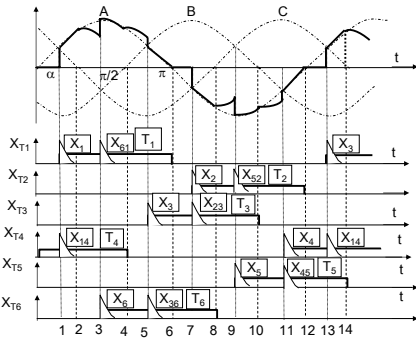
- Đệm xung trước tầng khuếch đại



Hình 3.34 Đệm xung trước tầng khuếch đại

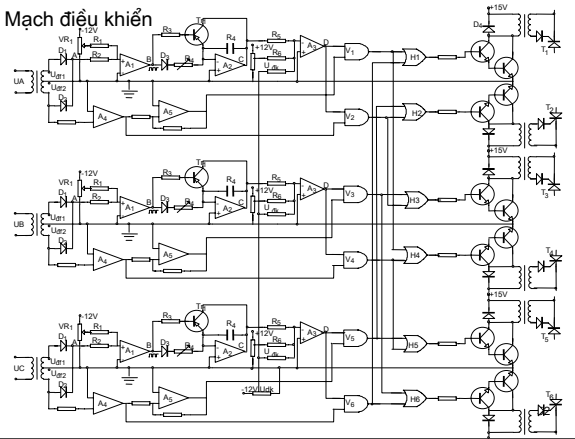
50

- Điều khiển bằng xung đơn

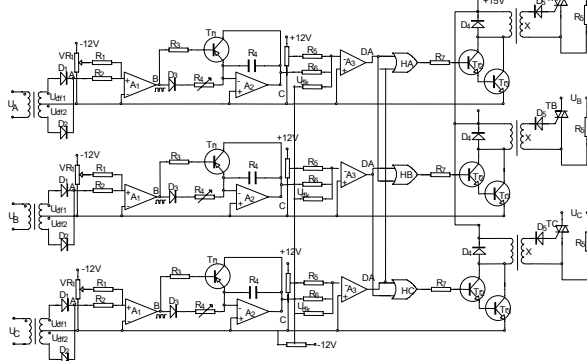


51

- Mạch điều khiển

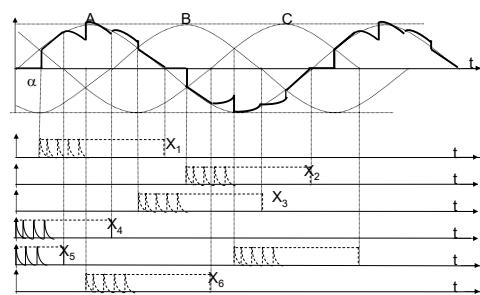


Điều khiển điều áp ba pha khi van là triac



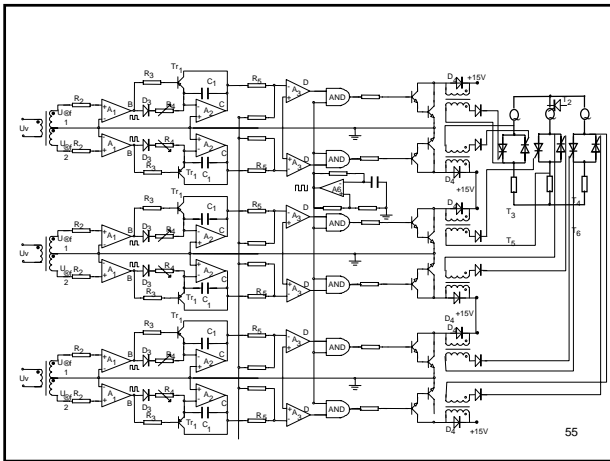
53

- Điều khiển bằng chùm xung



Hình 3.39 Điều khiển ba pha bằng chùm xung

54



Chương 6 Thiết bị biến tần

- 6.1 Phân loại biến tần
- 6.2. Biến tần trực tiếp
- 6.3. Biến tần độc lập

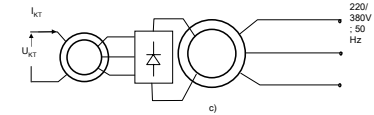
1

6.1 Phân loại biến tần

- Biến tần quay;
- Biến tần tĩnh.

2

- I. Biến tần quay.
- Biến tần quay là máy phát điện xoay chiều



$$f = \frac{n \cdot p}{60} \text{ hay } f = \frac{\omega \cdot p}{2\pi}$$

Trong đó:

- f – tần số điện áp tính bằng Hec Hz;
- n – tốc độ quay tính theo vòng/phút;
- ω – tốc độ quay tính theo radian/giây;
- p – số đôi cực máy điện.

3

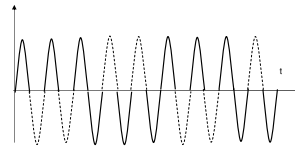
•II. Biến tần tĩnh

•Biến tần tĩnh là loại biến tần được chế tạo từ các linh kiện bán dẫn công suất. Có hai loại biến tần tĩnh thường gặp:

- Biến tần trực tiếp;
- Biến tần độc lập.

4

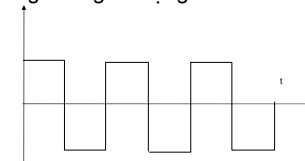
- Biến tần trực tiếp biến đổi trực tiếp đường cong lưới điện xoay chiều công nghiệp, nó có dạng:



5

• Biến tần độc lập

• Đây là loại biến tần biến đổi từ điện một chiều thành điện xoay chiều. Điện áp nguồn cấp một chiều, nên khi biến đổi điện áp xoay chiều là những xung vuông có dạng như hình bt4



6

6.2. Biến tần trực tiếp

- Khái niệm
- Biến tần trực tiếp nguồn cấp một pha
- Biến tần trực tiếp nguồn cấp ba pha

7

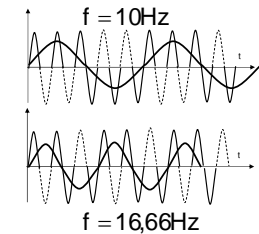
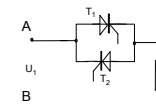
Khái niệm

- Người ta trực tiếp biến đổi đường cong lưới điện công nghiệp, khi đó ta thu được điện áp với tần số khác tần số điện lưới
- Có thể dùng mạch điện với nguồn cấp một pha hay nguồn cấp ba pha
- Bằng cách đóng mở tiristor theo quy luật nào đó ta có được điện áp xoay chiều

8

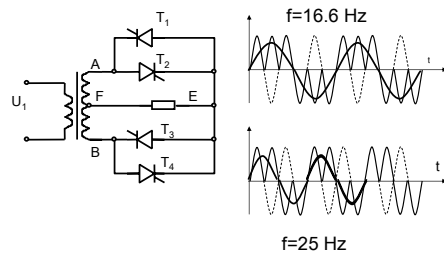
2. Biến tần trực tiếp nguồn cấp một pha

- Sơ đồ mạch điện



9

- Một sơ đồ khác của biến tần trực tiếp một pha



10

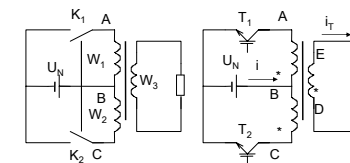
6.3 Biến tần độc lập một pha

Biến tần độc lập với biến áp trung tính
Biến tần độc lập với sơ đồ nửa cầu
Biến tần độc lập với sơ đồ cầu

