

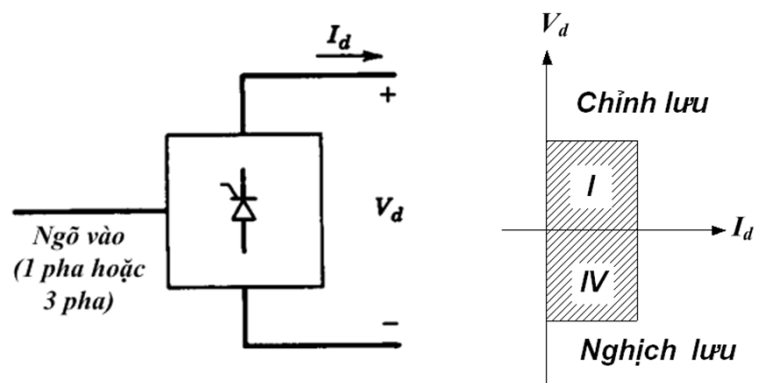
## Chương 2

# BỘ CHỈNH LƯU

## Phần 2: Chỉnh lưu có điều khiển

1

### Chỉnh lưu có điều khiển



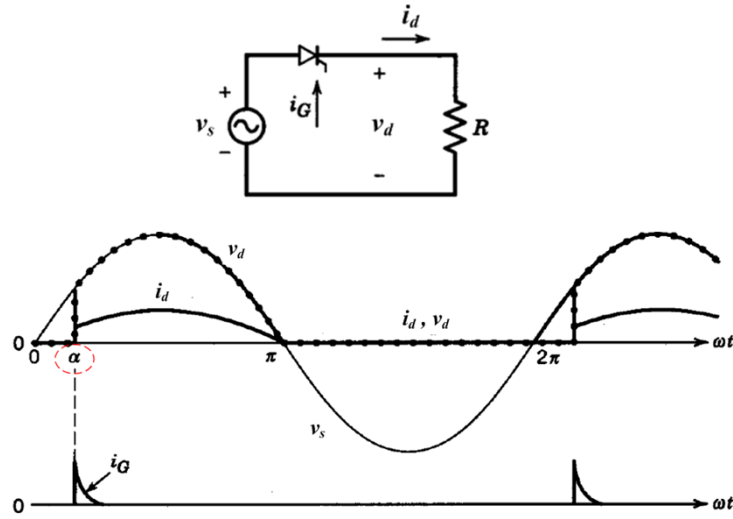
Ngõ vào: **ac** (1 pha hoặc 3 pha), tần số và điện áp không đổi

Ngõ ra: **dc** điều chỉnh được

2

## Thyristor (SCR) & mạch điều khiển

Xét mạch chỉnh lưu bán sóng, tải R



Dạng sóng điện áp và dòng điện

3

## Thyristor (SCR) & mạch điều khiển

Xét mạch chỉnh lưu bán sóng, tải R

Xét bán kỳ dương của nguồn  $v_s$ , lúc này thyristor được phân cực thuận nhưng đang ở trạng thái tắt. Tại thời điểm  $\omega t = \alpha$ , thyristor được kích dẫn (bằng xung dòng  $i_G$ ).

Khi thyristor dẫn:  $v_d = v_s$  và  $i_d = \frac{v_d}{R}$ .

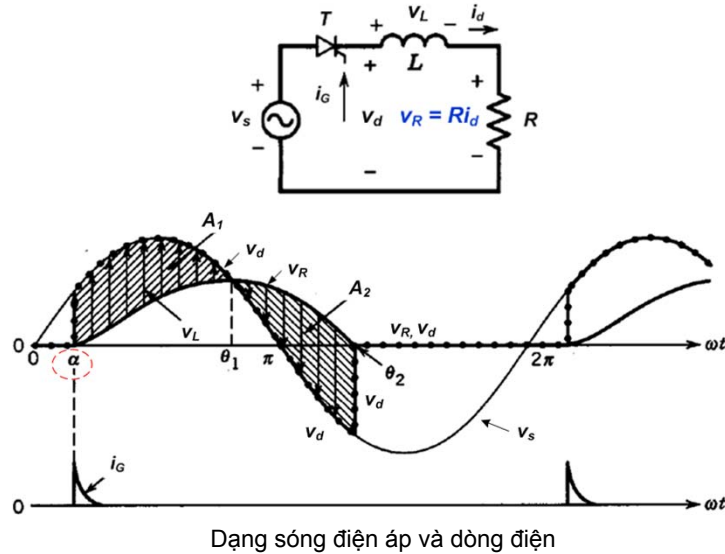
Tại thời điểm  $\omega t = \pi$ , dòng  $i_d = 0$ . Lúc này thyristor chuyển sang trạng thái tắt (do  $i_d = 0$  và sau đó thyristor bị phân cực ngược). Trạng thái này duy trì cho đến thời điểm  $\omega t = 2\pi + \alpha$ , khi thyristor nhận được xung kích mới và chu kỳ mới của  $v_d$  và  $i_d$  lại bắt đầu.

Bằng cách chỉnh góc kích  $\alpha$ , có thể thay đổi được điện áp và dòng ngõ ra ( $v_d$  và  $i_d$ ).

4

## Thyristor (SCR) & mạch điều khiển

Xét mạch chỉnh lưu bán sóng, tải RL



5

## Thyristor (SCR) & mạch điều khiển

Xét mạch chỉnh lưu bán sóng, tải RL

Xét mạch chỉnh lưu bán sóng dùng thyristor và tải R+L.

Xét bán kỳ dương của nguồn  $v_s$ , lúc này thyristor được phân cực thuận nhưng đang ở trạng thái tắt. Tại thời điểm  $\omega t = \alpha$ , và thyristor được kích dẫn bằng xung kích  $i_G$ . Khi thyristor dẫn:  $v_d = v_s$ , và điện áp trên cuộn dây L là:

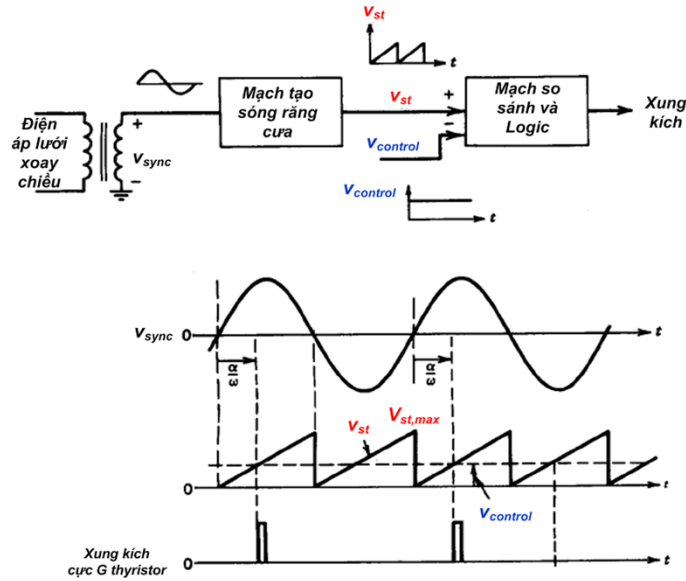
$$v_L(t) = L \frac{di_d}{dt} = v_s - v_R = v_s - Ri_d$$

→ Dòng  $i_d$  **tăng** trong khoảng  $\alpha$  đến  $\theta_1$  (tương ứng với  $v_L > 0$ ) và **giảm** trong khoảng  $\theta_1$  đến  $\theta_2$  (tương ứng với  $v_L < 0$ ). Tại thời điểm  $\theta_2$ , dòng qua thyristor bằng zero nên thyristor tắt → sau thời điểm này  $i_d = 0$  cho tới khi thyristor được phân cực thuận và nhận xung kích ở chu kỳ tiếp theo.

Ngoài ra, lưu ý là ở chế độ xác lập, trị trung bình điện áp trên L bằng zero → tích phân của điện áp  $v_L$  trong một chu kỳ bằng zero → diện tích  $A_1 =$  diện tích  $A_2$ .

6

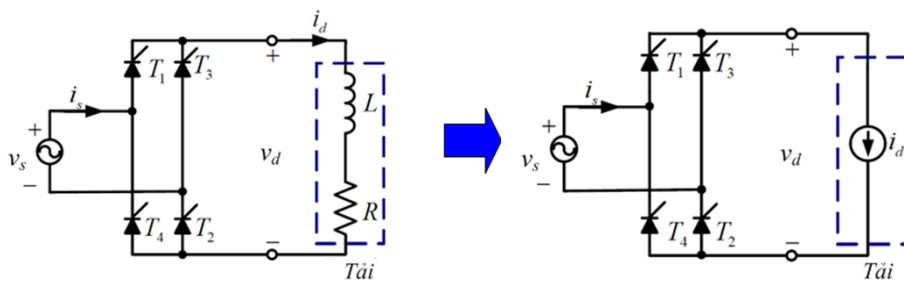
## Tạo xung kích điều khiển bộ chỉnh lưu



7

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với  $L$  đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



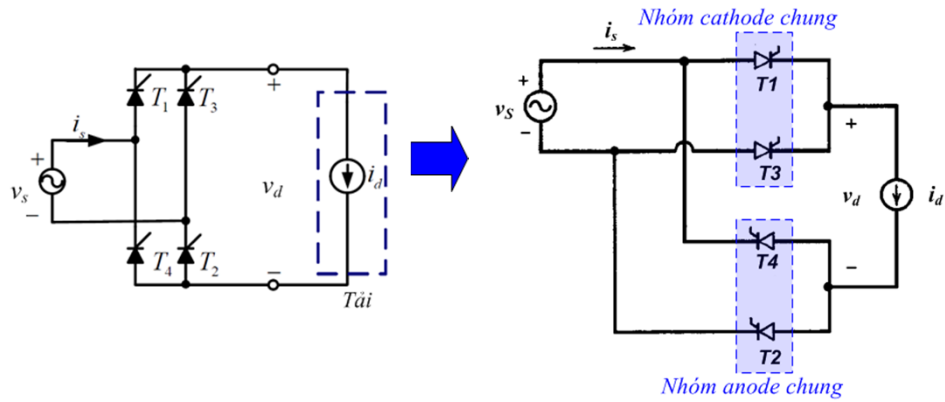
$L$  đủ lớn  $\rightarrow$  dòng tải  $i_d \approx I_d$

Mạch tương đương trong trường hợp này:  
tải có thể thay bằng nguồn dòng  $I_d$

8

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

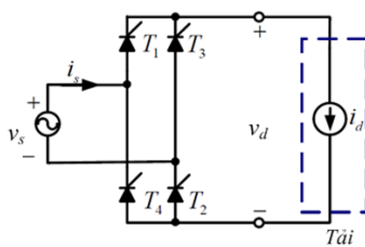


Tại mỗi thời điểm, chỉ có **một** thyristor trong mỗi nhóm dẫn điện

9

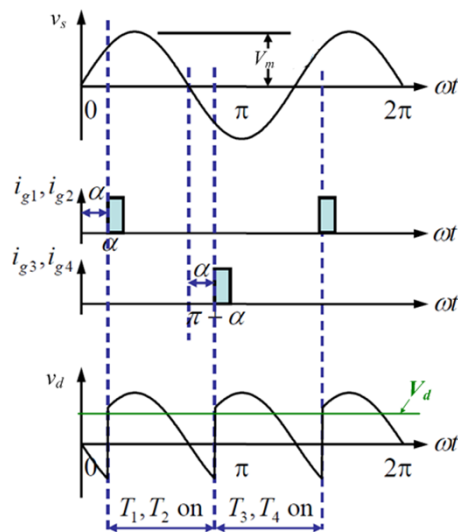
## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Ở bán kỳ dương, khi  $T_1, T_2$  được kích  $\rightarrow T_1, T_2$  dẫn, dòng điện theo chiều:  $+v_s \rightarrow T_1 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow T_2 \rightarrow -v_s$ .  
Khi đó:  $v_d = v_s$ .

