

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Giáp Quang Huy
gqhuy@dut.udn.vn

CHƯƠNG V: THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU VÀ BỘ KHÓA XOAY CHIỀU

1

5.1. Khái niệm chung – phân loại

Chức năng : tạo ở ngõ ra bộ biến đổi điện áp xoay chiều có cùng tần số nhưng trị hiệu dụng thay đổi được.

Ứng dụng : Dùng để điều khiển công suất của các tải xoay chiều như lò nung điện trở, bếp điện, điều khiển chiếu sáng cho sân khấu, điều khiển tốc độ của động cơ không đồng bộ.

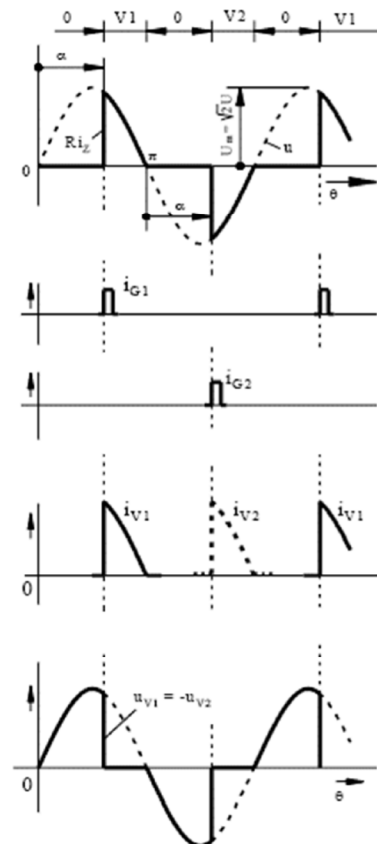
Phân loại :

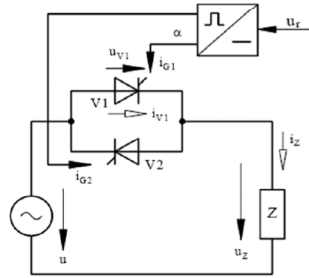
- Phân loại theo số lượng pha
 - Một pha
 - Ba pha
 - m-pha
- Phân loại theo phương pháp điều khiển
 - Điều khiển pha
 - Điều khiển ON / OFF

- Điều chỉnh điện áp được linh hoạt hơn (vô cấp, nhanh, dễ tạo các mạch vòng tự động điều chỉnh).
- Kích thước của bộ biến đổi gọn nhẹ, giá thành hạ hơn nhiều so với dùng biến áp.

➤ **Nhược điểm**

- Chất lượng điện áp không được tốt và cần sử dụng thêm các bộ lọc xoay chiều.





➤ **Hoạt động :**

□ $0 < \theta < \alpha$: V_1 và V_2 khóa

Dòng và áp trên tải : $i_z = 0$, $u_z = 0$

Dòng và áp trên thyristor : $u_{V1} = -u_{V2} = u > 0$

$$i_{V1} = i_{V2} = 0$$

□ $\alpha < \theta < \pi$: V_1 mở, V_2 khóa

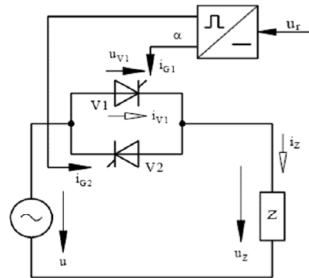
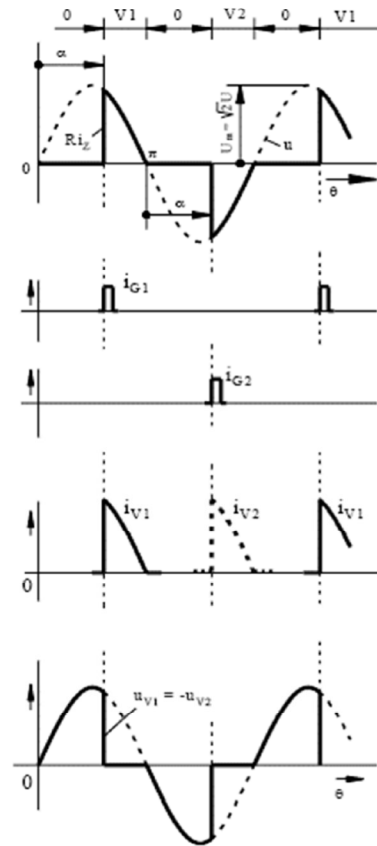
Dòng và áp trên tải : $i_z > 0$, $u_z > 0$

