

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

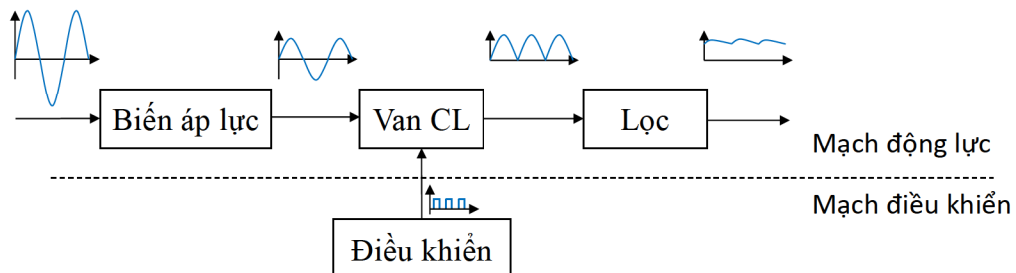
Giáp Quang Huy
gqhuy@dut.udn.vn

CHƯƠNG III: THIẾT BỊ CHỈNH LƯU

1

3.1. Khái niệm chung

Chức năng: Biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều



Khối biến áp:

- Chuyển điện áp của lưới điện xoay chiều u_1 sang điện áp u_2 thích hợp với tải.
- Biến đổi số pha của nguồn lưới (1, 2, 3, 6, 12... Pha).
- Cách ly với điện áp lưới.

Khối van CL: các van bán dẫn (diode, thyristor...)

Khối điều khiển: cấp xung điều khiển van (trường hợp van có điều khiển)

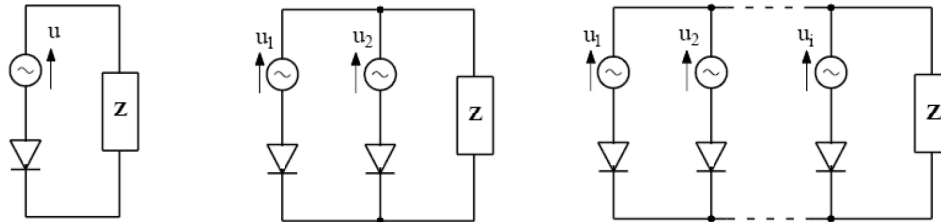
Khối lọc: giúp điện áp đầu ra mạch chỉnh lưu là điện áp một chiều bằng phẳng theo yêu cầu.

Ứng dụng: Cấp nguồn cho các tải một chiều: Động cơ điện một chiều, bộ nạp ac quy, mạ điện phân, máy hàn một chiều, nam châm điện, truyền tải điện một chiều cao áp...

2

Phân loại:

* **Dựa theo số pha nguồn cấp cho các van chỉnh lưu:** 1 pha, 2 pha, 3 pha, 6 pha ...

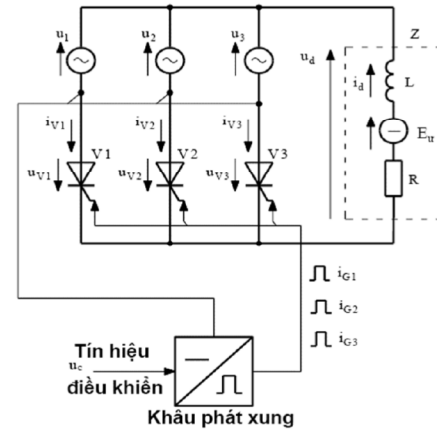


* **Dựa theo loại van bán dẫn:**

+ Mạch dùng hoàn toàn bằng diode (chỉnh lưu không điều khiển).

+ Mạch dùng kết hợp diode và thyristo (chỉnh lưu bán điều khiển).

+ Mạch dùng hoàn toàn bằng thyristor (chỉnh lưu điều khiển hoàn toàn).