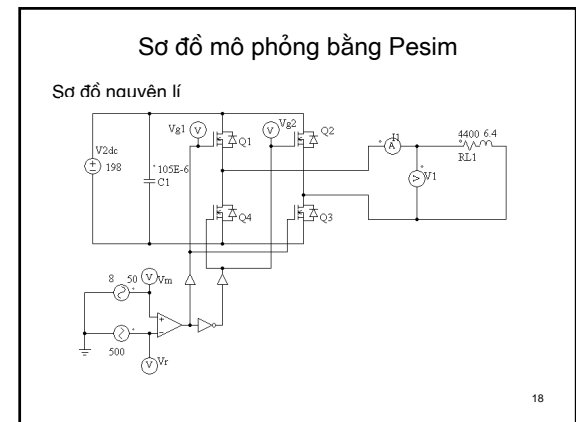
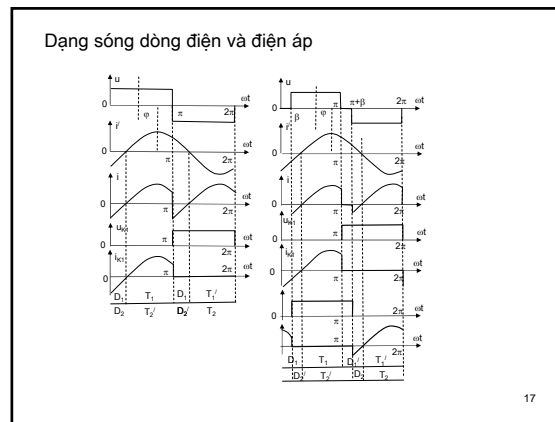
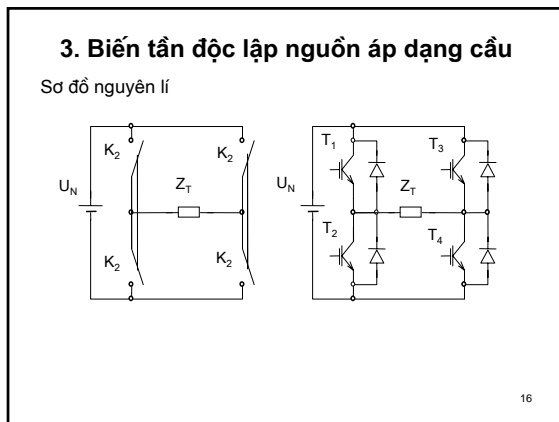
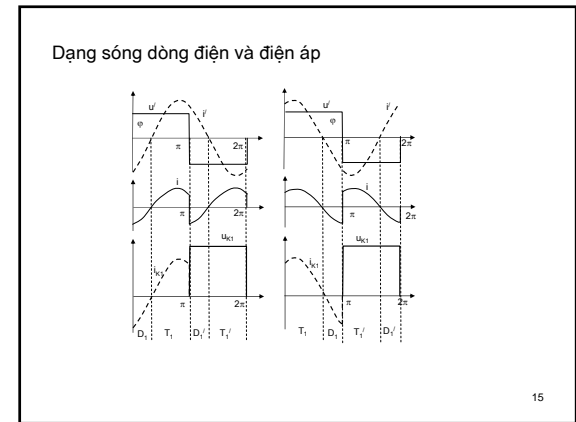
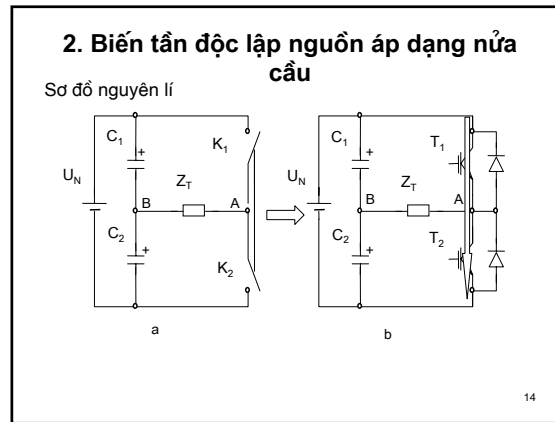
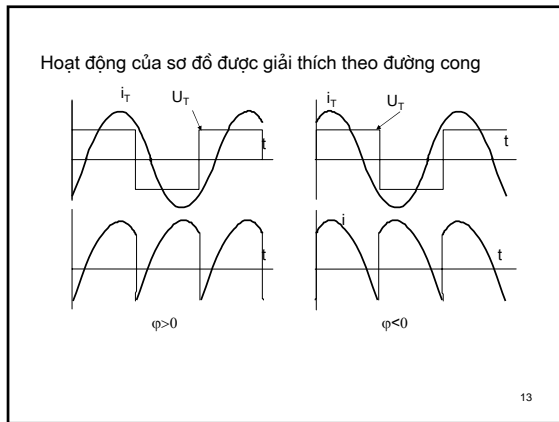
11

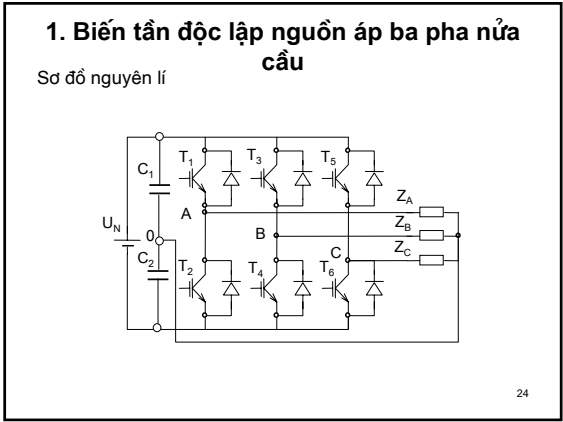
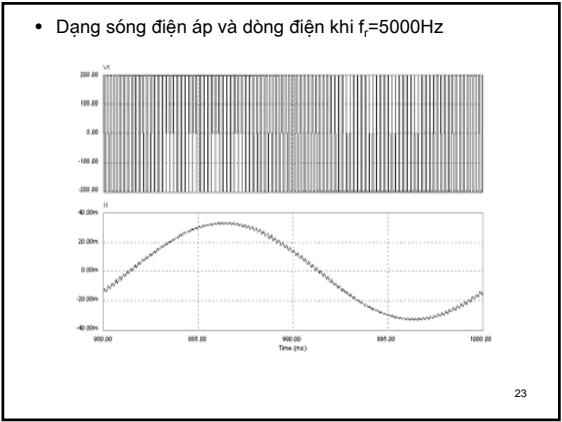
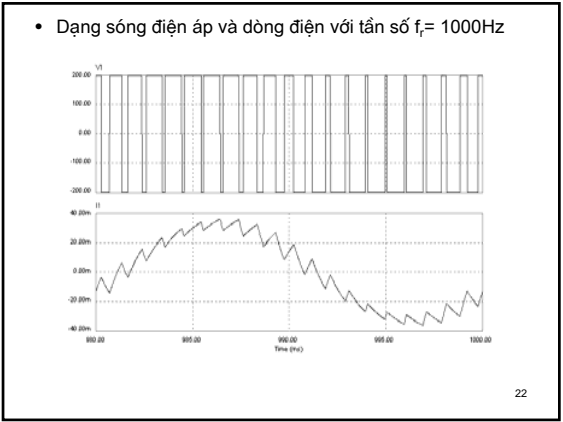
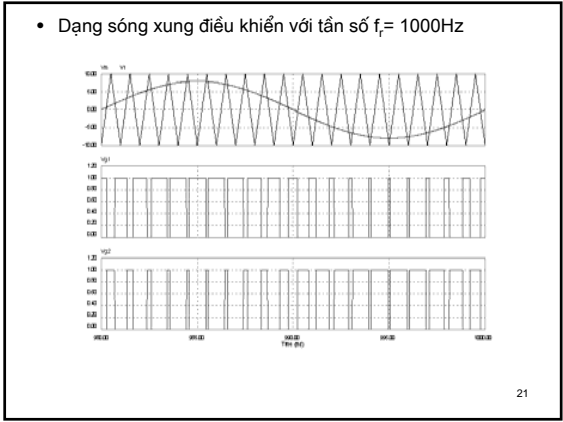
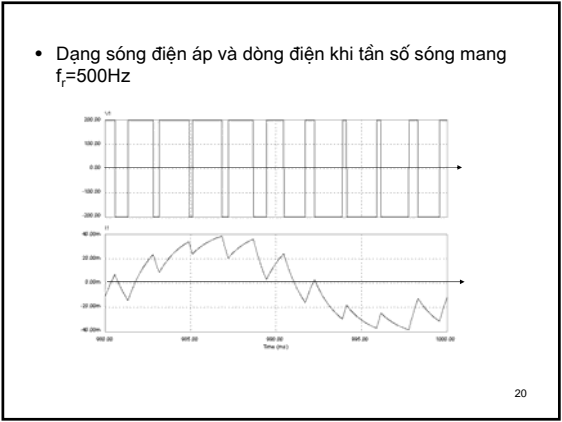
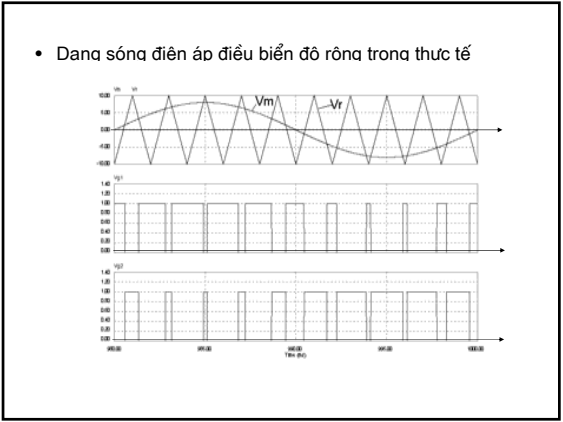
1. Biến tần độc lập nguồn áp dạng biến áp có trung tính