Dòng và áp trên thyristor : $u_{V1} = -u_{V2} = 0$

$$i_{V1} = i_z, i_{V2} = 0$$

$$u_z = u - u_{V1} = U_m \sin \theta > 0$$

$$i_t = \frac{u_t}{R} > 0$$



□ $\pi < \theta < \pi + \alpha$: V_1 và V_2 khóa

Dòng và áp trên tải : $i_z = 0$, $u_z = 0$

Dòng và áp trên thyristor : $u_{V1} = -u_{V2} = u < 0$

$$i_{V1} = i_{V2} = 0$$

□ $\pi + \alpha < \theta < 2\pi$: V_1 khóa, V_2 mở

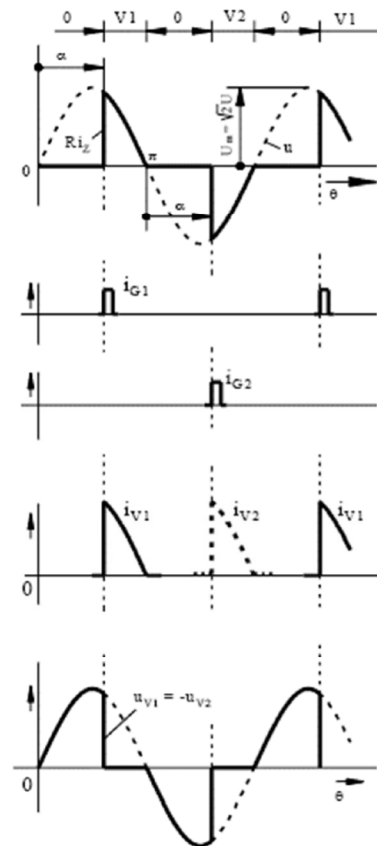
Dòng và áp trên tải : $i_z < 0$, $u_z < 0$

Dòng và áp trên thyristor : $u_{V1} = -u_{V2} = 0$

$$i_{V1} = 0, i_{V2} = -i_z$$

$$u_z = u - u_{V1} = U_m \sin \theta < 0$$

$$i_t = \frac{u_t}{R} < 0$$



➤ Điện áp và dòng điện trên tải

Trị hiệu dụng của điện áp tải

$$U_{Z(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_t^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot 2 \cdot \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}U \sin \theta)^2 d\theta}$$

$$= U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Góc điều khiển:

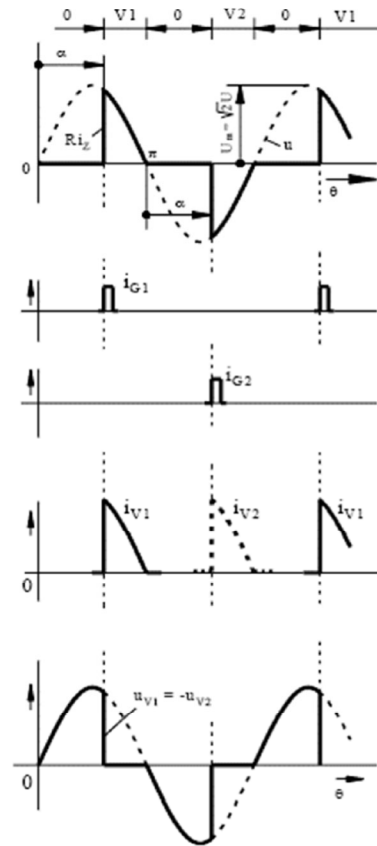
$$\alpha = 0 \nearrow \pi \Rightarrow U_{Z(RMS)} = U \searrow 0$$

Trị hiệu dụng của dòng điện qua tải:

$$I_{Z(RMS)} = \frac{U_{Z(RMS)}}{R}$$

Công suất tải:

$$P_t = U_{Z(RMS)} \cdot I_{Z(RMS)} = \frac{U_{Z(RMS)}^2}{R} = \frac{U^2}{R} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right)$$



b) Tải L

V₁ luôn dẫn khi dòng điện thuận chưa giảm về 0 → hạn chế góc điều khiển α.