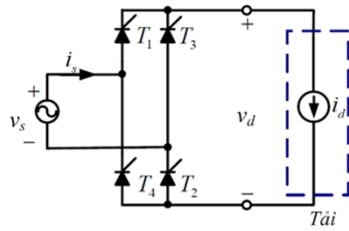
Ở bán kỳ âm, khi  $T_3, T_4$  được kích  $\rightarrow T_3, T_4$  dẫn, dòng điện theo chiều:  $-v_s \rightarrow T_4 \rightarrow \text{Tải} \rightarrow T_3 \rightarrow +v_s$ .  
Khi đó:  $v_d = -v_s$ .



10

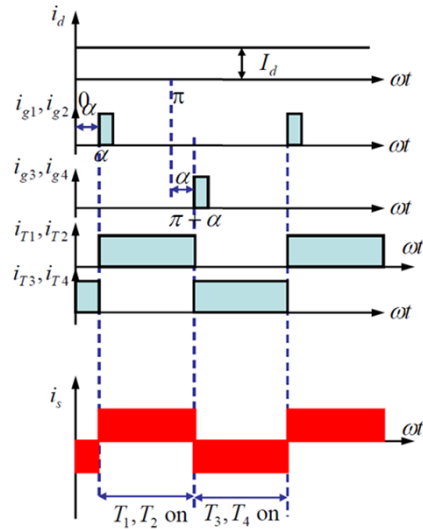
## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Khi  $T_1, T_2$  dẫn, ta có:  $i_{T1} = i_{T2} = i_d$  và  $i_s = i_d$ .

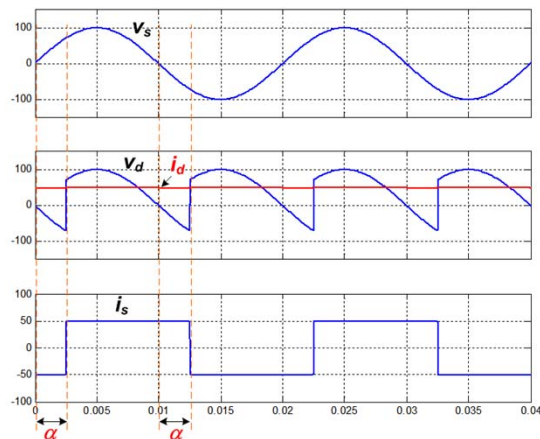
Khi  $T_3, T_4$  dẫn, ta có:  $i_{T3} = i_{T4} = i_d$  và  $i_s = -i_d$ .



11

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

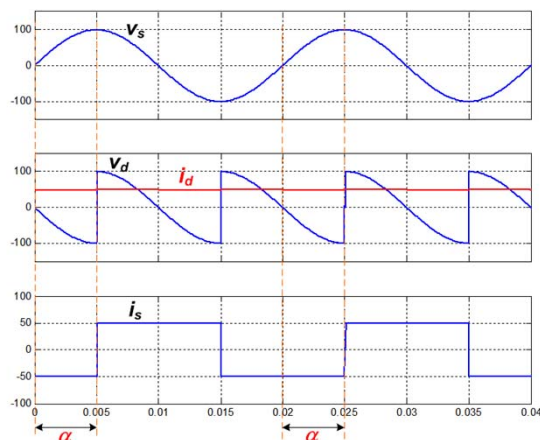


Dạng áp nguồn  $v_s$ , áp ngõ ra  $v_d$ , dòng ngõ ra  $i_d$  và dòng nguồn  $i_s$   
Góc kích  $\alpha = 30^\circ$

12

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

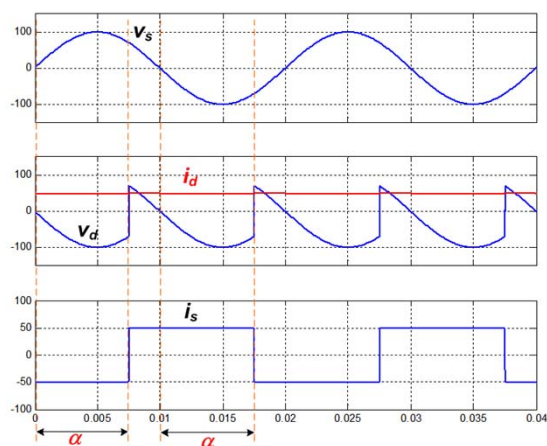


Dạng áp nguồn  $v_s$ , áp ngõ ra  $v_d$ , dòng ngõ ra  $i_d$  và dòng nguồn  $i_s$   
Góc kích  $\alpha = 90^\circ$

13

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng áp nguồn  $v_s$ , áp ngõ ra  $v_d$ , dòng ngõ ra  $i_d$  và dòng nguồn  $i_s$   
Góc kích  $\alpha = 135^\circ$

14

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

Giả thiết **dòng qua tải là liên tục**:

- Điện áp tải có dạng chỉ phụ thuộc vào góc điều khiển  $\alpha$  và áp nguồn.
- Phạm vi góc điều khiển  $\alpha$  là  $(0, \pi)$
- Trị trung bình điện áp chỉnh lưu :

$$V_d(\alpha) = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} u_d d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) d(\omega t)$$

$$V_d(\alpha) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V \cos \alpha = V_{do} \cos \alpha$$

Trong đó:  $V$  là trị hiệu dụng của điện áp nguồn  $v_s$ .

Với  $0 < \alpha < \pi$ , trị trung bình điện áp chỉnh lưu  $V_d$  biến thiên trong khoảng

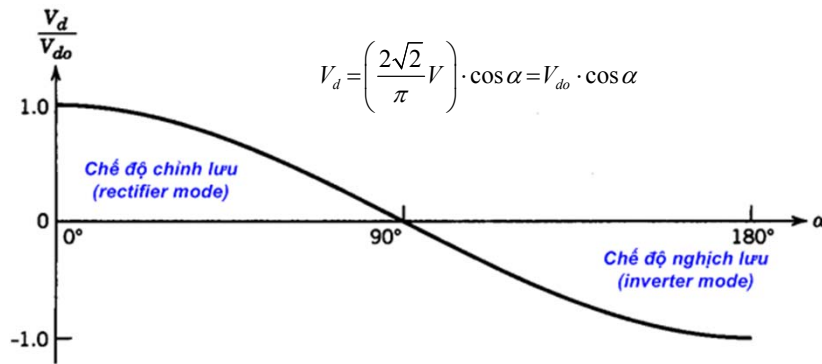
$$-\frac{2\sqrt{2}}{\pi} V < V_d(\alpha) < +\frac{2\sqrt{2}}{\pi} V$$

**Chọn thyristor** dựa trên thông số:

- Mỗi thyristor dẫn điện trong 1/2 chu kỳ áp nguồn  
 $\rightarrow$  Trị trung bình dòng qua thyristor bằng  $I_{TAV} = \frac{I_d}{2}$ .
- Điện áp cực đại trên thyristor bằng **biên độ áp nguồn**  $V_m$

15

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần



Đặc tính  $V_d(\alpha)$  trong trường hợp dòng tải là liên tục (chế độ dòng liên tục)

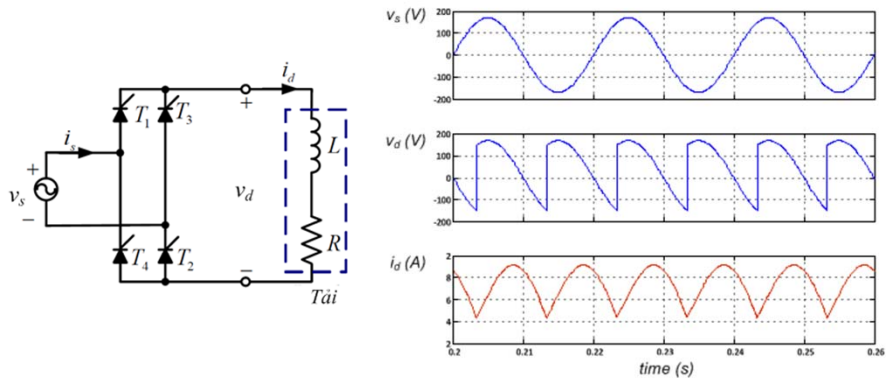
16



## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### Ví dụ 2.4:

Cho bộ chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển hoàn toàn với các tham số sau: áp pha nguồn ac 120V,  $f=50\text{Hz}$ . Tải R-L mắc nối tiếp  $R=10\Omega$ ,  $L=100\text{mH}$ . Góc kích  $\alpha = 60^\circ$ . Xác định chế độ dòng điện tải và trị trung bình của nó



17

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### Ví dụ 2.4 (t-t)

Giải:

Có thể kiểm chứng để thấy rằng dòng điện tải liên tục.

$$\text{Trị trung bình áp tải: } V_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_m \cos \alpha = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} 120 \cos 60^\circ = 54V$$

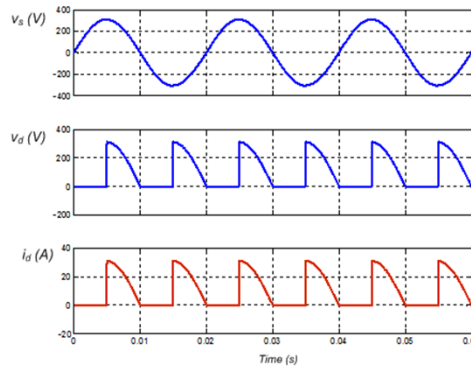
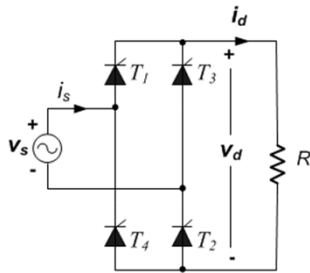
$$\text{Trị trung bình dòng tải: } I_d = \frac{V_d}{R} = \frac{54V}{10\Omega} = 5.4A$$

18

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### Ví dụ 2.17:

Cho bộ chỉnh lưu mạch cầu một pha điều khiển hoàn toàn tải R. Góc điều khiển  $\alpha = \frac{\pi}{2} \text{ (rad)}$ . Áp nguồn  $v = 220\sqrt{2} \sin 314t \text{ [V]}$ ,  $R = 10 \Omega$ . Tính  $V_d$ ,  $I_d$  và công suất  $P_d$  trên tải.



19

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### Giải:

Đối với tải R, vì  $i_d = \frac{v_d}{R}$  nên rõ ràng dòng tải gián đoạn trong khoảng thời gian áp

$v_d < 0$ .

Kết quả điện áp và dòng điện tải được vẽ trên hình.