Sơ đồ nguyên lý

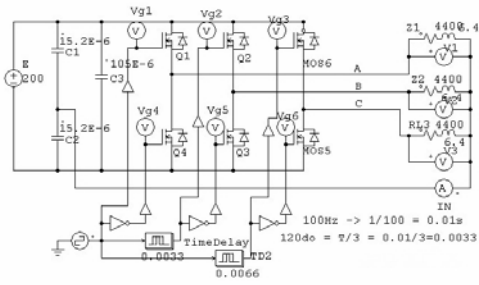


12



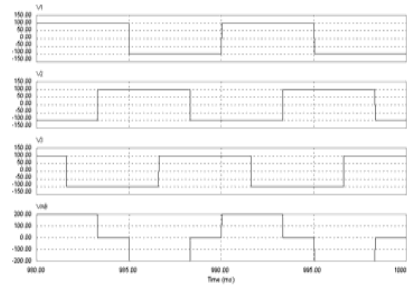


- Sơ đồ mô phỏng



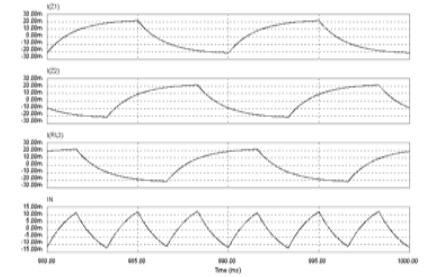
25

Dạng sóng dòng điện và điện áp



26

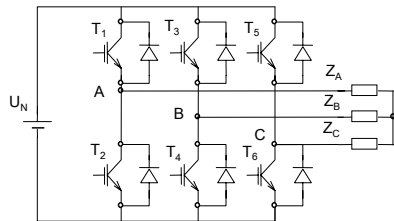
- Dạng sóng dòng điện



27

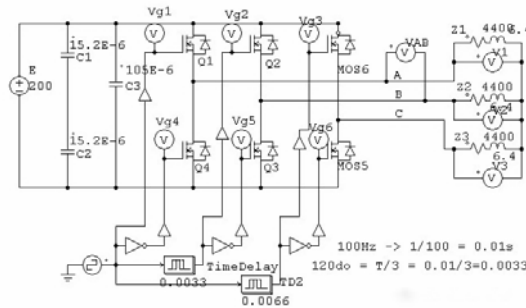
2. Biến tần độc lập nguồn áp 3 pha dạng cầu

Sơ đồ nguyên lý



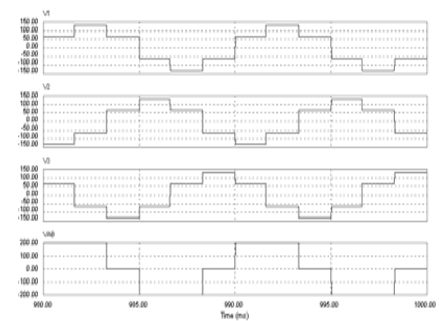
28

- Sơ đồ mô phỏng

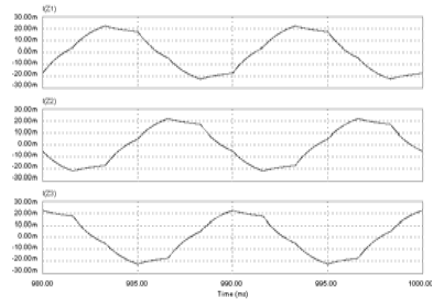


29

Dạng sóng điện áp

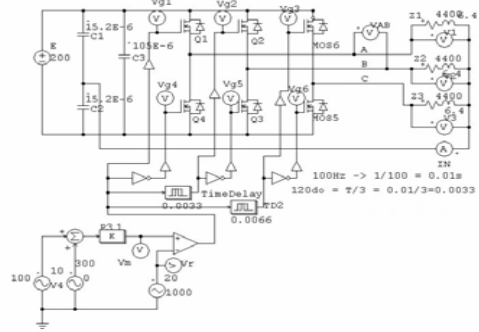


• Dạng sóng dòng điện

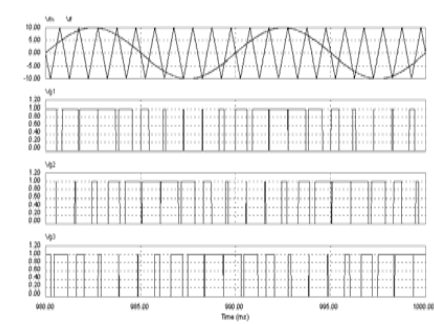


31

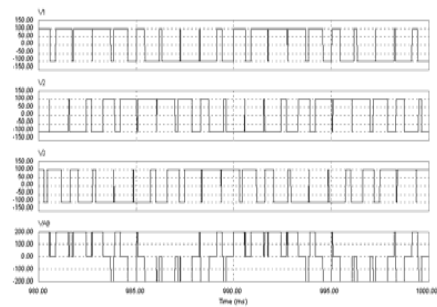
Điều biến độ rộng xung – Sơ đồ mô phỏng



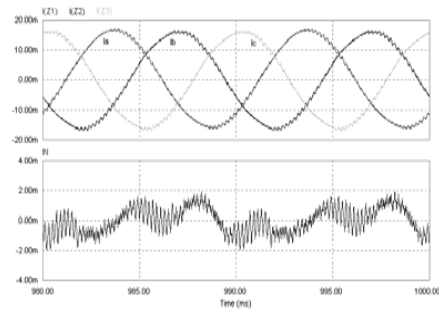
Xung điều khiển



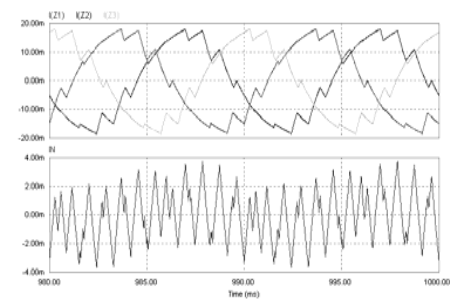
Dạng sóng dòng điện áp (sóng mang $f_r = 1000\text{Hz}$)