⇒ Góc điều khiển α: α_{min} < α < π

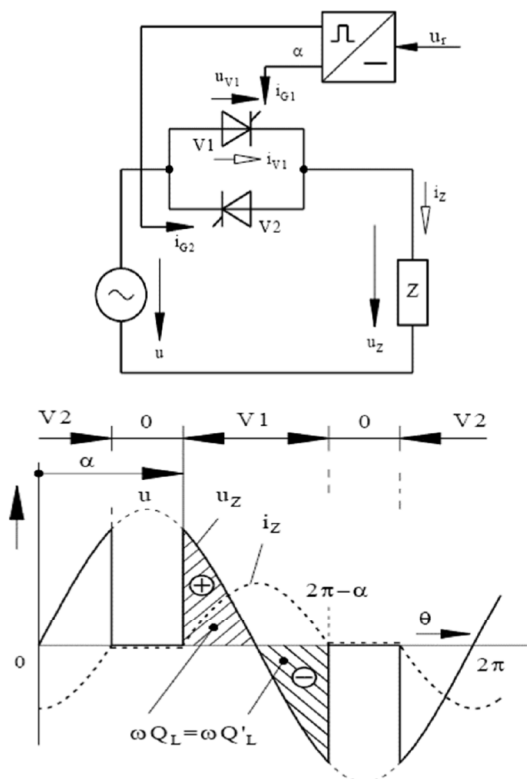
$$\alpha_{\min} = ???$$

➤ Khi góc điều khiển $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$

Dòng qua tải liên tục, dòng điện tải luôn trễ pha so với điện áp tải một góc φ = π/2

→ Điện áp không thể điều khiển được.

→ Điện áp trên tải bằng điện áp nguồn xoay chiều



➤ Khi góc điều khiển $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$

Dòng qua tải gián đoạn, xét 3 trường hợp:

❑ Dòng qua tải bằng 0

$$u_{V1} = -u_{V2} = u > 0$$

$$i_Z = 0, u_Z = L \frac{di_Z}{dt} = 0$$

❑ V_1 mở, V_2 khóa

$$i_{V1} = i_Z, i_{V2} = 0, u_{V1} = -u_{V2} = 0$$

$$u_Z = u = U_m \sin \theta,$$

$$u_Z = L \frac{di_Z}{dt}$$

Giải phương trình với điều kiện đầu $i_Z(\alpha) = 0$

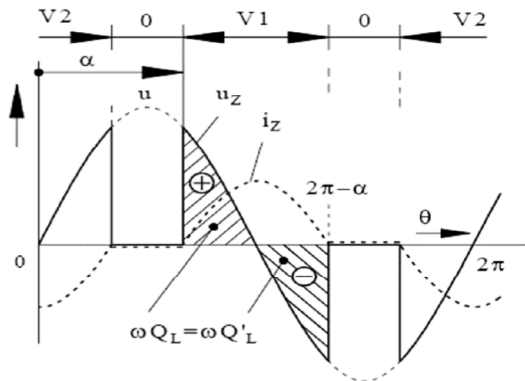
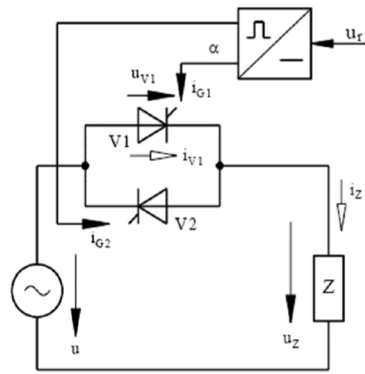
$$i_Z(\theta) = \frac{U_m}{\omega L} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