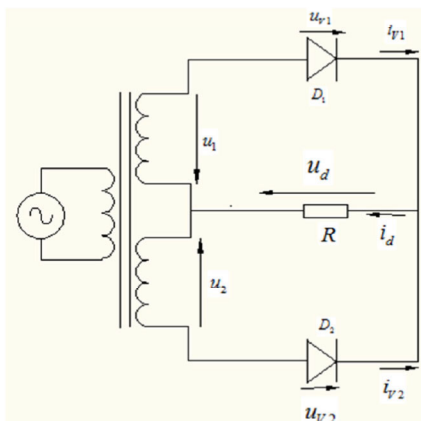


3

* **Dựa theo sơ đồ mắc van:**

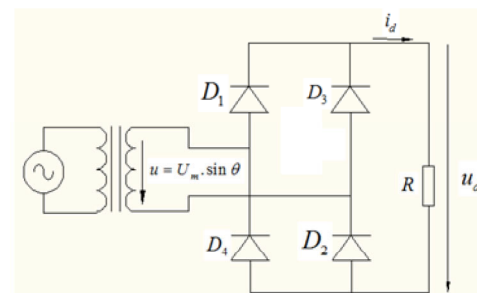
➤ Sơ đồ hình tia:

- Số van = số pha nguồn cung cấp
- Các van đấu chung một đầu nào đó với nhau: hoặc Anode chung, hoặc Cathode chung.



➤ Sơ đồ hình cầu:

- Một nửa số van mắc chung nhau Anode, một nửa số van mắc chung Cathode.



4

3.2. Đặc điểm của điện áp và dòng điện chỉnh lưu

3.2.1 Điện áp chỉnh lưu:

$$u_d = u_\sigma + U_d$$

U_d : thành phần một chiều với trị tức thời bằng trị trung bình của áp chỉnh lưu.

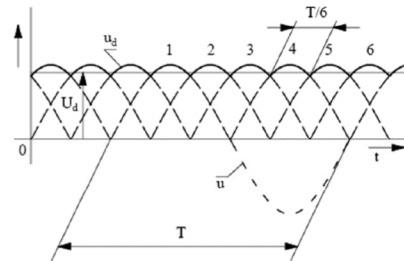
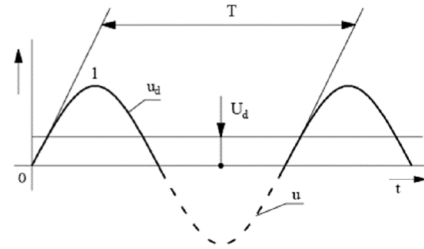
$u_{d\sigma}$: thành phần xoay chiều.

Số xung đập mạch của sóng điện áp chỉnh lưu:

$$p = \frac{f_{\sigma(1)}}{f_l}$$

$f_{\sigma(1)}$: tần số của sóng điều hòa bậc 1 thành phần xoay chiều của u_d

f_l : tần số điện áp lưới ngõ vào của bộ chỉnh lưu



5

Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu :

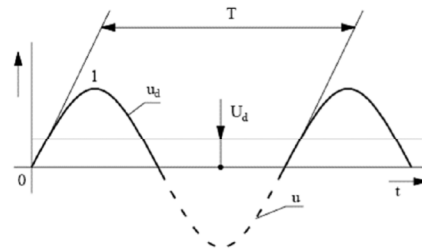
$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_d \cdot d\theta$$

Ví dụ: Chỉnh lưu 1 pha, ½ chu kỳ

$$T = 2\pi$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_d \cdot d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin \theta \cdot d\theta$$

$$= \frac{U_m}{2\pi} (\cos 0 - \cos \pi) = \frac{U_m}{\pi}$$



Giá trị hiệu dụng của điện áp chỉnh lưu :

$$U_{d(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_d^2 \cdot d\theta} = \sqrt{U_d^2 + U_\sigma^2}$$

U_d : thành phần một chiều điện áp chỉnh lưu

U_σ : là trị hiệu dụng thành phần xoay chiều của điện áp chỉnh lưu

6

3.2.2 Dòng điện chỉnh lưu:

Giá trị tức thời của dòng điện chỉnh lưu :

$$i_d = i_{d\sigma} + I_d$$

I_d : thành phần một chiều với trị tức thời bằng trị trung bình của áp chỉnh lưu.