• Tần số sóng mang $f_r = 5000\text{Hz}$



• Dạng sóng dòng điện



30

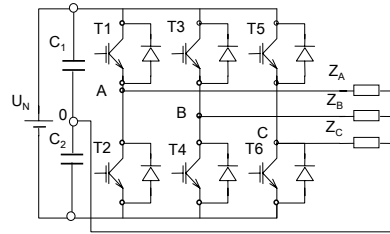
6.4 Biến tần áp ba pha

- 1. Biến tần nửa cầu
- 2. Biến tần cầu toàn sóng

37

1. Biến tần nửa cầu

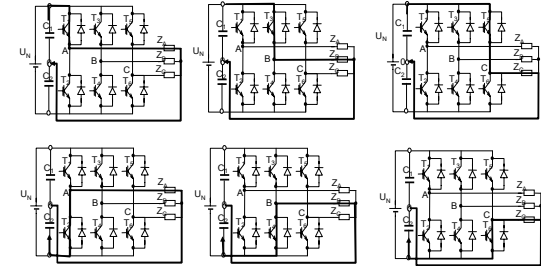
- Sơ đồ nguyên lí



38

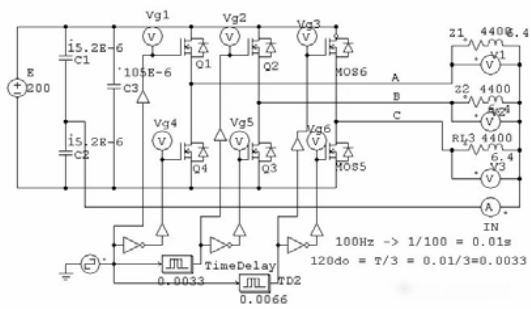
Nguyên lí hoạt động

- Đường đi của dòng điện các pha



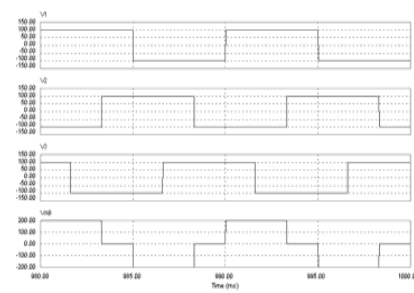
39

- Sơ đồ mô phỏng



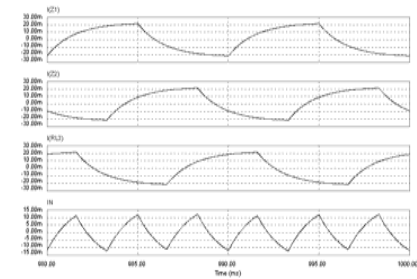
40

Dạng sóng dòng điện và điện áp



41

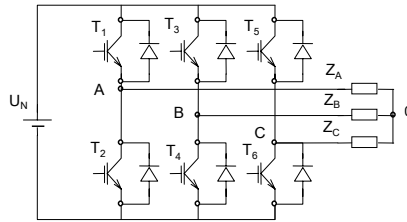
- Dạng sóng dòng điện



42

2. Biến tần độc lập nguồn áp 3 pha dạng cầu

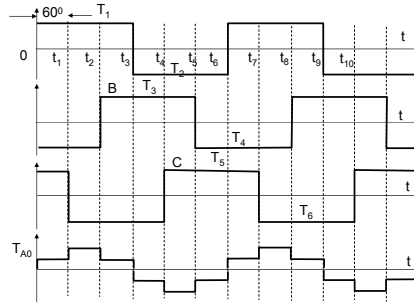
Sơ đồ nguyên lý



43

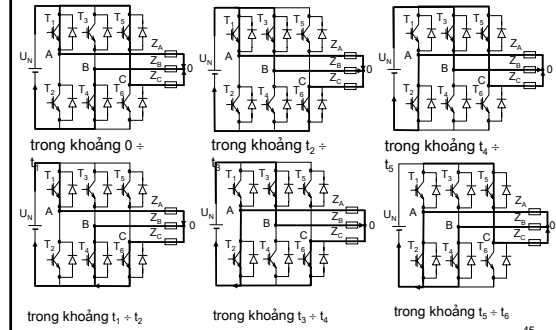
Nguyên tắc điều khiển

Các chân của ba pha điều khiển dịch pha nhau một góc 60° điện



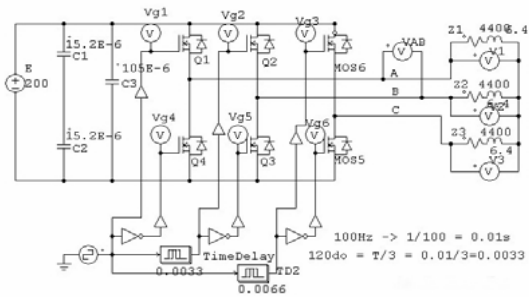
44

Mô tả đường đi của dòng điện của biến tần



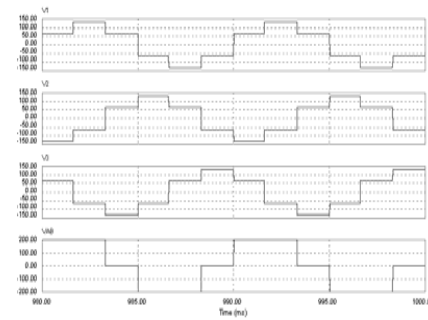
45

Sơ đồ mô phỏng

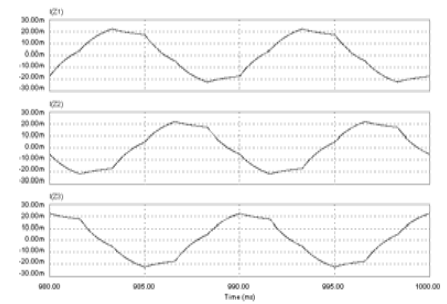


46

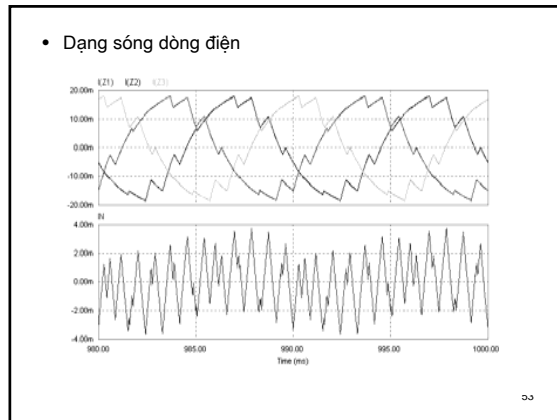
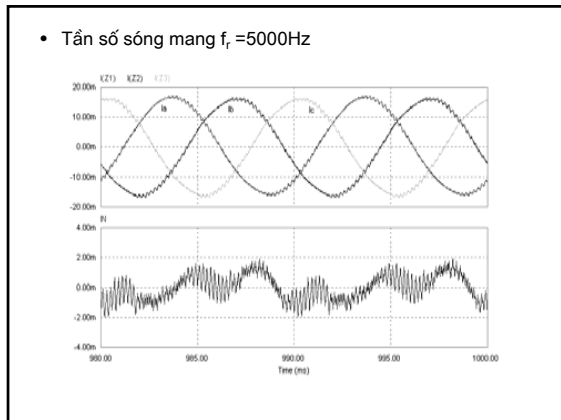
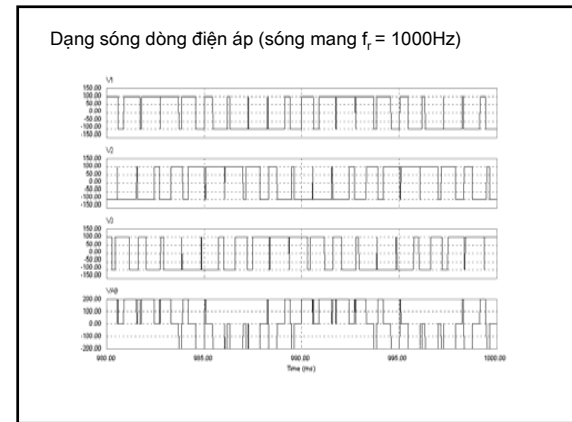
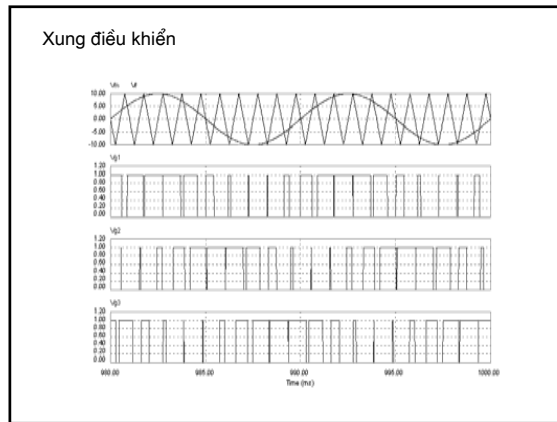
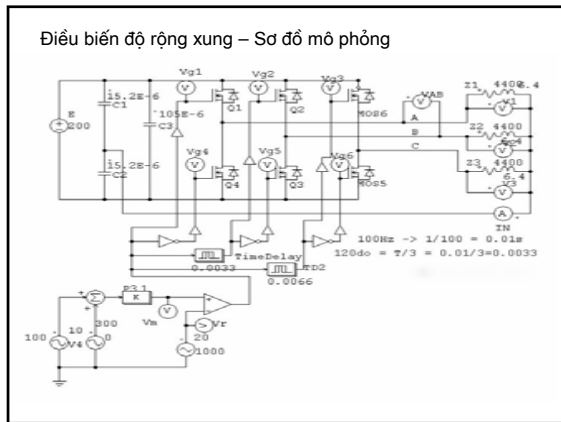
Dạng sóng điện áp