❑ V_1 khóa, V_2 mở

$$i_{V1} = 0, i_{V2} = i_Z, u_{V1} = -u_{V2} = 0$$

$$u_Z = L \frac{di_Z}{dt}, i_Z(\pi + \alpha) = 0$$

$$i_Z(\theta) = \frac{U_m}{\omega L} (\cos(\pi + \alpha) - \cos \theta)$$

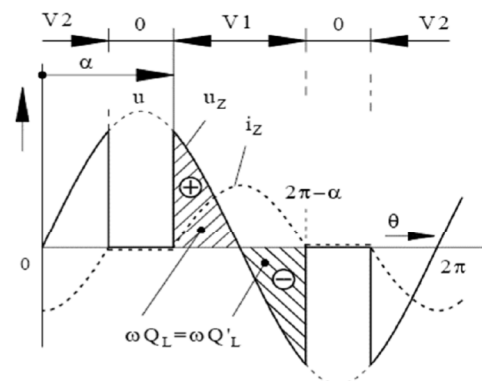


Trị hiệu dụng của điện áp tải

$$U_{Z(RMS)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_t^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot 2 \cdot \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} (\sqrt{2}U \sin \theta)^2 d\theta}$$

$$= \sqrt{2}U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \nearrow \pi \Rightarrow U_{Z(RMS)} = U \searrow 0$$



Trị hiệu dụng của dòng điện qua tải

$$I_Z = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_t^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot 2 \cdot \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} \frac{U_m^2}{\omega^2 L^2} (\cos \alpha - \cos \theta)^2 d\theta}$$

$$= \frac{U}{\omega L} \sqrt{2(1 - \frac{\alpha}{\pi}) \cdot (1 + 2 \cos^2 \alpha) + \frac{3}{\pi} \sin 2\alpha}$$

Công suất tải: Công suất mạch tải tiêu thụ là công suất phản kháng.

c) Tải RL

$$\alpha_{\min} = \arctan(\omega L / R)$$

⇒ Xét hai trường hợp của góc điều khiển

Góc điều khiển $\alpha \leq \varphi$

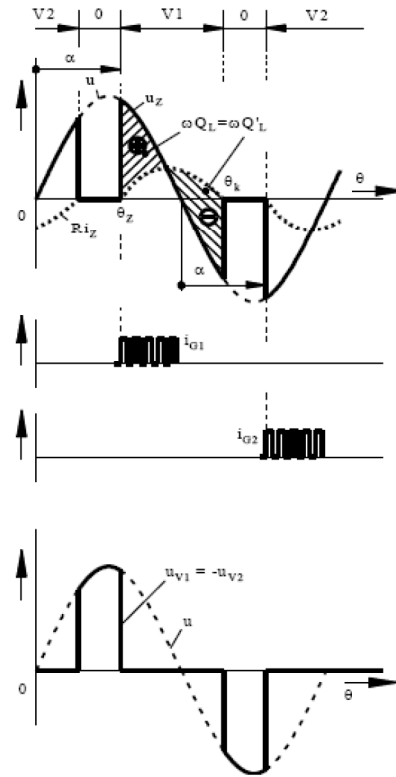
Dòng điện liên tục, dòng điện tải luôn trễ pha so với điện áp tải một góc $\varphi = \arctan(\omega L / R)$

→ Điện áp tải không điều khiển được.

Góc điều khiển $\alpha > \varphi$

Xét 3 trường hợp:

- Dòng qua tải bằng 0
- Dòng từ nguồn qua V_1 , khép kín qua tải (V_1 dẫn, V_2 khóa)
- Dòng từ nguồn qua V_2 , khép kín qua tải (V_1 khóa, V_2 dẫn)



□ Dòng qua tải bằng 0

$$u_{V1} = -u_{V2} = u > 0$$

$$i_Z = 0, u_Z = L \frac{di_Z}{dt} = 0$$

□ V_1 mở, V_2 khóa

$$i_{V1} = i_Z, i_{V2} = 0, u_{V1} = -u_{V2} = 0$$

$$u_Z = u = U_m \sin \theta,$$

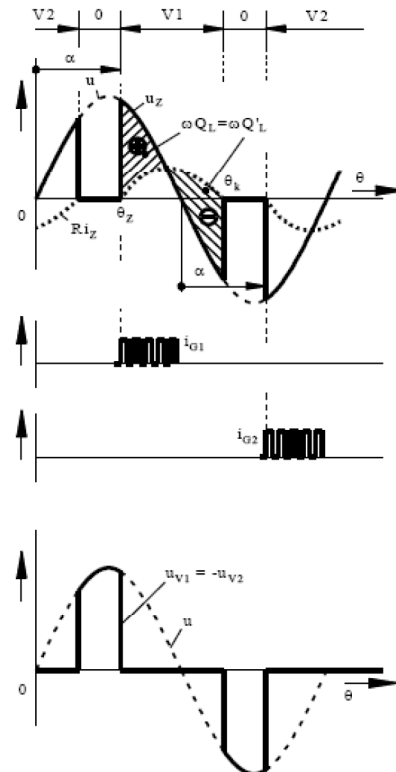
$$u_Z = Ri_Z + L \frac{di_Z}{dt}, i_Z(\varphi) = 0$$

$$i_Z = i_{V1} = \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\theta - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi) e^{\frac{-R}{\omega L}(\theta - \alpha)} \right]$$