$i_{d\sigma}$: thành phần xoay chiều.

Thành phần xoay chiều

$$I_{\sigma(n)} = \frac{U_{\sigma(n)}}{\sqrt{R^2 + [\omega_{\sigma(n)}L]^2}}$$

$U_{\sigma(n)}$: Giá trị hiệu dụng của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều điện áp chỉnh lưu.

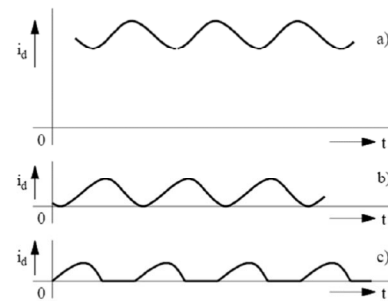
$I_{\sigma(n)}$: Giá trị hiệu dụng của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều của dòng điện chỉnh lưu

$\omega_{\sigma(n)}$: Tần số góc của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều

$\omega_{\sigma(n)}L \rightarrow \infty \Rightarrow I_{\sigma(n)} \rightarrow 0 \Rightarrow$ **Dòng phẳng tuyệt đối**

Nhấp nhô của dòng tải (Do thành phần xoay chiều của điện áp chỉnh lưu gây ra):

- Dòng điện liên tục (a)
- Dòng điện ở biên giới gián đoạn (b)
- Dòng điện gián đoạn (c)



7

3.3 Chỉnh lưu hình tia 3 pha – dòng liên tục phẳng tuyệt đối

3.3.1. Chỉnh lưu mạch tia ba pha không điều khiển (chỉnh lưu diode)

Cấu tạo:

- Nguồn ba pha lý tưởng đối xứng:

$$u_1 = U_m \sin \theta$$

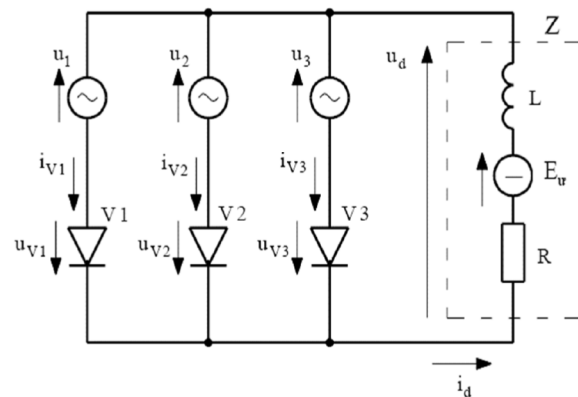
$$u_2 = U_m \sin(\theta - \frac{2\pi}{3})$$

$$u_3 = U_m \sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$$

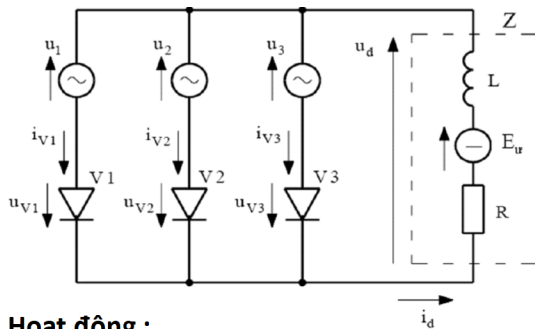
- Chỉnh lưu hình tia cathode đấu chung

- Tải RLE_u

- Diode lý tưởng



8



a) Hoạt động :

Tìm hiểu gì ? ↔ **1. Thời điểm** mở / đóng của diode ?
2. Thứ tự mở / đóng của diode ?