Trị trung bình áp tải:

$$V_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} v_d \cdot d\theta$$

$$V_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin \theta d\theta = \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

$$= \frac{2\sqrt{2} \cdot 220}{\pi} \cdot \frac{1 + 0}{2} = 99 \text{ [V]}$$

Trị trung bình dòng tải:

$$I_d = \frac{V_d}{R} = \frac{99}{10} = 9,9 \text{ [A]}$$

Công suất trung bình trên tải:

$$P_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\pi} v_d \cdot i_d \cdot d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{v_d^2}{R} d\theta = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{(V_m \sin \theta)^2}{R} d\theta$$

Kết quả:

$$P_d = \frac{V_m^2}{4R} = 2420 \text{ W}$$

20

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

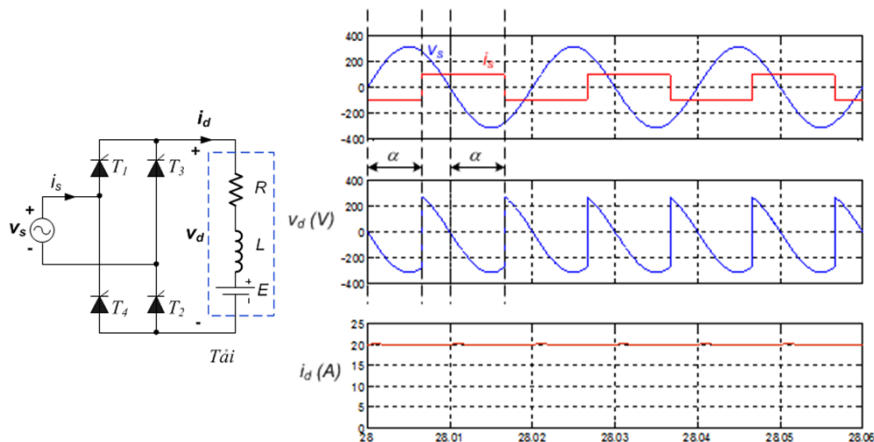
### Ví dụ 2.12:

Cho bộ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển hoàn toàn mắc vào nguồn xoay chiều một pha với trị hiệu dụng 220V,  $f=50\text{Hz}$ . Tải  $R+L+E$  với  $R=1\ \Omega$ , giả thiết dòng điện tải liên tục với  $L$  đủ lớn để dòng tải có thể xem là phẳng với độ lớn  $I_d=20\text{A}$ .

- Cho biết góc điều khiển  $\alpha = 120^\circ$ , vẽ dạng điện áp tải và dòng điện qua nguồn xoay chiều.
- Xác định độ lớn sức điện động  $E$ .
- Tính công suất phát ra của sức điện động và công suất nguồn xoay chiều nhận được.

21

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần



22

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### Giải

- a. Đồ thị các quá trình điện áp tải, dòng điện nguồn - xem hình vẽ:

Với giả thiết dòng tải xem là phẳng, điện áp trung bình trên tải:

$$V_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot 220 \cdot \cos 120^\circ = -99[V]$$

- b. Sức điện động E xác định theo hệ thức:

$$V_d = R \cdot I_d + E \rightarrow E = V_d - R \cdot I_d = -99 - 1 \cdot 20 = -119[V]$$

- c. Công suất phát ra từ tải:

$$P_E = E \cdot I_d = -119 \cdot 20 = -2380W = -2,38kW$$

Công suất tiêu hao trên điện trở:

$$P_R = R \cdot I_d^2 = 1 \cdot 20^2 = 400W = 0,4kW$$

Công suất nguồn ac cung cấp:

$$P_{ac} = V_d \cdot I_d = -99 \cdot 20 = -1980W = -1,98kW$$

Dấu (-) có nghĩa là tải đưa công suất về nguồn qua bộ chỉnh lưu.

23

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

### **Ví dụ 2.18:**

Cho bộ chỉnh lưu mạch cầu một pha điều khiển toàn phần.

Áp nguồn  $v = 220\sqrt{2} \sin 314t$ . Tải  $R=1 \Omega$ ,  $L = 0,01 H$  và E mắc nối tiếp. Mạch ở trạng thái xác lập với góc điều khiển  $\alpha = \frac{2\pi}{3} (rad)$ . Kết luận gì về trạng thái áp và

dòng tải nếu :

a.  $E = 150[V] > 0$

b.  $E = -150[V] < 0$

### Giải:

Ở trạng thái xác lập :

$$V_d = R \cdot I_d + E$$

Giả sử dòng tải liên tục, trị trung bình điện áp và dòng điện chỉnh lưu:

$$V_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V \cdot \cos \alpha = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot 220 \cos \left( \frac{2\pi}{3} \right) = -99 [V]$$

$$I_d = \frac{V_d - E}{R}$$

24

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

**Giải (t-t):**

a. Nếu  $E = 150 \text{ V}$

$$I_d = \frac{-99 - 150}{10} = -24,9 \text{ A}$$

điều này **không thể xảy ra**.

Vậy trong trường hợp này **dòng tải gián đoạn**. Quá trình điện áp và dòng tải trong chu kỳ áp lưới gồm 2 khoảng:

$\alpha = 2\pi/3 < \theta < \theta_1$  dòng điện dẫn qua mạch ( $v, T_1$ , tải  $R+L+E, T_2$ ). Dòng  $i_d$  có thể tính ra từ phương trình:

$$v_d = v_s = 220\sqrt{2} \cdot \sin(314 \cdot t)$$

$$v_d = R \cdot i_d + L \cdot \frac{di_d}{dt} + E$$

$$R = 1\Omega, L = 0.01H, E = 150V$$

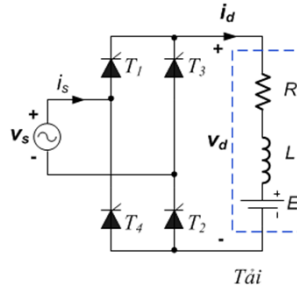
với sơ kiện:  $i_d(\alpha) = 0$

$\theta_1$  là góc tương ứng thời điểm dòng điện  $i_d$  đạt giá trị 0.

Khoảng  $\theta_1 < \theta < \alpha + \pi$ , dòng điện tải gián đoạn:

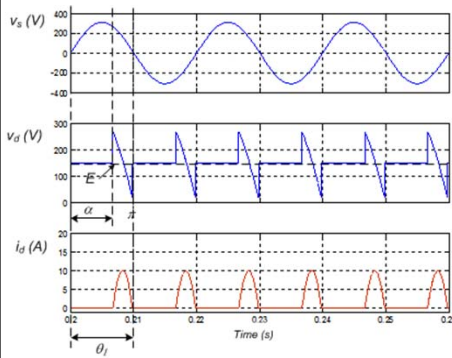
$$i_d = 0$$

$$v_d = E = 150V$$

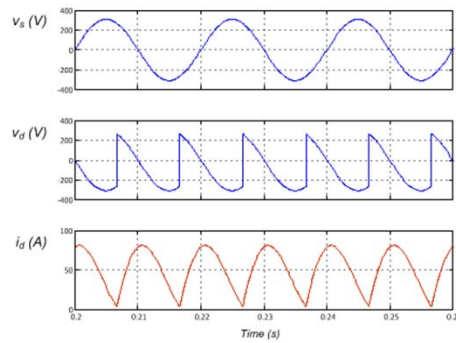


25

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần



$E = 150V$



$E = -150V$

26

## Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển toàn phần

b. Nếu  $E = -150 \text{ V}$

$$I_d = \frac{-99 - (-150)}{10} = 5,1 \text{ A}$$

Do đó, bộ chỉnh lưu có thể làm việc ở chế độ nghịch lưu.

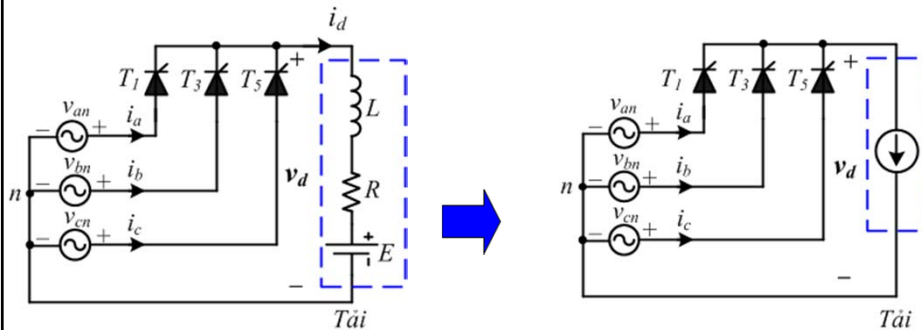
Kiểm tra bằng phần mềm mô phỏng cho thấy dòng  $i_d$  là liên tục. Vậy, điện áp trung bình và dòng trung bình ngõ ra của bộ chỉnh lưu khi này là:  $V_d = -99\text{V}$  và  $I_d = 5,1\text{A}$ .

Dạng dòng điện và điện áp cho hai trường hợp được vẽ trên hình.

27

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

Xét mạch có tải với  $L$  đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



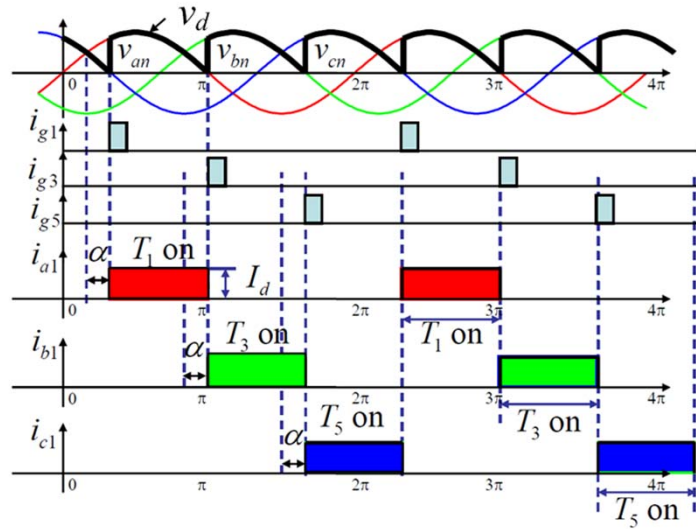
$L$  đủ lớn  $\rightarrow$  dòng tải  $i_d \approx I_d$

Mạch tương đương trong trường hợp này:  
tải có thể thay bằng nguồn dòng  $I_d$

28

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

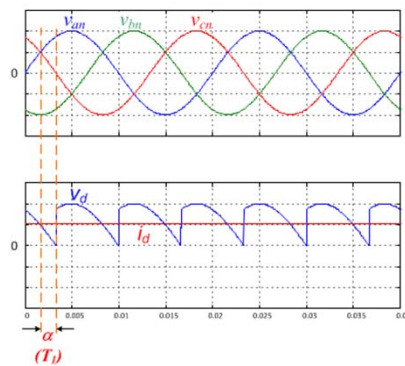
Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



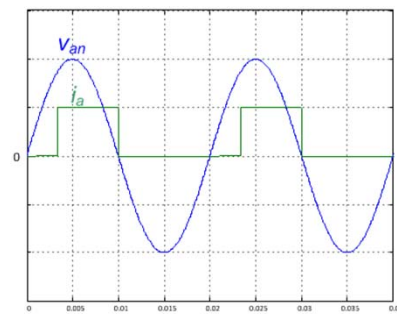
29

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích  $\alpha$  của  $T_3$  và  $T_5$ )



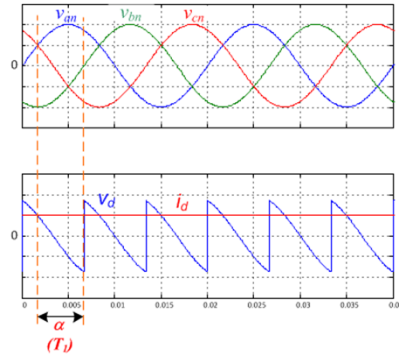
Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$

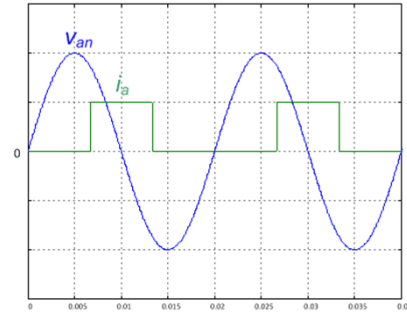
30

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích  $\alpha$  của  $T_3$  và  $T_5$ )



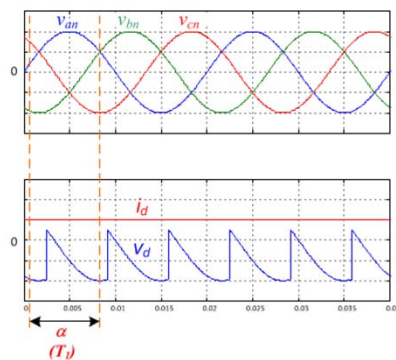
Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

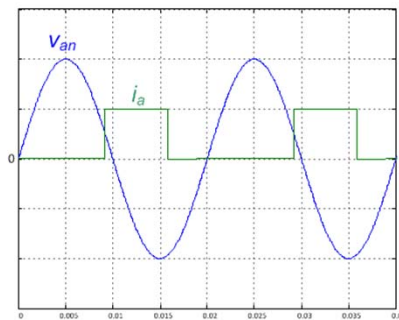
31

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích  $\alpha$  của  $T_3$  và  $T_5$ )



Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{3\pi}{4} = 135^\circ$$

32



## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Xét chế độ dòng liên tục:

- Điện áp tải chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn và góc điều khiển  $\alpha$ .