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

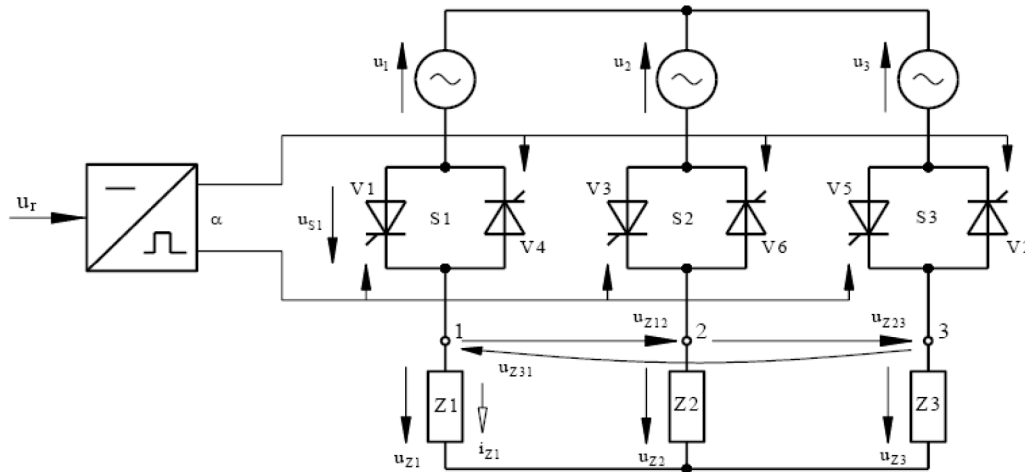
$$\varphi = \arctan(\omega L / R)$$

□ V_1 khóa, V_2 mở

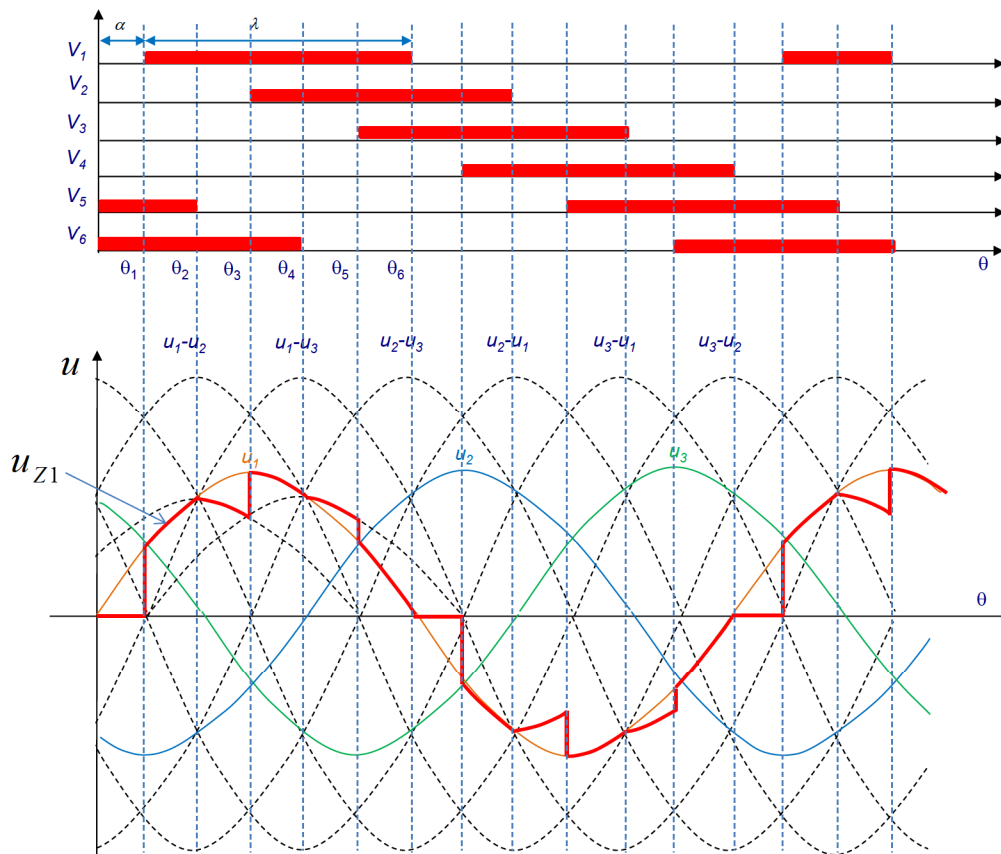


5.2.1 Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha :

Cấu tạo: Gồm có ba bộ biến đổi điện áp xoay chiều một pha mắc với nhau



Ứng dụng : khởi động động cơ không đồng bộ ba pha, điều khiển nhiệt độ của các lò dùng điện trở sấy...



Hoạt động :

- Mỗi van được kích mở với α như nhau
- Mỗi van dẫn trong khoản λ như nhau

Xét tải R**➤ Khi $\alpha < \pi/3$ (Mode 2/3)**

Tại mỗi thời điểm có hai hoặc ba van dẫn.