Chứng minh phản chứng:

Tại mỗi thời điểm chỉ có 1 van mở

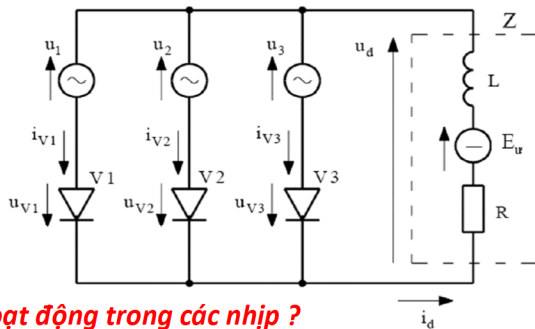
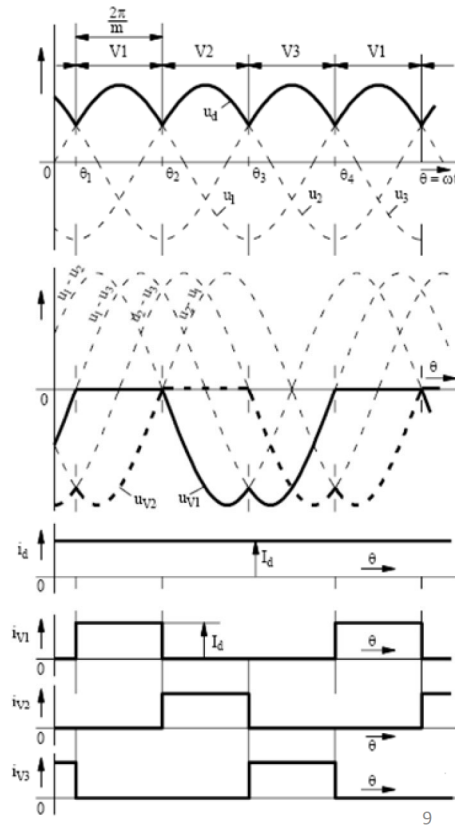
Trong khoản $\theta_1 < \theta < \theta_2$, giả sử V_2 mở, V_1 và V_3 đóng.

$$u_{v2} = 0, \quad u_{v1} = u_1 - u_2$$

Ta thấy $u_{v1} > 0$, điều này vô lý vì V_1 đóng

Tương tự, giả thiết V_3 mở trong khoản này không phù hợp

Vậy V_1 mở \rightarrow nhịp V_1



Hoạt động trong các nhịp ?

➤ Nhịp V_1 ($\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{5\pi}{6}$):

$$u_{v1} = 0, \quad i_{v1} = i_d, \quad u_{v2} = u_2 - u_1, \quad i_{v2} = 0, \quad u_{v3} = u_3 - u_1, \quad i_{v3} = 0,$$

$$u_d = u_1, \quad u_d = R i_d + L \frac{di_d}{dt} + E$$

➤ Nhịp V_2 ($\frac{5\pi}{6} < \theta < \frac{3\pi}{2}$):

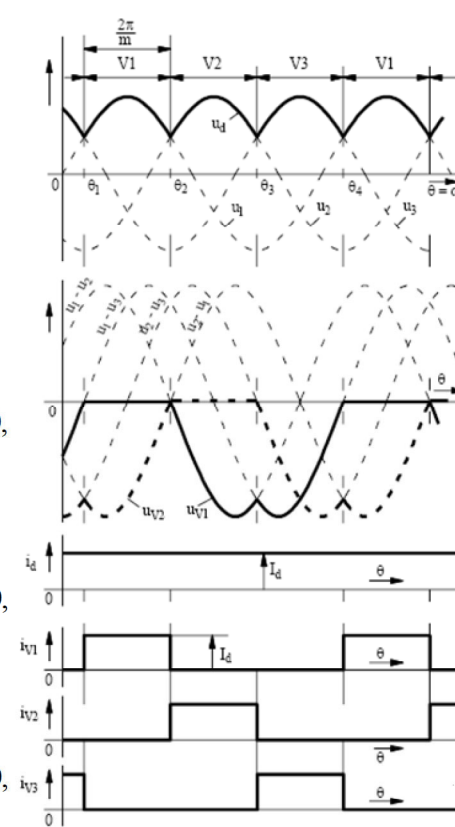
$$u_{v2} = 0, \quad i_{v2} = i_d, \quad u_{v1} = u_1 - u_2, \quad i_{v1} = 0, \quad u_{v3} = u_3 - u_2, \quad i_{v3} = 0,$$