Dạng sóng dòng điện

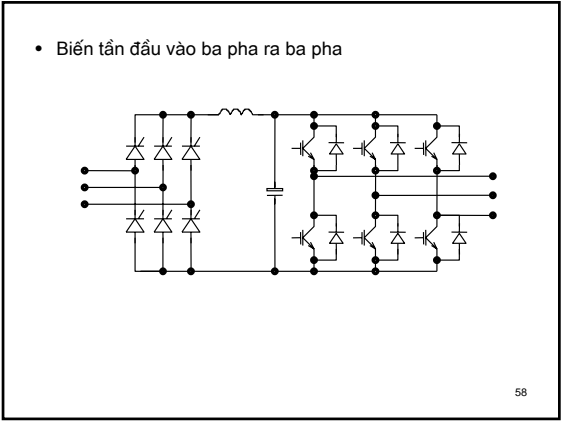
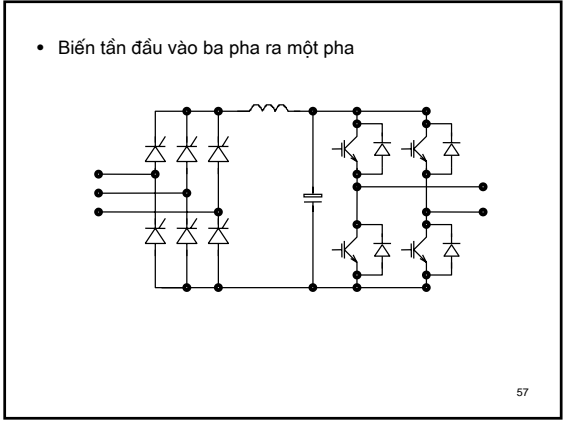
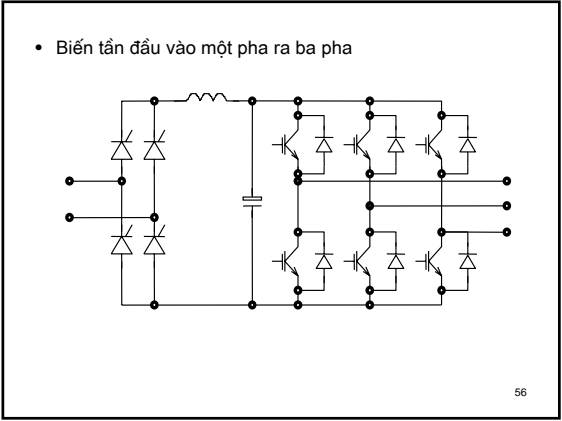
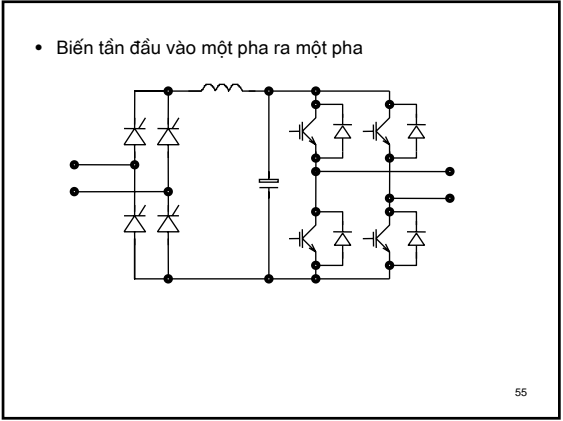


47



Biến tần công nghiệp

Biến tần đầu vào một pha ra một pha
 Biến tần đầu vào một pha ra ba pha
 Biến tần đầu vào ba pha ra một pha
 Biến tần đầu vào ba pha ra ba pha



Chương 7. Bảo vệ TBĐTCS

- 7.1 Phân loại sự cố
- 7.2. Bảo vệ điện áp
- 7.3. Bảo vệ dòng điện
- 7.4. Bảo vệ nhiệt

1

7.1. Phân loại sự cố

- Sự cố do điện áp
- Sự cố do dòng điện
- Sự cố do nhiệt
- Sự cố do các nguyên nhân khác

2

1. Sự cố do điện áp

Van bán dẫn sẽ gặp sự cố (bị hư hỏng) khi điện áp vượt quá trị số cho phép đặt lên van.

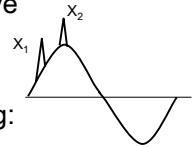
Điện áp đặt lên van vượt quá trị số cho phép trong các trường hợp sau:

- Xung điện áp từ lưới
- Xung điện áp khi chuyển mạch van
- Quá điện áp dài hạn

3

Xung điện áp từ lưới

- Trên đường cong điện áp lưới xuất hiện một xung điện áp như hình vẽ
- Đỉnh xung điện áp này lớn hơn điện áp van
- Nguyên nhân xuất hiện xung:
- Sét đánh đường dây
- Trên đường dây có tải điện cảm cắt đột ngột



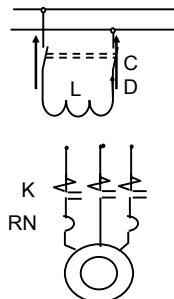
4

Trên đường dây có tải điện cảm cắt đột ngột

- Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây, trong cuộn dây tích lũy một năng lượng

$$W_{đt} = (Li^2)/2$$

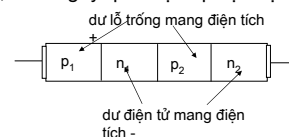
- Khi cắt tải đột ngột, năng lượng này đột ngột về 0 để $i = 0$. Nguồn năng lượng trên xả ngược lên đường dây. Năng lượng này đưa một lượng điện tích (điện tử) lớn lên đường dây làm cho xuất hiện xung điện áp tại đúng điểm cắt tải.



5

Xung áp do chuyển mạch

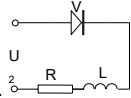
- Bản chất vật lý của hiện tượng
- Khi dẫn, trong van bán dẫn có một lượng điện tích lớn từ nguồn đưa tới, làm trung hoà các điện tích dư theo bản chất của chất bán dẫn.
- Khi khoá đột ngột, chất bán dẫn phải trả về trạng thái nguyên gốc.
- Điện tích từ nguồn đưa tới để tạo dòng điện được trả về nguồn.
- Từ trong bán dẫn các điện tích (dương và âm) được đẩy ra ngoài, do đó gây quá điện áp cục bộ xung quanh van



6

Quá áp dài hạn

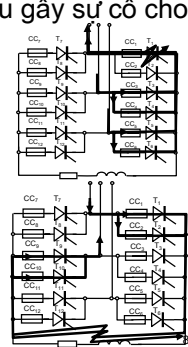
- Điện áp làm việc cực đại đặt lên van lớn hơn điện áp cho phép của van
- Ví dụ: van có thông số điện áp cho phép 300V, được mắc vào lưới điện xoay chiều 220V như hình vẽ. Trong trường hợp này van bị quá điện áp dài hạn, vì điện áp cực đại của nguồn lưới được tính $U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 220V = 308V$
- Van trong sơ đồ trên không quá áp khi điện áp cho phép của van $U_{CPV} > k \cdot U_{\max}$



7

2. Sự cố do dòng điện

- Ba trường hợp điển hình sau gây sự cố cho van do dòng điện:
- Ngắn mạch van
- Ngắn mạch tải
- Quá dòng điện dài hạn



Quá dòng điện dài hạn

- Quá dòng điện dài hạn khi dòng điện làm việc lớn hơn dòng điện van theo điều kiện làm mát
- Ví dụ: thyristor có thông số dòng điện $I_{dm} = 100A$, cho làm việc với dòng điện 30A.
- thyristor sẽ bị quá dòng nếu không được mắc cánh tản nhiệt để làm mát, thyristor không bị quá dòng nếu có cánh tản nhiệt đủ diện tích bề mặt

9

3. Sự cố của van do quá nhiệt

- Nguyên nhân:
- Khi làm việc, có dòng điện chạy qua, trên van có tổn hao công suất $\Delta P = R_V \cdot I^2 \approx \Delta U \cdot I$, tổn hao này sinh nhiệt theo phương trình nhiệt:
- $\Delta P = AT + C(dT/dt)$
- Trong đó: ΔP - tổn hao công suất trên van
- A - hệ số toả nhiệt phụ thuộc điều kiện làm mát;
- C - nhiệt dung của van và cánh tản nhiệt phụ thuộc kích thước van;
- T - nhiệt độ của van;
- Nhiệt độ xác lập của van: $T_{XL} = \Delta P/A$ (lớn hay bé phụ thuộc ΔP và hệ số A không được vượt quá giá trị cho phép)