Điện áp tải có 3 xung trong 1 chu kỳ T của áp nguồn.

Chu kỳ áp chỉnh lưu  $T_p$  trên tải bằng  $T_p = T/3$ .

- Trị trung bình áp chỉnh lưu trên tải

$$V_d(\alpha) = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha+\frac{\pi}{6}}^{\alpha+\frac{5\pi}{6}} V_m \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_m \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V \cos \alpha$$

(V: trị hiệu dụng áp pha của nguồn)

- Phạm vi góc điều khiển  $\alpha$ :  $(0 \rightarrow \pi)$ .

→ Điện áp chỉnh lưu trung bình  $U_d$  nằm trong khoảng:

$$-\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V < V_d < +\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V$$

- Khi điện áp trung bình trên tải  $> 0$ , tải nhận năng lượng từ nguồn → bộ chỉnh lưu làm việc ở chế độ chỉnh lưu.
- Khi điện áp trung bình trên tải  $< 0$ , do dòng tải dương nên tải phát ra năng lượng → bộ chỉnh lưu làm việc ở chế độ nghịch lưu.

33

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Xét chế độ dòng liên tục (t-t):

- Mỗi thyristor dẫn điện trong 1/3 chu kỳ áp nguồn

→ trị trung bình dòng qua thyristor:  $I_{TAV} = \frac{I_d}{3}$ .

- Điện áp khóa và áp ngược lớn nhất có thể xuất hiện trên linh kiện:  $V_{DRM} = V_{RRM} = \sqrt{6} \cdot U$

34

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Ví dụ 2.1:

Bộ chỉnh lưu có điều khiển mạch tia 3 pha mắc vào tải chứa R+L+E, trong đó:  $R = 10\Omega$ ,  $E=50\text{ V}$  và điện cảm rất lớn làm dòng tải liên tục và phẳng. Áp nguồn xoay chiều 3 pha có trị hiệu dụng (áp pha)  $V=220\text{ V}$ . Mạch ở trạng thái xác lập.

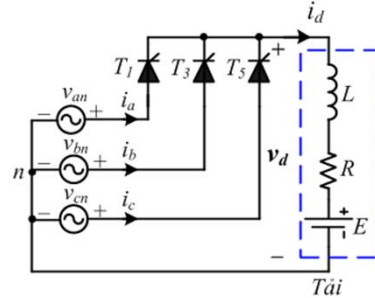
a. Tính trị trung bình của điện áp chỉnh lưu và dòng chỉnh lưu khi góc điều khiển  $\alpha = \frac{\pi}{3} [\text{rad}]$

b. Tính công suất trung bình của tải .

c. Tính trị trung bình dòng qua mỗi linh kiện

d. Tính trị hiệu dụng dòng qua mỗi pha nguồn .

e. Tính hệ số công suất nguồn .



35

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Giải:

a. Dòng qua tải liên tục nên suy ra:

$$V_d(\alpha) = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} V \cos \alpha$$

Thay  $V = 220\text{ V}$ ,  $\alpha = \frac{\pi}{3} [\text{rad}]$ , ta thu được

$$V_d(\alpha) = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = 128,6 [\text{V}]$$

Mạch ở trạng thái xác lập nên ta có:

$$V_d = RI_d + E \quad , \quad \text{hay } I_d = \frac{V_d - E}{R}$$

Thay  $V_d = 128,6 [\text{V}]$ ;  $E = 50 [\text{V}]$ ;  $R = 100 [\Omega]$

ta có kết quả:

$$I_d = \frac{128,6 - 50}{10} = 7,87 [\text{A}]$$

36

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### **Giải (t-t):**

**b.** Do dòng tải phẳng nên ta sử dụng hệ thức tính công suất trung bình sau:

$$P_d = V_d \cdot I_d \text{ hay } P_d = 128,6 \times 7,86 = 101,8 \text{ [W]}$$

**c.** Mỗi linh kiện dẫn điện trong khoảng thời gian bằng nhau và bằng 1/3 chu kỳ lưới. Từ đó, dòng trung bình qua mỗi linh kiện bằng:

$$I_{TAV} = I_d / 3 = 7,83 / 3 = 2,62 \text{ [A]}$$

**d.** Từ dạng đồ thị dòng qua pha nguồn của bộ chỉnh lưu, ta có trị hiệu dụng dòng I:

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

$$I = 4,54 \text{ [A]}$$

37

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### **Giải (t-t):**

**e.** Hệ số công suất của nguồn  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{P}{S}$$

Nếu bỏ qua công suất tổn hao trên linh kiện, ta có:

$$P = P_d = 101,8 \text{ W} = 1,01 \text{ kW}$$

Công suất biểu kiến của nguồn :

$$S = V_1 I_1 + V_2 I_2 + V_3 I_3 = 3 V_1 I_1$$

với :

$$V_1 = V = 220 \text{ V} ; \quad I_1 = I = 4,54 \text{ A} ; \quad S = 3 \cdot 220 \cdot 4,54 = 2904 \text{ VA} = 2,9 \text{ kVA}$$

Hệ số công suất của nguồn S:

$$\lambda = \frac{P}{S} = \frac{101,8}{2904} = 0,3481$$

**Ghi chú:** hệ số công suất thay đổi phụ thuộc vào góc điều khiển và có độ lớn giảm dần khi góc điều khiển tăng dần và đạt giá trị lớn nhất khi góc điều khiển bằng 0 (giống như trường hợp chỉnh lưu không điều khiển). Hệ số công suất nguồn thường có giá trị nhỏ hơn 1 ngay cả khi góc điều khiển nhỏ nhất ( $\alpha=0$ ).

38

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Ví dụ 2.15:

Bộ chỉnh lưu mạch tia ba pha mắc vào tải thuần trở  $R = 10 \Omega$ . Nguồn xoay chiều có trị hiệu dụng áp pha bằng 220 V,  $\omega = 314 \text{ rad/s}$ . Vẽ đồ thị và tính trị trung bình của điện áp và dòng điện tải trong hai trường hợp góc điều khiển:

a/  $\alpha = \frac{\pi}{9} [\text{rad}]$

b/  $\alpha = \frac{2\pi}{3} [\text{rad}]$

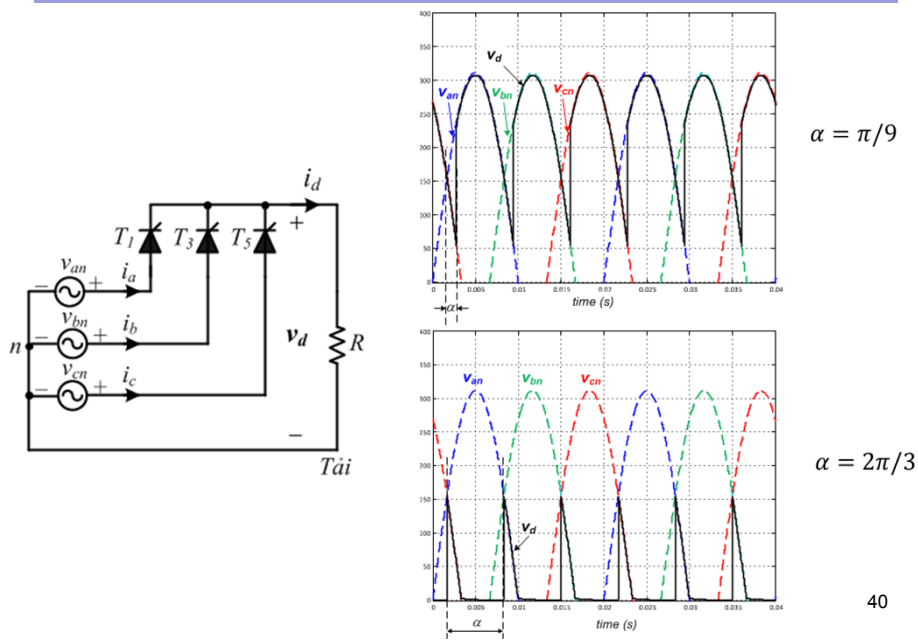
### Giải:

Trường hợp  $\alpha = \frac{\pi}{9} [\text{rad}]$  dòng qua tải liên tục (xem hình)

Trường hợp  $\alpha = \frac{2\pi}{3} [\text{rad}]$ , dòng qua tải bị gián đoạn (xem hình).

39

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển



## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

a/- Góc kích  $\alpha = \frac{\pi}{9} [rad]$ :

$$V_d = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot V \cdot \cos \alpha = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \cdot 220 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{9}\right) = 241,78[V]$$

$$I_d = \frac{V_d}{R} = \frac{241,78}{10} = 24,178[A]$$

b/- Góc kích  $\alpha = \frac{2\pi}{3} [rad]$ :

$$V_d = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin x \cdot dx = \frac{3V_m}{2\pi} \cdot \left[ 1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{2} \cdot 220}{2\pi} \left[ 1 + \cos\left(\frac{2\pi}{3} + \frac{\pi}{6}\right) \right] = 19,9[V]$$

$$I_d = \frac{V_d}{R} = \frac{19,9}{10} = 1,99[A]$$

41

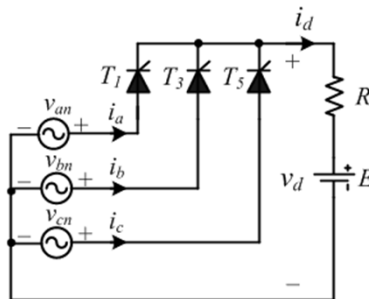
## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Ví dụ 2.16:

Bộ chỉnh lưu mạch tia ba pha điều khiển mắc vào nguồn xoay chiều 3 pha có trị hiệu dụng áp pha là:  $V = 220 [V]$ , tần số  $f = 50Hz$ . Tải có R+E, trong đó  $R = 10\Omega$ ,  $E = 50[V]$ . Vẽ các quá trình áp và dòng tải và kết luận. Cho biết góc điều khiển:

a.  $\alpha = \frac{\pi}{6} [rad]$

b.  $\alpha = \frac{\pi}{2} [rad]$



42

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

**Giải:**

Để ý rằng:  $i_d = \frac{v_d - E}{R}$ ,

Do đó, khi  $(v_d - E) < 0 \rightarrow$  dòng  $i_d = 0$ .

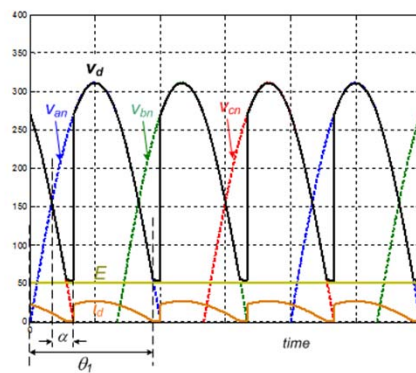
Áp trên tải lúc đó:

$$v_d = R \cdot i_d + E = R \cdot 0 + E = E = 50V$$

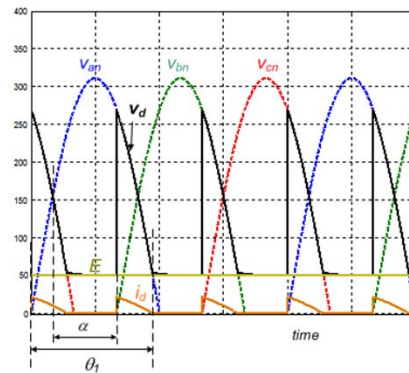
Dạng áp và dòng ngõ ra khi  $\alpha = \pi/6$  và khi  $\alpha = \pi/2$  cho trên hình.