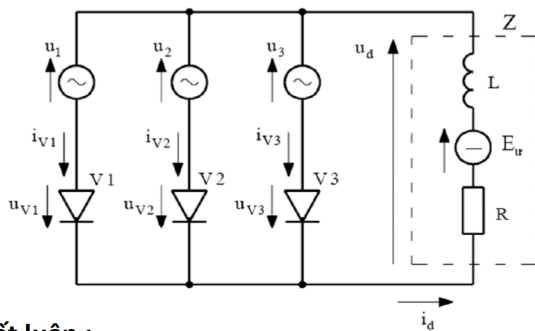
$$u_d = u_2, \quad u_d = R i_d + L \frac{di_d}{dt} + E$$

➤ Nhịp V_3 ($\frac{3\pi}{2} < \theta < \frac{13\pi}{6}$):

$$u_{v3} = 0, \quad i_{v3} = i_d, \quad u_{v1} = u_1 - u_3, \quad i_{v1} = 0, \quad u_{v2} = u_2 - u_3, \quad i_{v2} = 0,$$

$$u_d = u_3, \quad u_d = R i_d + L \frac{di_d}{dt} + E$$





Kết luận :

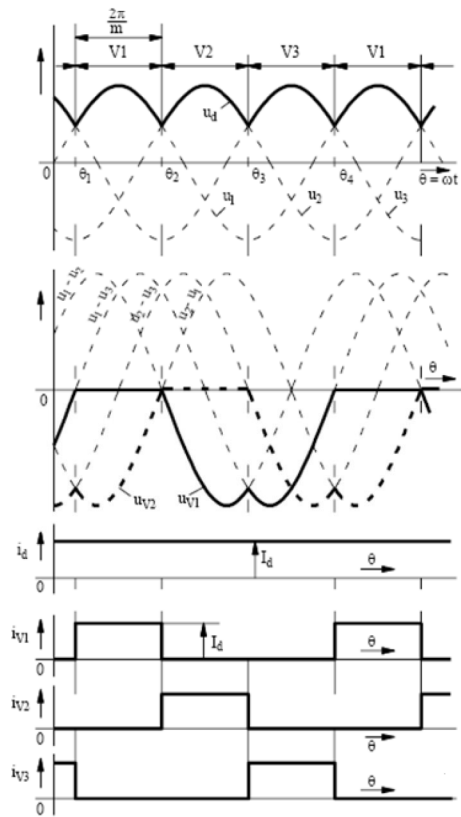
Kết luận gì ?

1. Thời điểm mở / đóng của diode ?

2. Thứ tự mở / đóng của diode ?

⇒ 1. Dòng tải liên tục nên tại một thời điểm chỉ có một diode dẫn điện, diode mở là diode mắc vào nguồn áp xoay chiều với trị tức thời lớn nhất trong các pha tại thời điểm đang xét.

⇒ 2. Các van mở ứng với thứ tự pha nguồn có giá trị dương nhất (đối với cathode chung-nhóm anode).



11

b) Điện áp và dòng điện chỉnh lưu

Điện áp chỉnh lưu có chu kỳ $T_p = T/3$ với T là chu kỳ áp nguồn xoay chiều.

Trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} U_m \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_m = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U$$

Trị trung bình của dòng điện tải (ở trạng thái xác lập)