Trị hiệu dụng trên tải pha

U_{z1} : giá trị hiệu dụng trên tải pha

1; u_{z1} : giá trị tức thời.

$$U_{z1} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\int_{t1}^{t2} u_1^2 d\theta + \int_{t2}^{t3} \left(\frac{u_{12}}{2} \right)^2 d\theta + \int_{t3}^{t4} u_1^2 d\theta + \int_{t4}^{t5} \left(\frac{u_{13}}{2} \right)^2 d\theta + \int_{t5}^{t6} u_1^2 d\theta \right]}$$

$$U_{z1} = U_m \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{3}{4} \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \right]}$$

➤ Khi $\pi/3 \leq \alpha < \pi/2$ (Mode 2/2)

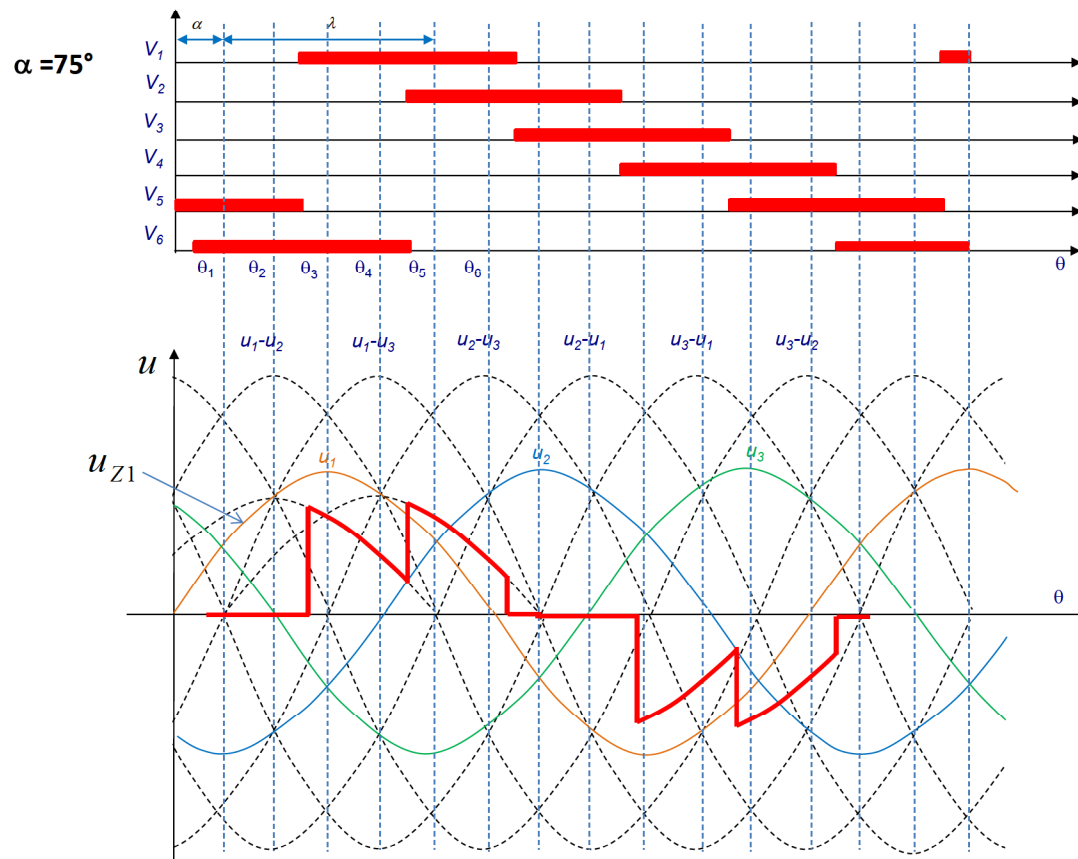
Tại mỗi thời điểm luôn có hai van mở.