43

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển



$$\alpha = \pi/6$$



$$\alpha = \pi/2$$

44

## Chỉnh lưu 3 pha tia có điều khiển

### Giải (t-t):

Xét quá trình với nguồn  $v_{an}$ .

Thời điểm E cắt  $v_{an}$  là nghiệm phương trình:

$$V_m \cdot \sin \theta = E$$

Phương trình cho 2 nghiệm trong khoảng  $0 \rightarrow 180^\circ$  là  $\theta_0 = 9.3^\circ$  và  $\theta_1 = 170.7^\circ$ .

Dòng điện tải cho bởi

$$i_d = \frac{v_d - E}{R}$$

Trị trung bình áp tải

$$V_d = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\alpha+\pi/6}^{\alpha+5\pi/6} v_d \cdot d\theta$$

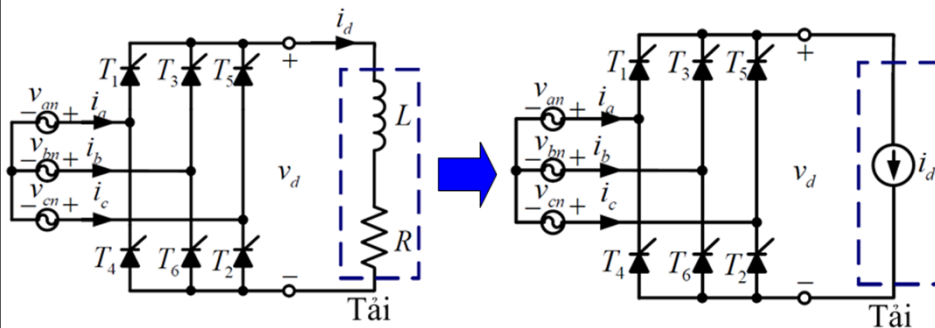
$$V_d = \frac{1}{2\pi/3} \left[ \int_{\alpha+\pi/6}^{\theta_1} V_m \sin \theta \cdot d\theta + \int_{\theta_1}^{\alpha+5\pi/6} E \cdot d\theta \right]$$

Kết quả  $V_d = 224$  [V] khi  $\alpha = \pi/6$  và  $V_d = 257$  [V] khi  $\alpha = \pi/2$ .

45

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



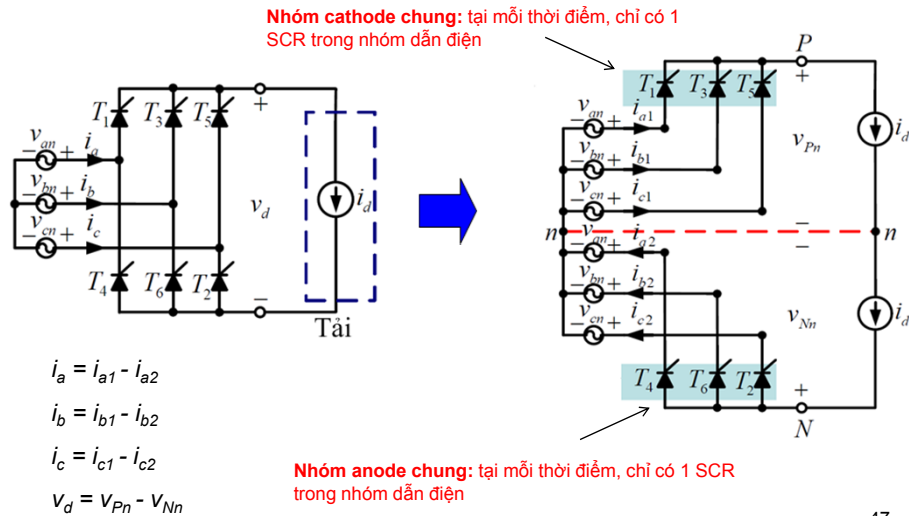
L đủ lớn  $\rightarrow$  dòng tải  $i_d \approx I_d$

Mạch tương đương trong trường hợp này:  
tải có thể thay bằng nguồn dòng  $I_d$

46

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

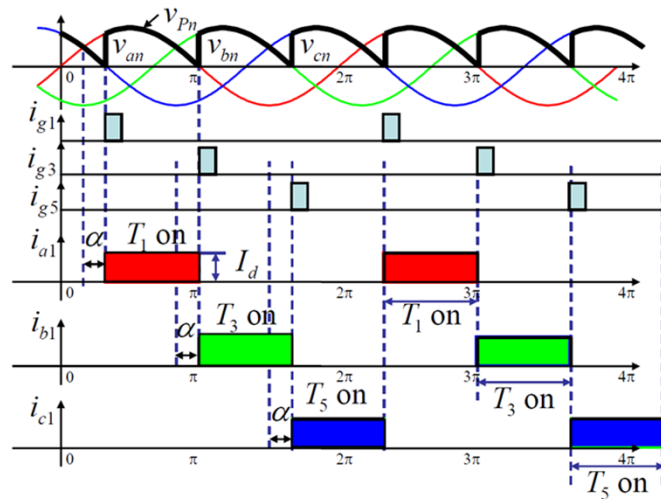
Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



47

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



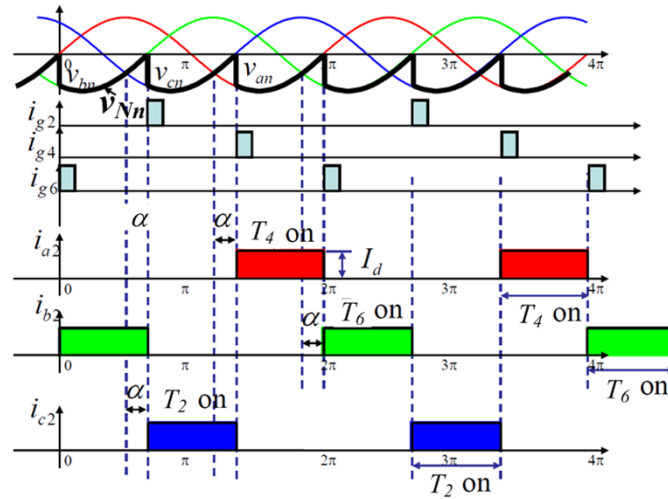
Xét quá trình hoạt động của  $T_1$ ,  $T_3$  và  $T_5$  (nhóm cathode chung)

48



## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

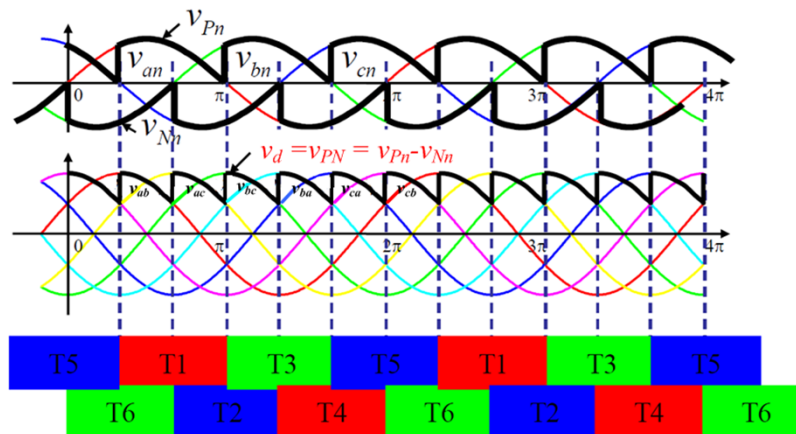


Xét quá trình hoạt động của  $T_2$ ,  $T_4$  và  $T_6$  (nhóm anode chung)

49

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

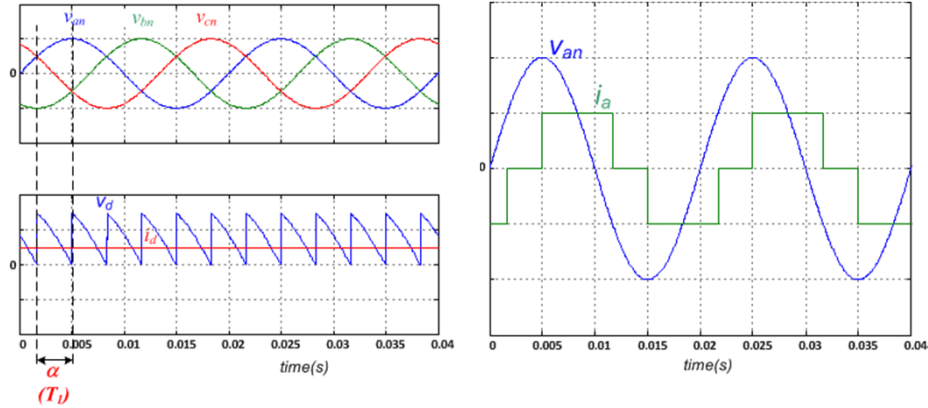


Dạng điện áp ngõ ra  $v_d$  và khoảng dẫn của các SCR tương ứng

50

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích các SCR khác  
trong mạch)

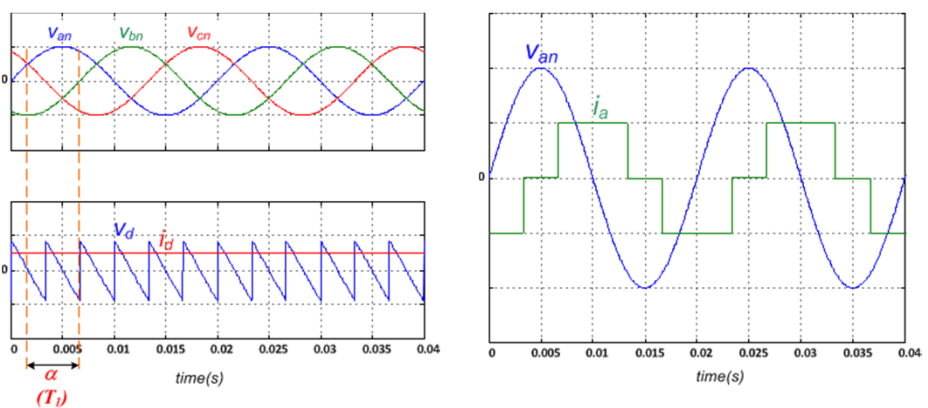
Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$$

51

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích các SCR khác  
trong mạch)

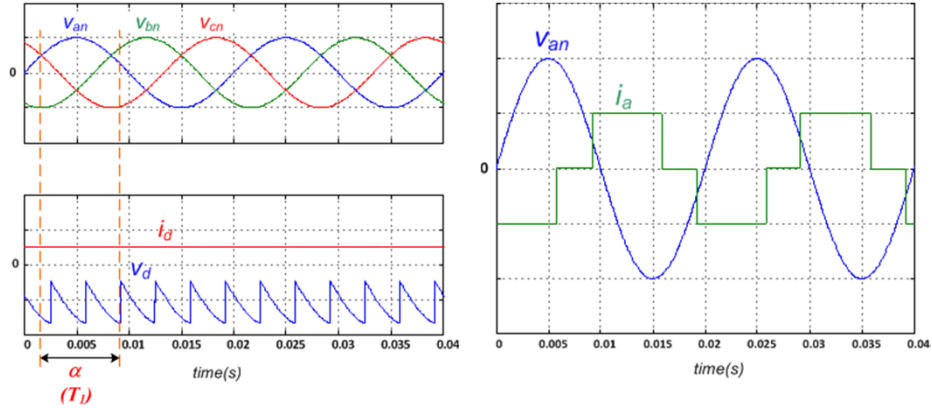
Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$$

52

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng sóng áp và dòng ngõ ra  
(S/V tự xác định góc kích các SCR khác  
trong mạch)

Dạng sóng áp và dòng ngõ vào (pha A)

$$\text{Góc kích } \alpha = \frac{3\pi}{4} = 135^\circ$$

53

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

**Khi dòng điện tải liên tục:**

- Dạng điện áp tải có 6 xung và chỉ phụ thuộc vào góc điều khiển và điện áp nguồn xoay chiều. Chu kỳ xung chỉnh lưu bằng  $\frac{1}{6}$  chu kỳ áp nguồn.