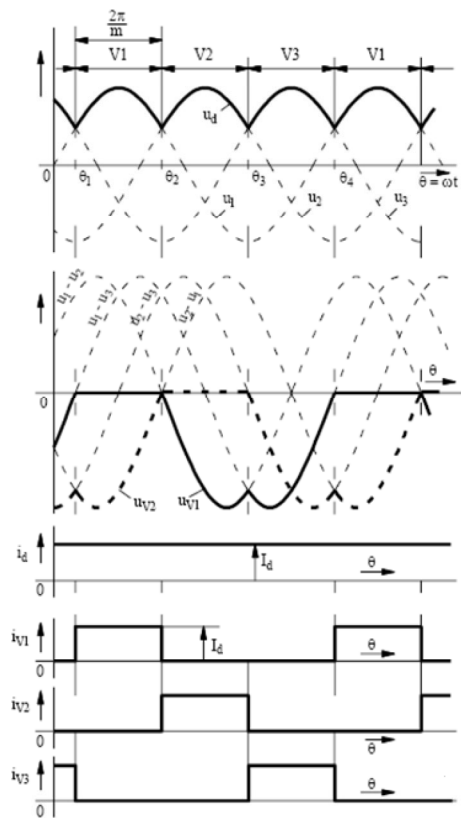
$$U_d = R I_d + E_- \Rightarrow I_d = \frac{U_d - E_-}{R}$$

Trị trung bình dòng qua diode (mỗi diode dẫn $T/3$)

$$I_{VAV} = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} i_{vi} d\theta = \frac{I_d}{3}$$

Điện áp ngược lớn nhất đặt lên diode bằng biên độ áp dây

$$U_{RWM} = \sqrt{3} U_m$$



12

3.3.2. Chỉnh lưu mạch tia ba pha có điều khiển (chỉnh lưu thyristor)

a) Cấu tạo:

- Nguồn ba pha lý tưởng đối xứng:

$$u_1 = U_m \sin \theta$$

$$u_2 = U_m \sin(\theta - \frac{2\pi}{3})$$

$$u_3 = U_m \sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$$

- Chỉnh lưu hình tia cathode đấu chung

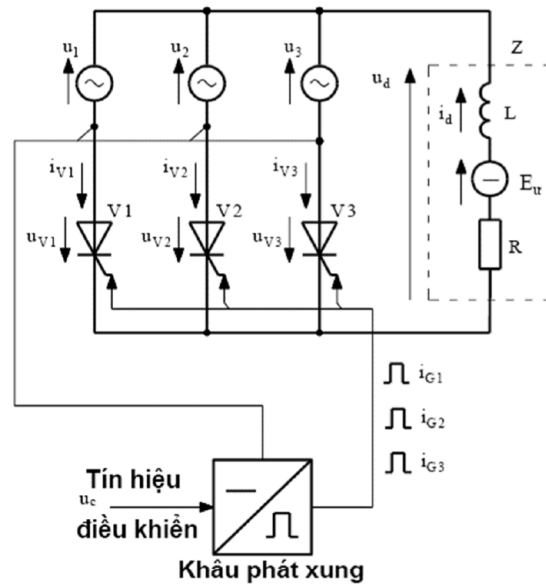
- Tải RLE_r

- Thyristor lý tưởng

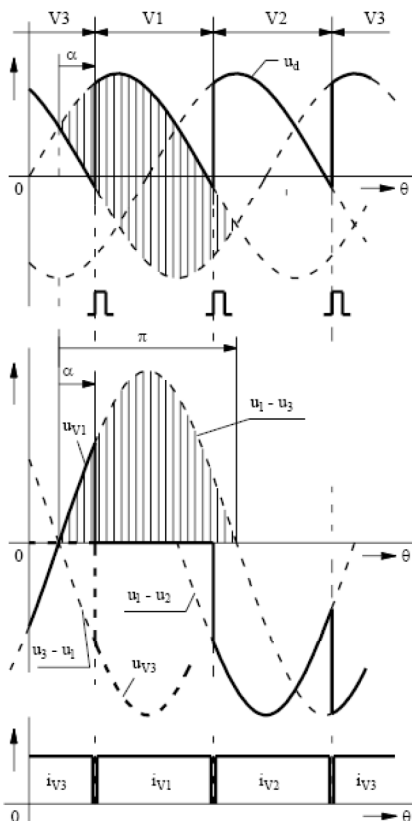
b) Hoạt động:

- Kích mở thyristor được bằng xung dòng điện i_G , khóa bằng điện áp ngược u_{AK} .