10

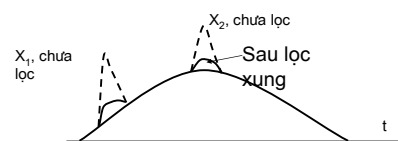
7.2. Bảo vệ quá điện áp

Bảo vệ van khi có xung điện áp từ lưới
 Bảo vệ van khi có xung điện áp do chuyển mạch
 Bảo vệ van khi quá áp dài hạn

11

I. Bảo vệ van khi có xung điện áp từ lưới

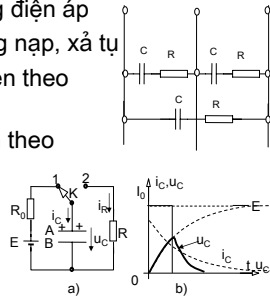
- 1. ý tưởng bảo vệ: lọc xung điện áp từ lưới
- Nguyên nhân xung điện áp từ lưới như đã giới thiệu ở trên. Để bảo vệ, cần giảm biên độ xung bằng cách lọc xung



12

2. Lọc xung bằng mạch RC

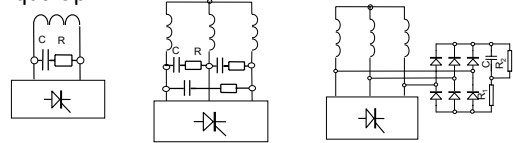
- Một mạch RC mắc ở đầu vào như hình vẽ có thể hạn chế được đỉnh xung điện áp
- Bản chất của hiện tượng nạp, xả tụ
- Điện áp tụ nạp biến thiên theo $U_C = E(1 - e^{-t/R_0C})$
- Điện áp tụ xả biến thiên theo $U_C = U_{C0} e^{-t/RC}$



13

3. Lọc xung phía thứ cấp biến áp

- Mạch RC mắc đầu ra của biến áp được dùng bảo vệ van khi cắt biến áp non tải. Trường hợp xấu nhất xảy ra khi mạch bị ngắt mà dòng kích từ biến áp có giá trị cực đại, năng lượng tích lũy trong cuộn dây biến áp $W_{dt} = (Li^2)/2$ xả ra gây quá áp



14

Tính toán thông số cho mạch bảo vệ

- Giả thiết năng lượng điện từ của cuộn dây được cấp đầy đủ cho mạch tụ bảo vệ, bây giờ $W_{dt} = (L_{2BA} i_0^2)/2 = (CU_{max}^2)/2$
- Trong thực tế tụ nhận một nửa năng lượng của cuộn dây biến áp là lớn rồi nên $(CU_{max}^2) = (L_{2BA} i_{0m}^2)/2$ Sau khi biến đổi biểu thức trên ta có: $C = \frac{S_{BA} i_0^2 10^7}{2\pi f U_{max}^2}$
- Trong đó: S_{BA} - công suất biểu kiến biến áp [kVA]; i_0 - dòng điện không tải % của biến áp; U_{max} - điện áp cực đại; C- điện dung [μF]

15

Điện trở được tính: $R \geq 2\sqrt{\frac{L_{BA}}{C}}$

- Trong đó: $L_{BA} = 10u_{nm} \cdot U/2fS_{BA}$
- u_{nm} - điện áp ngắn mạch phần trăm của BA [%]; U - điện áp hiệu dụng thứ cấp BA.
- Trong mạch ba pha $R \geq 2\sqrt{\frac{3L_{BA}}{C}}$
- Công suất các điện trở được tính:
- $P = 3(U \cdot 2\pi f C)^2 R \cdot 10^{12}$ [W]
- Cho mạch ba pha: $P = 5(U \cdot 2\pi f C)^2 R \cdot 10^{12}$ [W]
- Các hệ số 3, 5 trong các công thức cuối là xét tới sự biến dạng của điện áp tải

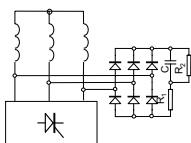
16

Thông số của mạch bảo vệ có chỉnh lưu cầu

- Tụ được tính: $C = \frac{1,5S_{BA} i_0^2}{2\pi f (U_{max}^2 - U_{dmax}^2)}$
- Điện trở được tính:

$$R_1 = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{L_{BA}}{C}}, \text{ chobapha: } R_1 = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{3L_{BA}}{C}}$$

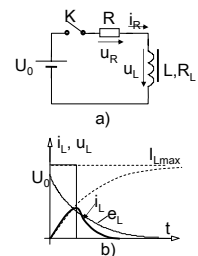
- Điện trở xả năng lượng của tụ:
- $R_2 = 5 \cdot 10^3 / (fC)$ [k Ω]



17

4. Lọc xung điện áp bằng biến áp cách li

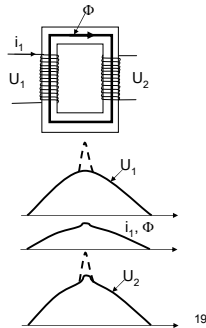
- Xét phản ứng của cuộn dây điện cảm
- Khi có một xung điện áp đưa tới cuộn dây có điện cảm L, dòng điện của cuộn dây biến thiên như hình vẽ. Sự biến thiên dòng điện như trên thấy rằng dòng điện có biên độ thấp hơn so với xung áp.



18

Bản chất của biến áp

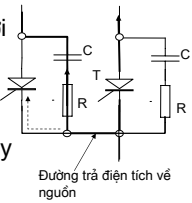
- Việc hình thành điện áp ở thứ cấp biến áp là do sự biến thiên từ thông trong lõi thép, sự biến thiên từ thông này là do dòng điện sơ cấp biến thiên.
- Từ trên thấy rằng, dòng điện đã lọc được thành phần xung điện áp, do đó thứ cấp biến áp được lọc xung



19

II. Bảo vệ van do xung điện áp do chuyển mạch

- Từ bản chất của hiện tượng chuyển mạch đã nêu trên, người ta phải tạo một mạch ngoài van bán dẫn cho các điện tích quá T độ chạy
- Bảo vệ van trong trường hợp này người ta dùng mạch RC mắc song song với van như hình vẽ
- Khi đó các điện tích chạy ở mạch RC ngoài van bán dẫn, làm giảm xung điện áp trên pn của van.



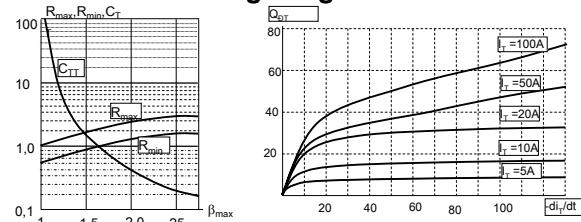
20

Tính toán thông số mạch bảo vệ

- Quá điện áp có thể được đánh giá qua hệ số quá áp $\beta = \frac{U_{Nmax}}{k_{AT} U_{CM}}$
- Trong đó: U_{Nmax} - điện áp ngược cực đại; k_{AT} - hệ số an toàn; U_{CM} - điện áp chuyển mạch
- Hệ số quá áp cực đại có thể lựa chọn theo biểu thức: $\beta_{max} = 1/k_{AT} + 0,5$
- Các giá trị điện trở R và tụ C được tính theo các giá trị điện trở (R_{max} , R_{min}) và tụ C_{TT} theo hàm β_{max} . Đặc tính này được vẽ dưới dạng tương đối trên hình vẽ

21

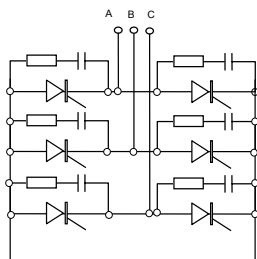
Các đường cong tính toán



- Các giá trị thực của van bán dẫn được tính từ các biểu thức: $C = C_{TS} \frac{2Q_{DT}}{U_{CM} L_{CM}}$; $R = R_{TS} \sqrt{\frac{U_{CM} L_{CM}}{2Q_{DT}}}$
- Trong đó: U_{CM} - điện áp chuyển mạch; L_{CM} - điện kháng chuyển mạch; Q_{DT} - điện tích quá độ; R_{TD} , C_{TD} - các giá trị tương đối tra từ hình vẽ

22

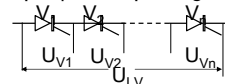
Sơ đồ ví dụ



23

III. Bảo vệ van khi quá áp dài hạn

- Mắc nối tiếp các van
- Van bán dẫn bị quá điện áp khi $U_{CPV} < k \cdot U_{max}$
- Trong trường hợp này van bán dẫn được mắc nối tiếp để giảm điện áp trên van, khi đó điện áp làm việc bằng tổng điện áp trên các van

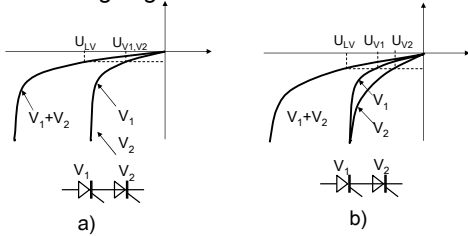


- $U_{LV} = U_{V1} + U_{V2} + \dots + U_{Vn}$
- Mong muốn khi mắc nối tiếp đặc tính của các van mắc nối tiếp có đặc tính hoàn toàn giống nhau
- Khi mắc nối tiếp, các van được chọn cùng thông số, của cùng một nhà chế tạo, cùng thời điểm xuất xưởng.