- Trị trung bình điện áp chỉnh lưu:

$$V_d(\alpha) = \frac{1}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}+\alpha+\pi} v_{an} d\theta = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{2}+\alpha} V_m \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V \cos \alpha$$

với  $V$  là trị hiệu dụng điện áp pha  $V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ , và  $\theta = \omega t$ .

- Phạm vi góc điều khiển  $\alpha$ : bằng phạm vi góc điều khiển của các nhóm chỉnh lưu mạch tia, tức  $(0, \pi)$ . Do đó, điện áp trung bình trên tải có thể điều khiển thay đổi

trong khoảng  $\left\{ -\frac{3\sqrt{6}}{\pi} V, \frac{3\sqrt{6}}{\pi} V \right\}$

54

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

### Khi dòng điện tải liên tục (t-t):

- Dòng trung bình qua tải (R+L+E):  $I_d = \frac{V_d - E}{R}$

- Mỗi thyristor dẫn điện trong  $\frac{1}{3}$  chu kỳ áp nguồn nên **trị trung bình dòng điện**

**qua thyristor:**  $I_{TAV} = \frac{I_d}{3}$

- Điện áp khóa và áp ngược cực đại xuất hiện trên linh kiện

$$V_{DRM} = V_{RRM} = \sqrt{3} \cdot V_m = \sqrt{6}V$$

55

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

### Khi dòng điện tải liên tục (t-t):

- Dòng điện qua nguồn điện áp, ví dụ qua pha a:

$$i_1 = i_{T1} - i_{T4}$$

- Trị hiệu dụng dòng điện qua nguồn được xác định với giả thiết dòng tải không đổi:

$$I_{s,rms} = \left[ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_1^2 \cdot d\theta \right]^{1/2} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d$$

- Bằng cách phân tích Fourier dòng điện qua nguồn cho trường hợp góc kích  $\alpha = 0$ , ta xác định biểu thức dòng điện qua pha thứ nhất:

$$i_a(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} I_d \cdot (\sin \omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \frac{1}{13} \sin 13\omega t - \dots)$$

Kết quả cho thấy dòng điện qua nguồn bao gồm ngoài thành phần cơ bản còn có các sóng hài bậc  $6k \pm 1$ ,  $k=1,2,3,\dots$

56

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển toàn phần

### Ví dụ 2.3:

Cho bộ chỉnh lưu cầu 3 pha điều khiển hoàn toàn với các tham số sau: áp dây nguồn ac 480V,  $f=50\text{Hz}$ . Tải R+L với  $R=10\Omega$  và L đủ lớn để dòng ngõ ra luôn liên tục. Xác định góc kích để dòng tải trung bình bằng 50A.

### Giải:

Trị trung bình áp tải:  $V_d = R \cdot I_d = 50 \cdot 10 = 500\text{V}$

Góc kích cần thiết:

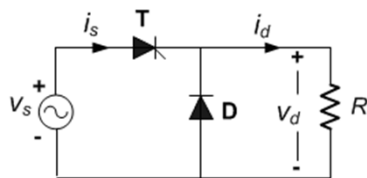
$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{V_d \cdot \pi}{3\sqrt{2} \cdot V_L} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{500 \cdot \pi}{3\sqrt{2} \cdot 480} \right)$$

$$\alpha = 39,5^\circ$$

57

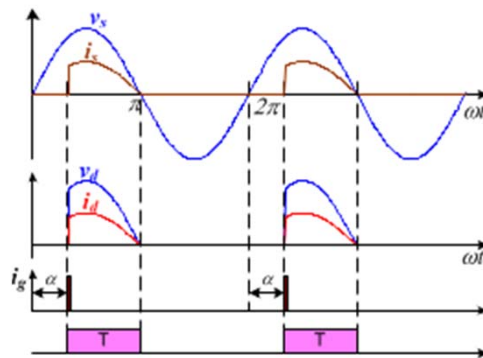
## Chỉnh lưu có điều khiển 1 pha bán sóng với diode phóng điện

Xét mạch có tải thuần trở



Thyristor T dẫn trong khoảng  $\alpha \rightarrow \pi$  và tắt trong phần còn lại của chu kỳ,

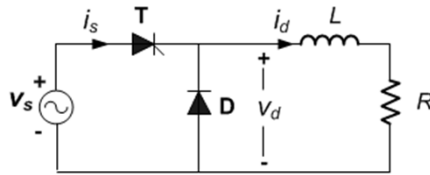
Diode D không hoạt động.



58

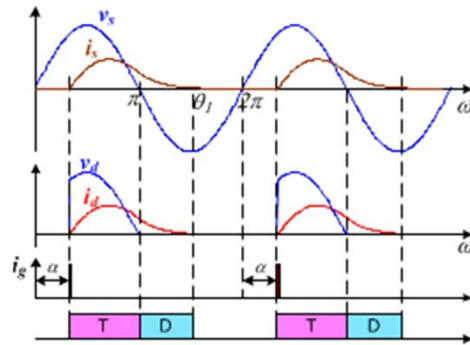
## Chỉnh lưu có điều khiển 1 pha bán sóng với diode phóng điện

Xét mạch với tải R+L



Thyristor T dẫn trong khoảng  $\alpha \rightarrow \pi$ , sau đó, diode D hoạt động.

Khi D dẫn (trong khoảng  $\pi \rightarrow \theta_1$ ), thyristor T tắt do bị phân cực ngược bởi điện áp nguồn  $v_s$ .

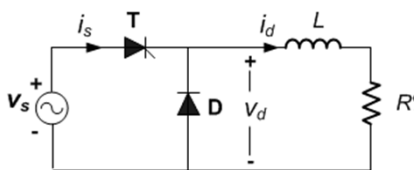


Với L nhỏ, diode D tắt trước khi thyristor T được kích trở lại  $\rightarrow$  mạch hoạt động ở chế độ dòng gián đoạn

59

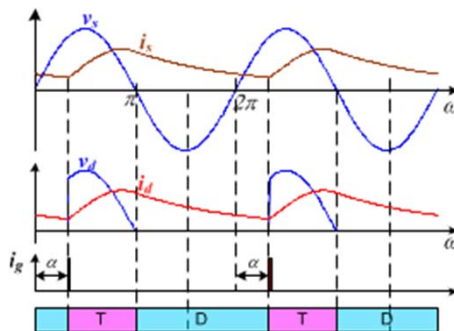
## Chỉnh lưu có điều khiển 1 pha bán sóng với diode phóng điện

Xét mạch với tải R+L



Khi L đủ lớn, D tiếp tục dẫn điện cho đến khi thyristor T được kích trở lại trong chu kỳ mới.

Lúc này, dòng tải  $i_d$  ở chế độ dòng liên tục.



L đủ lớn, khoảng dẫn của  $i_d$  kéo dài cho đến khi T được kích trở lại  $\rightarrow$  mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục

60

## Chỉnh lưu có điều khiển 1 pha bán sóng với diode phóng điện

Trường hợp dòng tải liên tục:

Trị trung bình áp tải:

$$V_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi+\alpha} v_d \cdot d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin \theta \cdot d\theta = \frac{V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

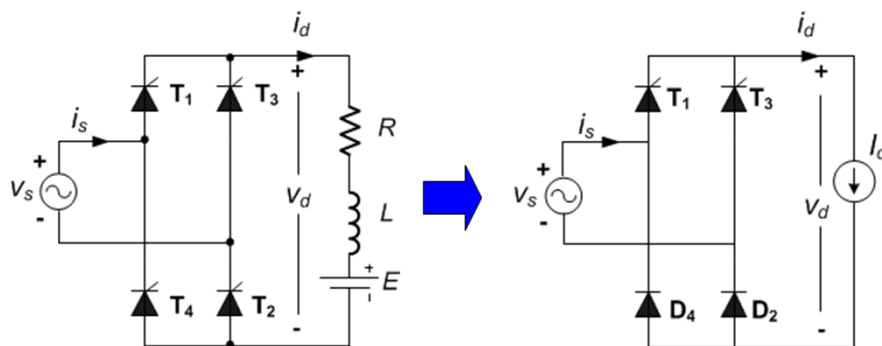
Trị trung bình dòng tải (tải R+L+E):

$$I_d = \frac{V_d - E}{R}$$

61

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



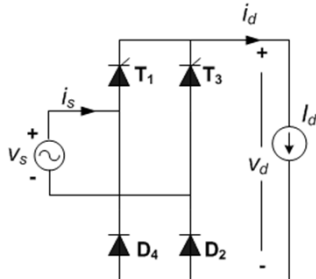
L đủ lớn  $\rightarrow$  dòng tải  $i_d \approx I_d$

Mạch tương đương trong trường hợp này:  
tải có thể thay bằng nguồn dòng  $I_d$

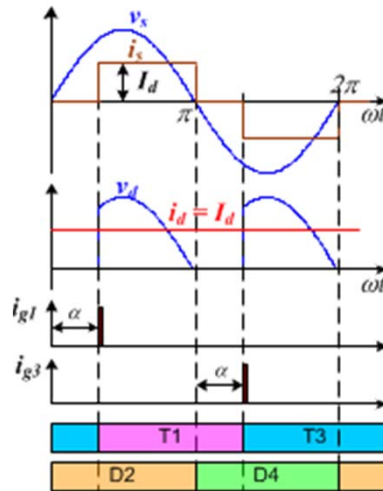
62

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



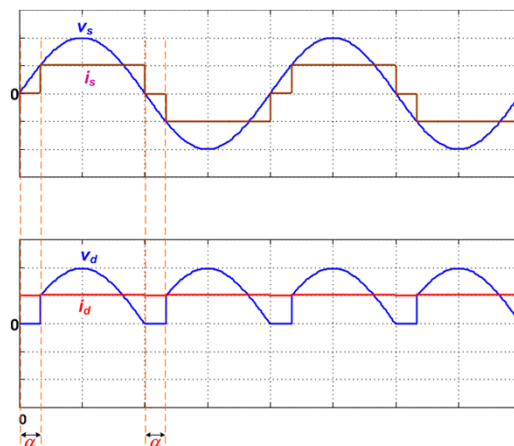
Khi T1, D2 dẫn:  $u_d = u_s$  và  $i_s = i_d$   
 Khi T1, D4 dẫn:  $u_d = 0$  và  $i_s = 0$   
 Khi T3, D4 dẫn:  $u_d = -u_s$  và  $i_s = -i_d$   
 Khi T3, D2 dẫn:  $u_d = 0$  và  $i_s = 0$