- Thyristor được kích đóng theo thứ tự $V_1, V_2, V_3, V_1, V_2 \dots$



13



c) Góc điều khiển (góc kích) :

Giả sử V_3 đang mở ($u_{V3}=0$), kích mở V_1

Điện áp trên V_1 : $u_{V1} = u_1 - u_3$

$\Rightarrow V_1$ sẽ mở nếu có xung kích đưa vào V_1 trong khoảng $\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{7\pi}{6}$

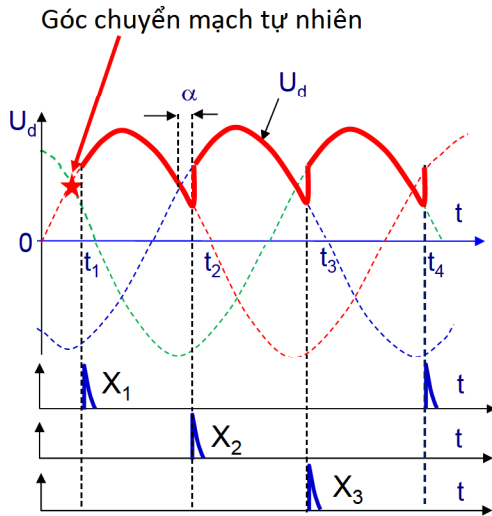
Góc chuyển mạch tự nhiên $\theta = \frac{\pi}{6}$: do điện áp chuyển mạch tạo thành từ bản thân của nguồn điện (mạch công suất).

Góc điều khiển $\alpha = (\theta - \frac{\pi}{6})$: được tính từ thời điểm chuyển mạch tự nhiên đến thời điểm phát xung mở thyristor.

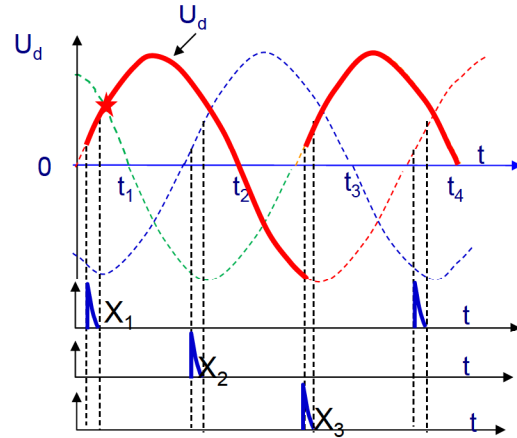
$$0 \leq \alpha < \pi$$

14

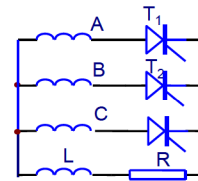
Các trường hợp phát xung điều khiển



Phát xung sau góc chuyển
mạch tự nhiên



Phát xung trước góc chuyển
mạch tự nhiên



15

d) Điện áp và dòng điện chỉnh lưu

- Điện áp chỉnh lưu có chu kỳ bằng $T_p = T/3$
- Dòng điện liên tục, điện áp tải chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn.

➤ Trị trung bình của điện áp chỉnh lưu:

$$U_d(\alpha) = \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{5\pi}{6}+\alpha} U_m \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_m \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \cos \alpha$$

$$0 \leq \alpha \leq \pi \Rightarrow -\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U \leq U_d \leq \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U$$

➤ Trị trung bình của dòng điện tải ở trạng thái xác lập I_d

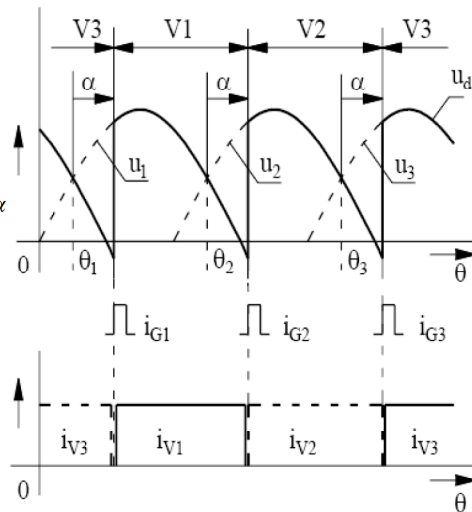
$$U_d = RI_d + E_c \Rightarrow I_d = \frac{U_d - E_c}{R}$$