24

2. Đặc tính của van khi mắc nối tiếp

- Giả thiết có hai van mắc nối tiếp. Khi đó đặc tính của van sẽ bằng tổng hai đặc tính hoàn toàn giống nhau như hình a hay các đặc tính không hoàn toàn giống nhau như hình b



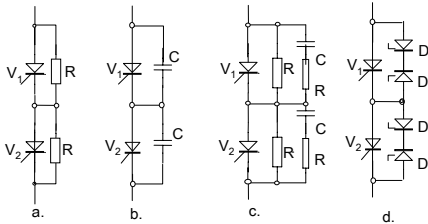
25

- Khi đặc tính giống nhau như hình a, điện áp trên các van được phân bố bằng nhau, được như thế này là rất lí tưởng.
- Tuy nhiên, trong thực tế đặc tính của các van bán dẫn thay đổi. Sự thay đổi điển hình là dòng điện rò tăng lên không giống nhau, đường đặc tính có độ dốc khác nhau.
- Khi đặc tính của van khác nhau, điện áp trên van phân bố khác nhau
- Nhiệm vụ bây giờ là phải phân bố lại điện áp cho các van bán dẫn

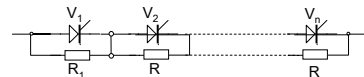
26

3. Phân bố lại điện áp trên các van bán dẫn

- Người ta có thể có một số cách phân bố lại điện áp trên van:



27



- Trong các sơ đồ trên, phân bố điện áp bằng điện trở như hình a là thường được sử dụng nhất
- Nguyên lí phân bố điện áp: $\frac{R_1 R_{V1}}{R_1 + R_{V1}} = \frac{R_2 R_{V2}}{R_2 + R_{V2}} = \dots = \frac{R_n R_{Vn}}{R_n + R_{Vn}}$
- Tuy nhiên, các giá trị điện trở van thay đổi làm cho các đẳng thức trên không giữ được, do đó người ta thường chọn các giá trị điện trở bằng nhau. Các điện trở này thường chọn $R > (5-10)(U_N/I_{r0})$

28

7.3 Bảo vệ dòng điện

Mắc song song các van bán dẫn
Bảo vệ ngắn mạch van
Bảo vệ ngắn mạch đầu ra

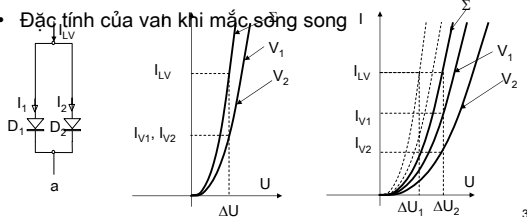
29

I. Mắc song song các van bán dẫn

1. Yêu cầu mắc song song

- Trong trường hợp dòng điện làm việc quá lớn (so với dòng cho phép làm việc khi có xét tới điều kiện tỏa nhiệt), người ta phải tiến hành mắc song song các van bán dẫn

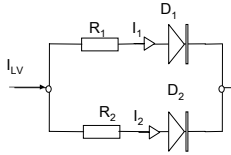
- Đặc tính của van khi mắc song song



30

2. Các sơ đồ mắc song song các van

- Để giảm sự phân bố không đều trên, người ta có thể mắc nối tiếp với các van các điện trở. Việc sử dụng điện trở chỉ có ý nghĩa, khi điện áp rơi trên điện trở là không đáng kể, nếu điện áp rơi trên điện trở lớn, tổn hao công suất lớn, làm cho hiệu suất của chỉnh lưu thấp.

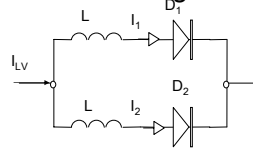


$$I_V = \frac{\Delta U}{R_f + R_{VT}}$$

Trong đó: I_V - dòng điện chạy qua van
 ΔU - tổn hao điện áp trên hai mạch nhánh song song
 R_f - điện trở mắc nối tiếp với van
 R_{VT} - điện trở thuận của van khi dẫn

31

- Để khắc phục nhược điểm này có thể thay thế điện trở bằng các cuộn dây điện cảm. Thường các cuộn cảm này được chế tạo có lõi không khí



Giá trị cực tiểu của điện cảm được tính

$$L_{\min} = \frac{U_{NGM}}{\left(\frac{di_T}{dt}\right)_{\max}} - L_K$$

Trong đó: $(di_T/dt)_{\max}$ - độ tăng dòng điện tới hạn của thyristor

L_K - điện cảm của mạch dòng điện

U_{NGM} điện áp trên thyristor trước khi mở

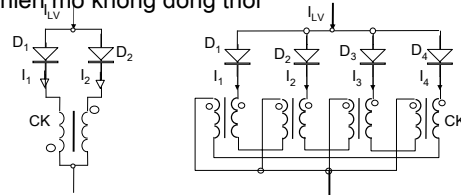
32

Nguyên nhân của việc chế tạo điện cảm lõi không khí

- Nếu dùng cuộn kháng có lõi, khi các thyristor làm việc song song cuộn kháng mắc với các tiristor sẽ bão hòa trước. Khi cuộn kháng bắt đầu bão hòa điện áp trên nhánh song song bắt đầu giảm, làm chậm lại hay cản trở sự bão hòa của các cuộn kháng khác. Điều này có thể làm cho các van lại mất cân bằng dòng điện hơn.

33

- Ở sơ đồ dưới, cân bằng dòng điện các van được thực hiện tốt hơn khi cuộn kháng được chế tạo có lõi thép, tương hỗ với các cuộn dây mắc ngược đầu nhau. Sơ đồ này còn đặc biệt có ý nghĩa, khi sử dụng cho trường hợp các van điều khiển mở không đồng thời



34

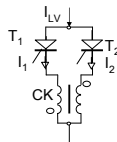
- Xét trường hợp hai van mắc song song (hai thyristor)
- Ví dụ T_1 dẫn, xung dòng điện di_{T1}/dt sinh ra trong cuộn dây một sức điện động cảm ứng $-L di_{T1}/dt$, xung áp này làm giảm áp trên T_1 và tăng áp trên T_2 , nó làm chậm quá trình mở T_1 và làm nhanh quá trình mở T_2

$$2L \frac{di_{T1}}{dt} = \Delta U_1 + U_{Dmin}$$

- Có thể lập được phương trình

$$L = \frac{\Delta U_1 + U_{Dmin}}{2 \cdot \frac{di_{T1}}{dt}}$$

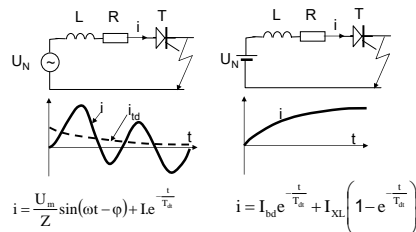
- Điện cảm cuộn kháng được tính



35

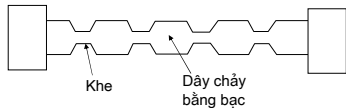
II. Đặc tính ngắn mạch

- Sự cố ngắn mạch xảy ra thường làm ngắn mạch nguồn như ví dụ hình dưới



36

- ở mạch điện xoay chiều, dòng điện cực đại đạt sau 1/4 chu kì điện áp, do đó thiết bị bảo vệ phải cắt nhanh. Vì vậy cầu chì cần có đặc điểm:
 - Chịu được dòng điện định mức của thiết bị
 - Nhiệt dung chịu đựng của cầu chì cần nhỏ hơn nhiệt dung chịu đựng của thiết bị $[(I^2t)_{CC} < (I^2t)_{TB}]$
 - Điện áp hồ quang của cầu chì phải lớn để giảm nhanh dòng điện
 - Khi cầu chì đứt, điện áp phục hồi phải đủ lớn để không làm hồ quang cháy lại.
- Để làm được việc đó dây chì thường có dạng:



37

III. Bảo vệ ngắn mạch van

1. Sự cố ngắn mạch van

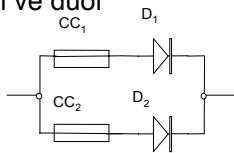
Sự cố này xuất hiện khi:

- Van bị quá nhiệt
- Van bị quá điện áp
- Van bị quá dòng
- Van bị chọc thủng do dU/dt , di/dt .