63

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



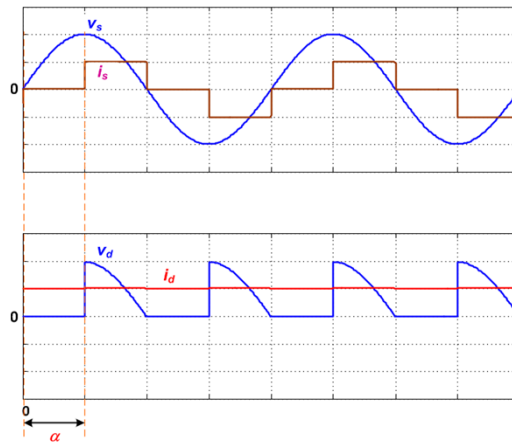
Dạng áp và dòng nguồn, áp trên tải và dòng trên tải - Góc kích =  $30^\circ$

64



## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

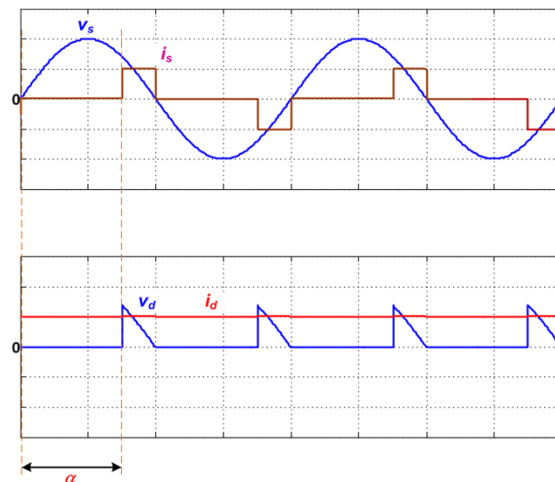


Dạng áp và dòng nguồn, áp trên tải và dòng trên tải - Góc kích =  $90^\circ$

65

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng áp và dòng nguồn, áp trên tải và dòng trên tải - Góc kích =  $135^\circ$

66

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

Giả thiết dòng tải liên tục

Trị trung bình điện áp tải:

$$V_d(\alpha) = \frac{V_m}{\pi}(1 + \cos \alpha) = \frac{\sqrt{2}V}{\pi}(1 + \cos \alpha)$$

Nếu giả thiết dòng qua tải được lọc phẳng  $i_d = I_d$ , ta có:

Trị trung bình dòng qua linh kiện:

$$I_{SCRAV} = \frac{\pi - \alpha}{2\pi} I_d ; I_{DAV} = \frac{\pi + \alpha}{2\pi} I_d$$

$$\text{Trị hiệu dụng dòng điện qua nguồn: } I = \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} I_d$$

67

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

**Ví dụ 2.10:**

So sánh hệ số công suất giữa bộ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển toàn phần và bộ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển bán phần. Cho biết áp nguồn xoay chiều, công suất tải và dòng tải trong hai trường hợp là như nhau  $V = 220V$ ,  $P_d = 10kW$ . Dòng tải  $i_d$  liên tục và phẳng  $i_d = I_d = 100A$ .

68

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

**Giải:**

Công suất tải của mạch chỉnh lưu điều khiển toàn phần

$$P_d = V_{dtp} \cdot I_{dtp} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V \cdot \cos \alpha_{tp} \cdot I_{dtp}$$

và mạch điều khiển bán phần

$$P_d = V_{dbp} \cdot I_{dbp} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot V \cdot \frac{1 + \cos \alpha_{bp}}{2} \cdot I_{dbp}$$

Công suất biểu kiến của nguồn trong hai trường hợp:

$$S_{tp} = V \cdot I_{tp} = V \cdot I_{dtp}$$

$$S_{bp} = V \cdot I_{bp} = V \cdot \sqrt{\frac{\pi - \alpha_{bp}}{\pi}} \cdot I_{dbp}$$

69

## Chỉnh lưu 1 pha cầu điều khiển bán phần

**Giải (t-t):**

Từ đó hệ số công suất  $\lambda$ :

$$\lambda_{tp} = \frac{P_{tp}}{S_{tp}} = \frac{P_{tp}}{V \cdot I_{dbp}} = \frac{10.000}{220 \cdot 100} = 0,4545$$

$$\lambda_{bp} = \frac{P_{bp}}{S_{bp}} = \frac{P_d}{V \cdot \sqrt{\frac{\pi - \alpha_{bp}}{\pi}} \cdot I_{dbp}}$$

Xác định  $\alpha_{bp}$ :

$$\cos \alpha_{bp} = \frac{\pi \cdot P_d}{\sqrt{2} \cdot V \cdot I_d} - 1 = \frac{\pi \cdot 10.000}{\sqrt{2} \cdot 220 \cdot 100} - 1 = 0,00974$$

$$\Rightarrow \alpha_{bp} = 1,56105$$

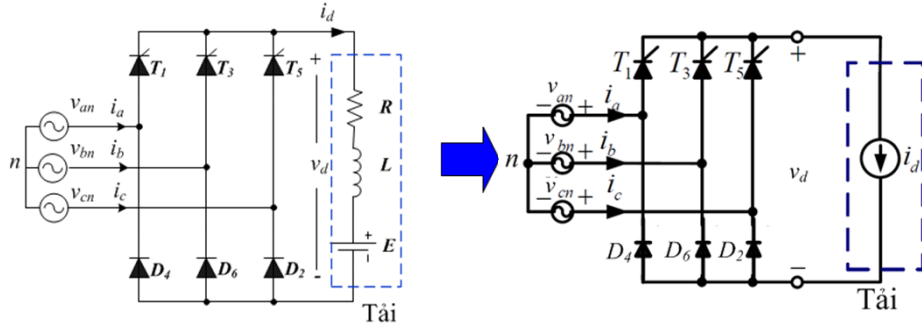
$$\lambda_{bp} = \frac{P_{bp}}{S_{bp}} = \frac{10000}{220 \cdot \sqrt{\frac{\pi - 1,561}{\pi}} \cdot 100} = 0,6408$$

Từ đó: mạch chỉnh lưu điều khiển bán phần đạt giá trị hệ số công suất cao hơn.

70

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



L đủ lớn  $\rightarrow$  dòng tải  $i_d \approx I_d$

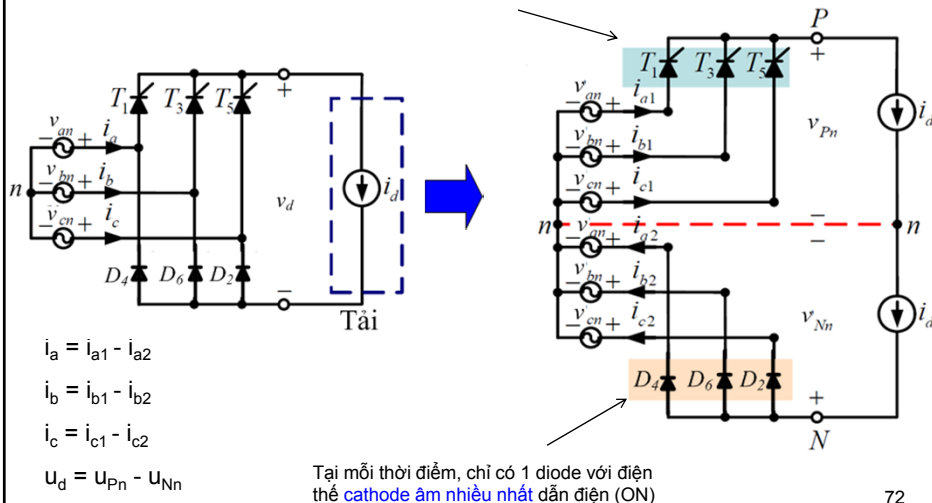
Mạch tương đương trong trường hợp này:  
tải có thể thay bằng nguồn dòng  $I_d$

71

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

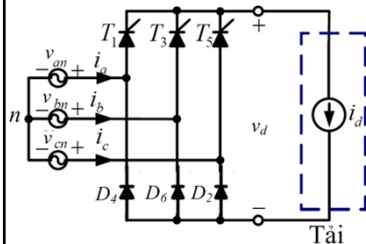
Tại mỗi thời điểm, chỉ có 1 SCR dẫn điện (ON)



72

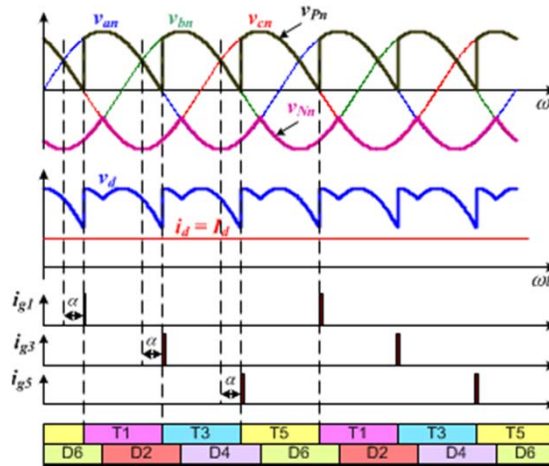
## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Khi 1 SCR và 1 diode khác pha dẫn, điện áp ra  $v_d$  là **điện áp dây** giữa 2 pha tương ứng, ví dụ: khi  $T_1$  và  $D_2$  dẫn,  $V_d = V_{an} - V_{cn} = V_{ac}$ .

Khi 1 SCR và 1 diode ở cùng pha dẫn, ví dụ  $T_1$  và  $D_4$  dẫn,  $V_d = 0$ .

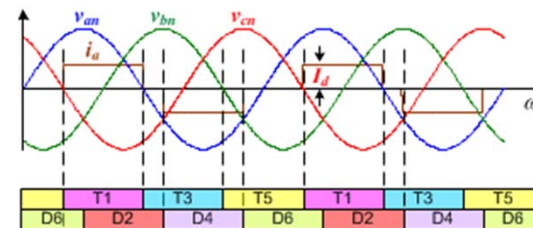
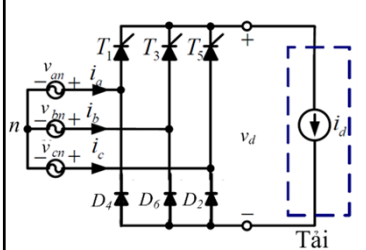


Trường hợp góc kích  $\alpha = \pi/6 = 30^\circ$

73

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



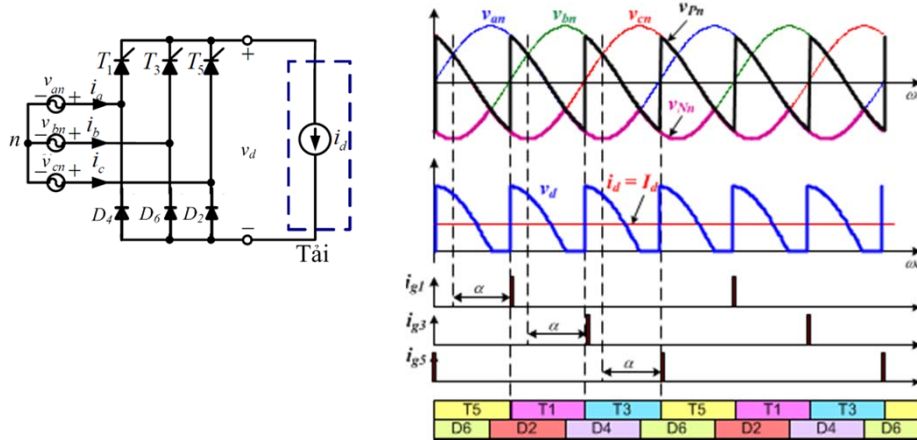
Dạng dòng ngõ vào (pha a)

Trường hợp góc kích  $\alpha = \pi/6 = 30^\circ$

74

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng

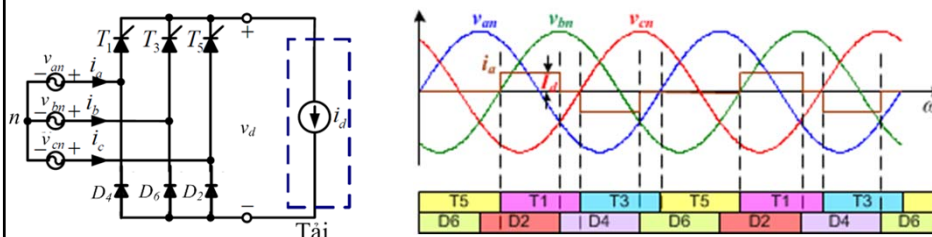


Trường hợp góc kích  $\alpha = \pi/2 = 90^\circ$

75

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Xét mạch có tải với L đủ lớn để dòng tải  $i_d$  có thể xem là phẳng



Dạng dòng ngõ vào (pha a)

Trường hợp góc kích  $\alpha = \pi/2 = 90^\circ$

76

## Chỉnh lưu 3 pha cầu điều khiển bán phần

Giả thiết dòng tải liên tục  $\rightarrow$  dạng điện áp ngõ ra của chỉnh lưu chỉ phụ thuộc vào điện áp nguồn và góc kích  $\alpha$ .