Trị hiệu dụng trên tải pha

U_{z1} : giá trị hiệu dụng trên tải pha

1; u_{z1} : giá trị tức thời.

$$U_{z1} = U_m \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{3}{8\pi} \sin 2\alpha + \frac{1}{2} \sin(2\alpha + \pi/3)}$$



➤ **Khi $\pi/2 \leq \alpha < 5\pi/6$ (Mode 0/2)**

Tại mỗi thời điểm có hai van mở hoặc không có van nào mở

Trị hiệu dụng trên tải pha

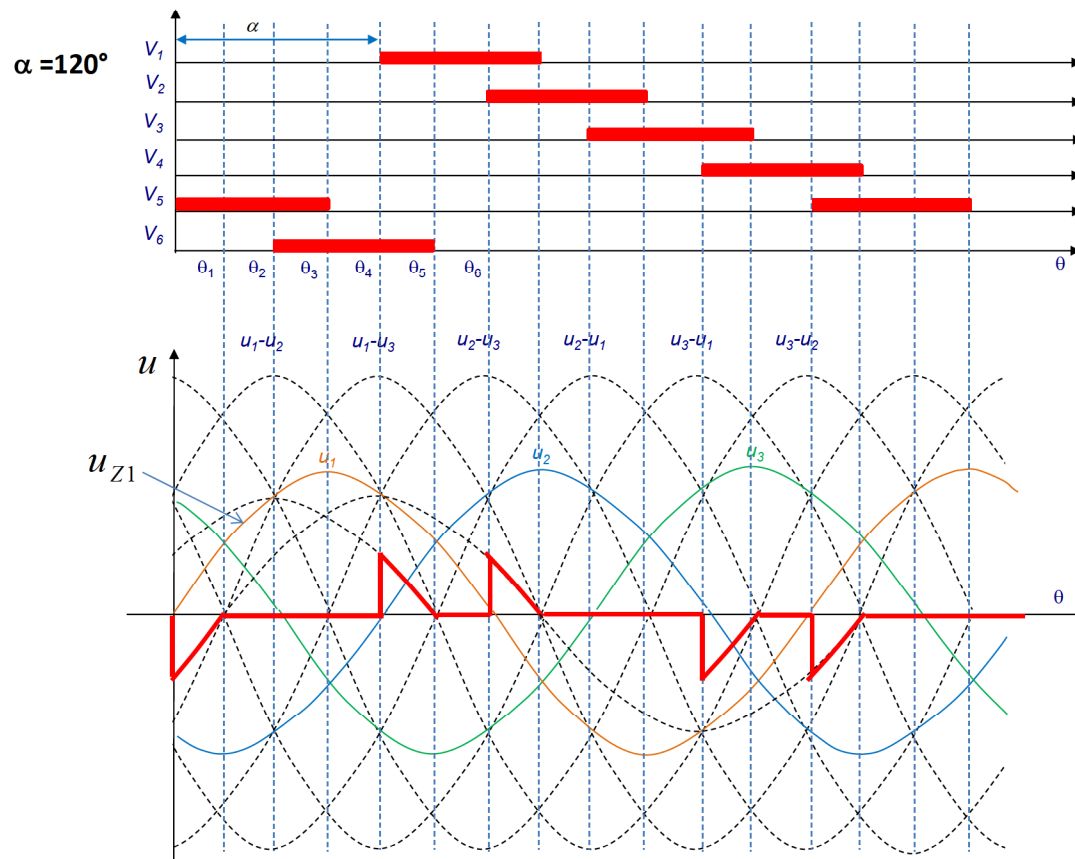
U_{z1} : giá trị hiệu dụng trên tải pha

1; u_{z1} : giá trị tức thời.