➤ Trị trung bình dòng qua thyristor $I_{V,AV} = \frac{I_d}{3}$

➤ Điện áp khóa và áp ngược lớn nhất đặt lên thyristor:

bằng biên độ áp dây

$$U_{RWM} = \sqrt{3} U_m = \sqrt{6} U$$

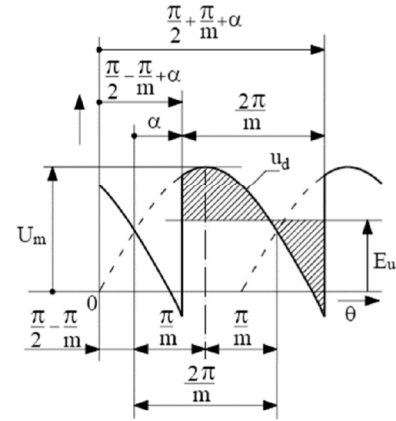


16

Chỉnh lưu hình tia m-pha tổng quát

Mỗi van dẫn dòng một khoảng bằng $1/m$ của chu kỳ điện áp nguồn.

- Góc mở tự nhiên của van: $\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}$
 - Chỉnh lưu hình tia **không điều khiển** → diode mở tại thời điểm mở tự nhiên và sẽ khoá tại thời điểm mở tự nhiên của van tiếp theo.
 - Chỉnh lưu hình tia **có điều khiển** → thyristor mở tại thời điểm có xung kích ($\alpha \geq 0$) và đóng khi van kế tiếp mở với $\alpha \geq 0$.



- Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu

$$U_d = \frac{m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} + \alpha}^{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m} + \alpha} U_m \sin \theta d\theta = \frac{m U_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha = U_{d0} \cos \alpha$$

- Trị trung bình của dòng điện tải ở trạng thái xác lập I_d

$$I_d = \frac{U_d - E_u}{R}$$

- Trị trung bình dòng qua van $I_{v,AV} = \frac{I_d}{m}$

- Điện áp khóa (nếu có) và áp ngược lớn nhất đặt lên van = điện áp dây

17

Các đường đặc tính:

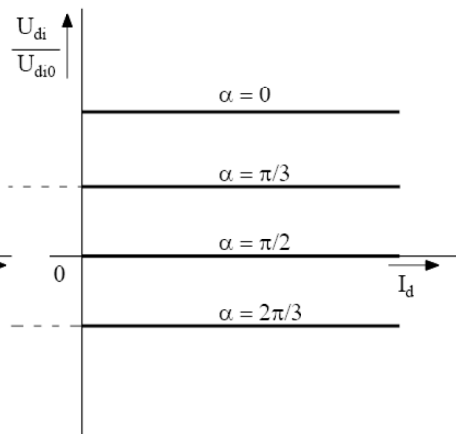
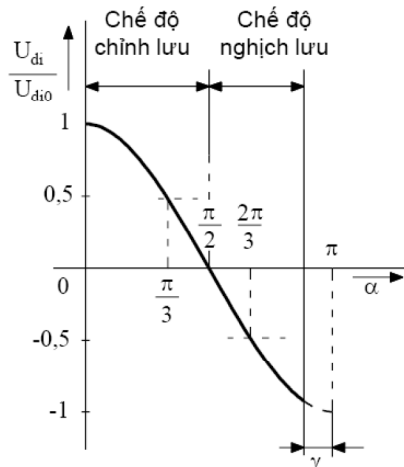
Đặc tính điều khiển:

- Đầu vào: α
- Đầu ra: U_{di}

$$U_{di0} = U_{d0} \cos \alpha$$

Đặc tính ngoài (đặc tính tải):

$$U_{di} = R I_{di} + E_u$$



γ : Góc an toàn → thời gian phục hồi khả năng khóa thuận của thyristor

18