Với:  $\alpha \leq \pi/3$ , áp chỉnh lưu là liên tục. Trị trung bình áp chỉnh lưu là:

$$V_d = \frac{3}{2\pi} \left[ \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2} v_{12} dX + \int_{\pi/2}^{5\pi/6+\alpha} v_{13} dX \right]$$

$$V_d = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{3\sqrt{6}V}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

Với:  $\alpha > \pi/3$ , áp chỉnh lưu là gián đoạn.

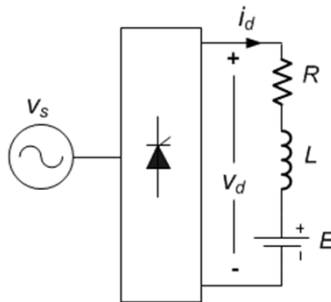
Trị trung bình áp chỉnh lưu là:

$$V_d = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{7\pi/6} v_{13} dX = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6+\alpha}^{7\pi/6} \sqrt{3}V_m \sin\left(X - \frac{\pi}{6}\right) dX$$

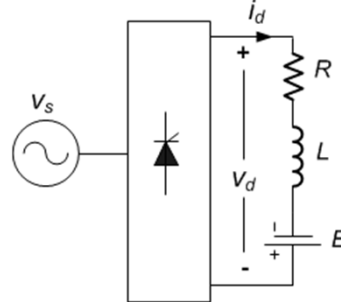
$$V_d = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi} (1 + \cos \alpha) = \frac{3\sqrt{6}V}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

77

## Chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu



Chế độ chỉnh lưu:  $\alpha < \pi/2$ ,  $P_d > 0$



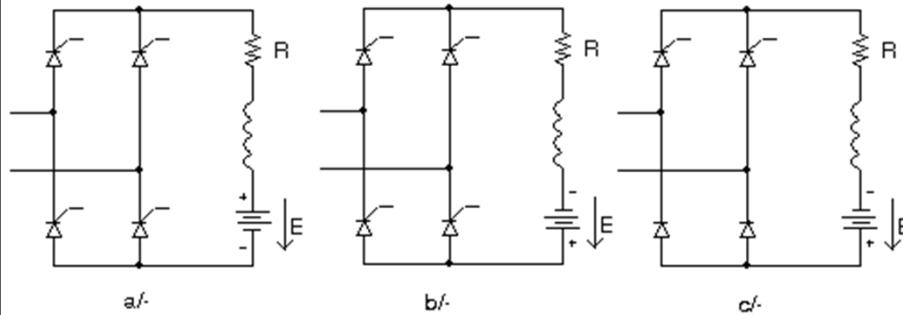
Chế độ nghịch lưu:  $\alpha > \pi/2$ ,  $P_d < 0$

78

## Chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu

### Ví dụ 2.13:

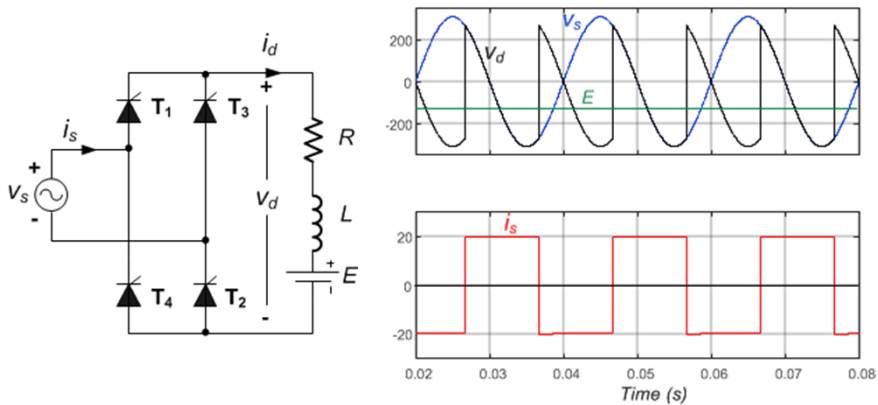
Khi nào có thể xảy ra chế độ nghịch lưu trong các mạch dưới đây:



79

## Chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu

**Ví dụ 2.12:** Cho bộ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển hoàn toàn mắc vào nguồn ac một pha với trị hiệu dụng 220V,  $f=50\text{Hz}$ . Tải RLE với  $R=1\Omega$ , giả thiết dòng điện tải liên tục với  $L$  lớn vô cùng làm dòng tải phẳng với độ lớn  $I_d=20\text{A}$ . Cho biết góc điều khiển  $\alpha = 120^\circ$ , vẽ quá trình điện áp tải và dòng điện qua nguồn ac. Xác định độ lớn sức điện động  $E$ . Tính công suất phát ra của sức điện động và công suất nguồn ac nhận được.



80



## Chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu

### Giải

Giả thiết dòng tải liên tục, điện áp trung bình trên tải:

$$V_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot 220 \cdot \cos 120^\circ = -99[V]$$

Sức điện động E xác định theo:

$$V_d = R \cdot I_d + E \rightarrow E = V_d - R \cdot I_d = -99 - 1 \cdot 20 = -119[V]$$

Công suất phát ra từ tải:

$$P_E = E \cdot I_d = -119 \cdot 20 = -2380W = -2,38kW$$

Công suất tiêu hao trên điện trở:

$$P_R = R \cdot I_d^2 = 1 \cdot 20^2 = 400W = 0,4kW$$

Công suất nguồn xoay chiều cung cấp:

$$P_{ac} = V_d \cdot I_d = -99 \cdot 20 = -1.980W = -1,98kW$$

Dấu (-) có nghĩa là tải đưa công suất về nguồn qua bộ chỉnh lưu.

81

## Chế độ dòng liên tục và chế độ dòng gián đoạn

Điện áp chỉnh lưu  $u_d$  gồm thành phần một chiều  $V_d$  và thành phần xoay chiều  $v_{d\sigma}$ :

$$v_d = V_d + v_{d\sigma}$$

Thành phần  $v_{d\sigma}$  làm áp chỉnh lưu nhấp nhô.

Tương tự, dòng chỉnh lưu  $i_d$  cũng bao gồm thành phần một chiều  $I_d$  và thành phần xoay chiều  $i_{d\sigma}$ :

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

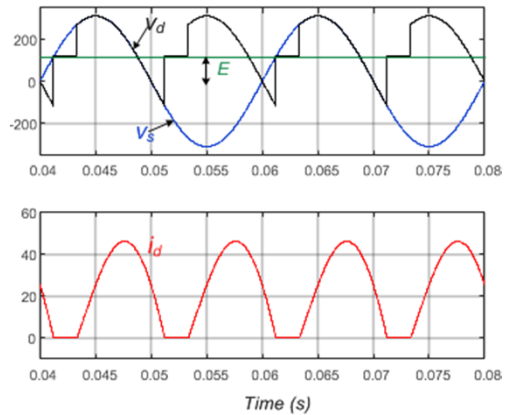
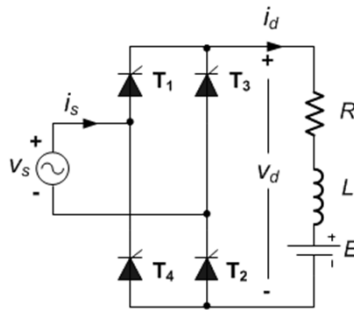
Thành phần  $i_{d\sigma}$  làm dòng chỉnh lưu (dòng tải) nhấp nhô và có thể bị gián đoạn.

Ở chế độ dòng gián đoạn, dạng điện áp chỉnh lưu phụ thuộc vào thông số tải, góc kích và dạng điện áp nguồn.

82

## Chế độ dòng liên tục và chế độ dòng gián đoạn

Ví dụ: Bộ chỉnh lưu cầu 1 pha tải RLE hoạt động ở chế độ dòng gián đoạn



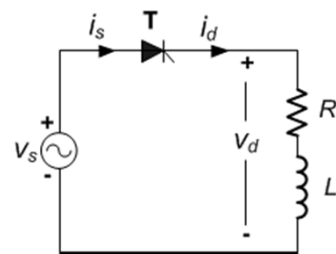
Khảo sát mạch trong chế độ dòng gián đoạn khá phức tạp, thường phải giải hệ phương trình vi phân hoặc dùng chương trình mô phỏng.

83

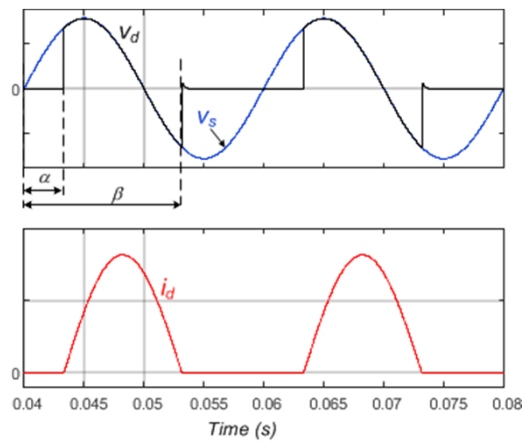
## Chế độ dòng liên tục và chế độ dòng gián đoạn

**Ví dụ 2.14:** Phân tích bộ chỉnh lưu bán sóng dùng SCR với hai trường hợp tải RL và RLE.

Trường hợp tải RL:



a. Tải RL



84

## Chế độ dòng liên tục và chế độ dòng gián đoạn

### Trường hợp tải RL:

Khi SCR dẫn, phương trình mạch điện sẽ là:

$$v_d = v; \quad v_d = R i_d + L \frac{di_d}{dt}$$

Nghiệm của phương trình có dạng:

$$i_d(x) = \frac{V_m}{Z} \sin(x - \theta) + A e^{-\frac{x}{\omega\tau}}$$

$$\text{với } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \quad \theta = \arctan \frac{\omega L}{R}; \quad \tau = \frac{L}{R}$$

Hằng số A xác định từ điều kiện ban đầu  $i_d(\alpha) = 0$ .

Từ đó, ta có phương trình dòng điện tải trong một chu kỳ áp lưới:

$$i_d(x) = \begin{cases} \frac{V_m}{Z} \left[ \sin(x - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\frac{\alpha - x}{\omega\tau}} \right] & ; \quad 0 \leq x \leq \beta \\ 0 & ; \quad \beta < x \leq 2\pi \end{cases}$$

Góc  $\beta$  là góc tắt của thyristor và có thể xác định theo điều kiện:  $i_d(\beta) = 0$ .

$$i_d(\beta) = 0 = \frac{V_m}{Z} \left[ \sin(\beta - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{-\frac{\alpha - \beta}{\omega\tau}} \right]$$

Góc  $(\beta - \alpha)$  gọi là khoảng dẫn của thyristor.

85