$$U_{z1} = U_m \sqrt{\frac{5}{8} - \frac{3\alpha}{4\pi} + \frac{3}{8\pi} \sin(2\alpha + \pi/3)}$$

➤ **Khi $\alpha > 5\pi/6$**

Không điều khiển được nếu tải 3 pha không có dây trung tính. Điện áp tải luôn bằng 0.



5.3 Bộ khóa xoay chiều (Công tắc xoay chiều) :

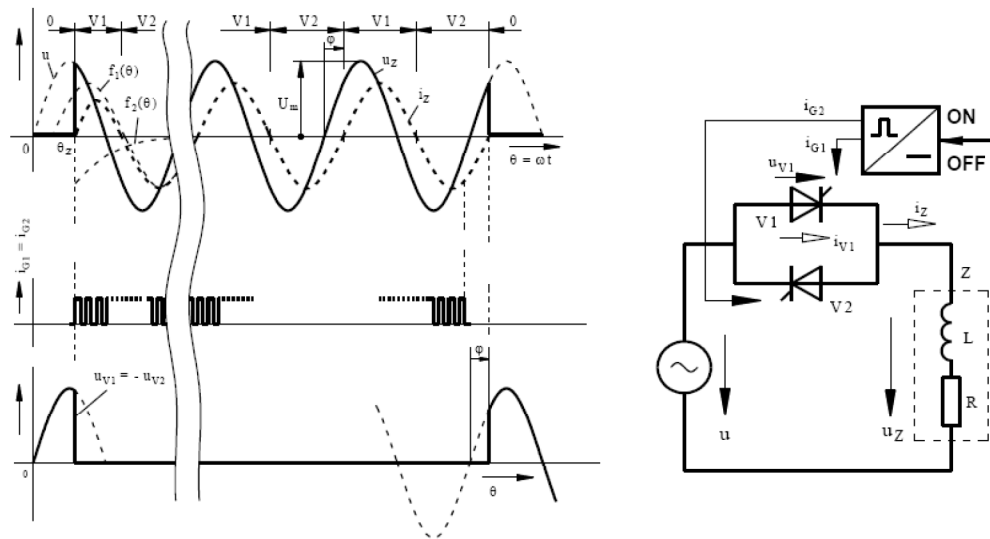
Bộ biến đổi điện áp xoay chiều được ứng dụng làm công tắc xoay chiều.

Ứng dụng :

- Được sử dụng để khởi động cũng như đảo chiều động cơ không đồng bộ
- Đóng ngắt tự bù công suất phản kháng cho lưới điện
- Đóng ngắt mức điện áp xoay chiều cung cấp cho tải
- Đóng ngắt chuyển đổi hệ thống nguồn trong các hệ thống nguồn dự trữ UPS

Đóng công tắc (dẫn điện): xung kích đóng được đưa đến các thyristor liên tục.

Ngắt công tắc : thực hiện bằng cách ngắt khóa đồng thời các thyristor.



$$i_z = i_{V1} = \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\theta - \varphi) - \sin(\theta_z - \varphi) \cdot e^{\frac{-R}{\omega L}(\theta_z - \alpha)} \right]$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \varphi = \arctan(\omega L / R)$$

Ưu điểm :

- Có thể hoạt động với tần số cao, đáp ứng nhanh.
- Công suất điều khiển nhỏ.
- Hiện tượng ngắt tia lửa điện khi ngắt dòng điện tải không xảy ra.
- Có thể đóng ngắt mạch công suất lớn (khi công suất nhỏ có thể thay thế các cặp công tắc dùng thyristor bằng triac).

Nhược điểm :

- Tồn tại sụt áp trên linh kiện khi linh kiện dẫn (khoảng vài volt), do đó tạo nên tổn hao đáng kể khi dòng tải lớn.
- Ở chế độ ngắt dòng điện vẫn còn dòng rò đi qua linh kiện bán dẫn.