38

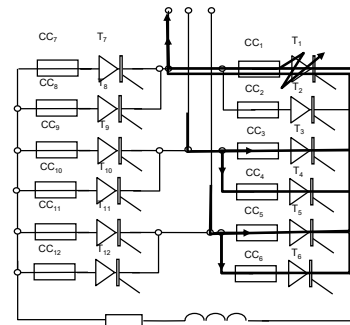
2. Bảo vệ khi van bị ngắn mạch

- Để phòng để van không bị ngắn mạch:
- Không để xuất hiện các nguyên nhân gây ngắn mạch ở trên
- Nếu đã bị ngắn mạch, mắc thiết bị bảo vệ theo hình vẽ dưới



39

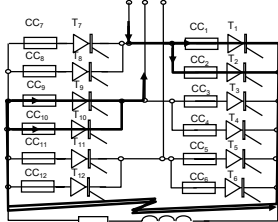
Ví dụ



40

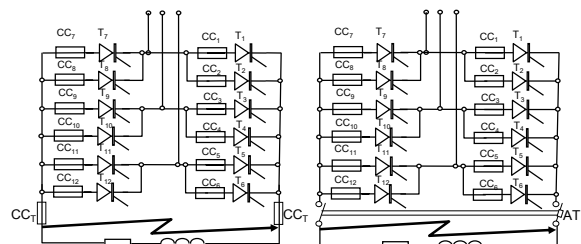
IV. Bảo vệ ngắn mạch tải

- Sự cố ngắn mạch tải sẽ gặp khi đầu ra tỏa tải bị nối ngắn mạch. Khi đó có dòng điện ngắn mạch chạy giữa các nhóm van.



41

- Bảo vệ ngắn mạch tải bằng cách mắc cầu chì hay aptomat ở đầu ra tải



42

7.4 Tổn hao công suất và làm mát van

Tổn hao ở chế độ tĩnh
Tổn hao chuyển mạch
Bảo vệ nhiệt

43

I. Tổn hao ở chế độ tĩnh

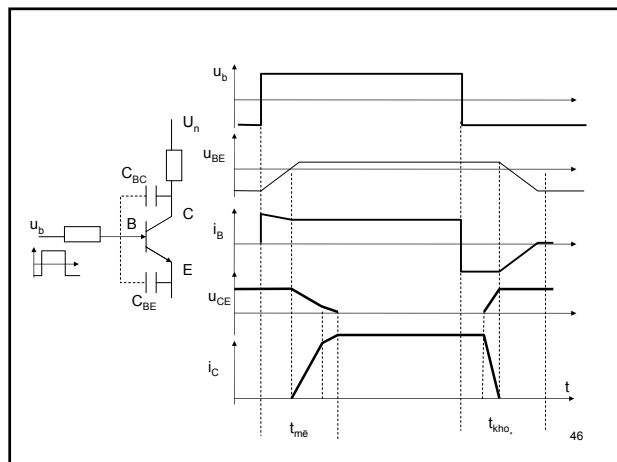
- Khi van bán dẫn làm việc, trên nó tồn tại một tổn hao công suất:
- $\Delta P_T = \Delta U_T \cdot I_T + U_N \cdot I_{r0}$
- Trong đó: ΔU_T - sụt áp thuận trên van khoảng một vài vôn.
- I_T - dòng điện thuận khi van dẫn
- U_N - điện áp ngược đặt lên van,
- I_{r0} - dòng điện rò chạy ngược van bán dẫn thường rất nhỏ hay bỏ qua.

44

II. Tổn hao chuyển mạch

- Tổn hao CM có thể bỏ qua nếu tần số làm việc thấp. Tuy nhiên, ở tần số cao tổn hao này đáng kể không thể bỏ qua được.
- **1. Tổn hao do thời gian mở và khoá van.**
- Khi mở và khoá van dòng điện và điện áp trên van thay đổi dưới dạng ví dụ (hình trang sau)
- Năng lượng tổn hao trên van khi mở: $W_{mở} = 0,5 \cdot U_{CE} \cdot I_C \cdot t_{mở}$
- Năng lượng tổn hao trên van khi khoá: $W_{khóa} = 0,5 \cdot U_{CE} \cdot I_C \cdot t_{khóa}$
- Tổng tổn hao năng lượng khi chuyển mạch là $W_{mở} + W_{khóa}$
- Công suất tổn hao chuyển mạch được tính
- $P_{CM} = (W_{mở} + W_{khóa}) / T = (W_{mở} + W_{khóa}) \cdot f$
- Trong đó $f = 1/T$ - tần số chuyển mạch van

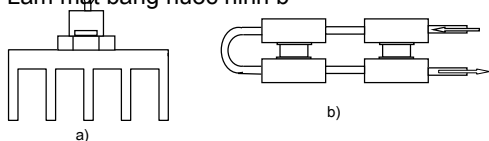
45



46

III. Bảo vệ quá nhiệt

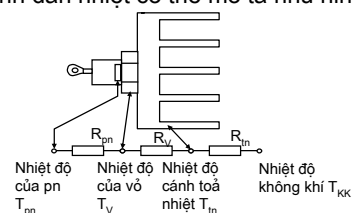
- Các tổn hao trên sinh nhiệt làm thiết bị nóng lên tới quá mức cho phép. Cần có biện pháp giảm nhiệt cho van bán dẫn. Có hai cách làm mát thường gặp nhất
- Làm mát bằng không khí có hay không cánh tản nhiệt hình a
- Làm mát bằng nước hình b



47

1. Làm mát bằng không khí

- Nhiệt lượng từ chất bán dẫn truyền ra vỏ rồi truyền tới cánh tản nhiệt truyền nhiệt ra không khí. Truyền nhiệt bằng bức xạ yếu, vì nhiệt độ cho phép của vỏ thấp. Do đó, tản nhiệt chủ yếu làm bằng đối lưu giữa cánh tản nhiệt và không khí.
- Quá trình dẫn nhiệt có thể mô tả như hình vẽ



48

- Nhiệt lượng truyền từ vùng nóng sang vùng lạnh. Công suất toả nhiệt tỉ lệ thuận với độ chênh nhiệt độ, tỉ lệ nghịch với trở nhiệt R

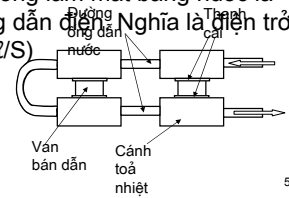
$$\Delta P = \frac{T_1 + T_2}{R}$$

- Trở nhiệt tổng của mạch nối tiếp:
- $R = R_{pn} + R_V + R_{tn}$
- Khi tính toán làm mát là chúng ta tính chọn cánh toả nhiệt và quạt.
- Các thông số được cho trong bài toán này là tổn hao ΔP [W], T_{pn} , T_{KK} , trở nhiệt R_{pn} , R_V [$^{\circ}C/W$]

49

2. Làm mát bằng nước

- Sơ đồ cấu trúc của làm mát bằng nước như giới thiệu trên hình vẽ.
- Điều kiện làm mát bằng nước là nước phải có nguồn vô tận để nhiệt độ nước vào là nhiệt độ môi trường.
- Vấn đề quan trọng trong làm mát bằng nước là phải xử lí nước không dẫn điện. Nghĩa là điện trở nước phải lớn ($R = \rho l/S$)



50