

# **Chương 5. Điều áp xoay chiều**

**5.1. Khái quát về điều áp xoay chiều**

**5.2 Điều áp xoay chiều một pha**

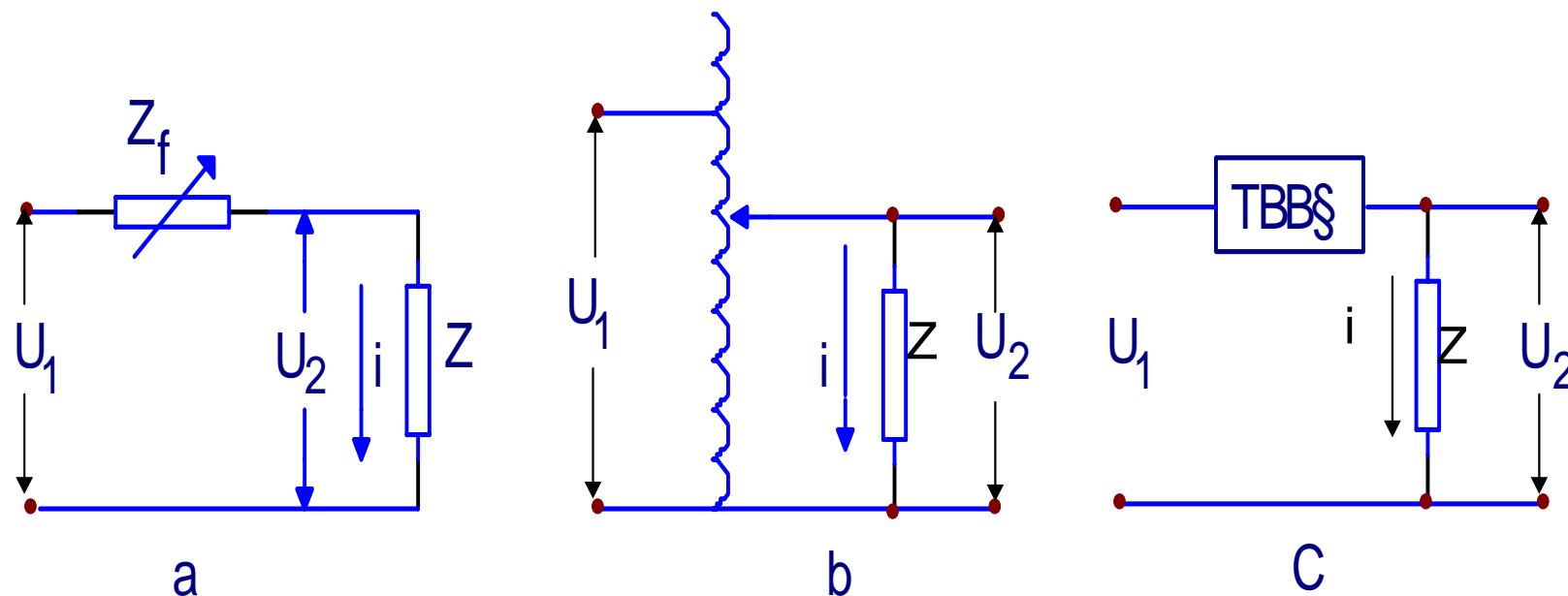
**5.3. Điều khiển điều áp xoay chiều một pha**

**5.4 Điều áp xoay chiều ba pha**

**5.5. Điều khiển điều áp xoay chiều 3 pha**

## 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



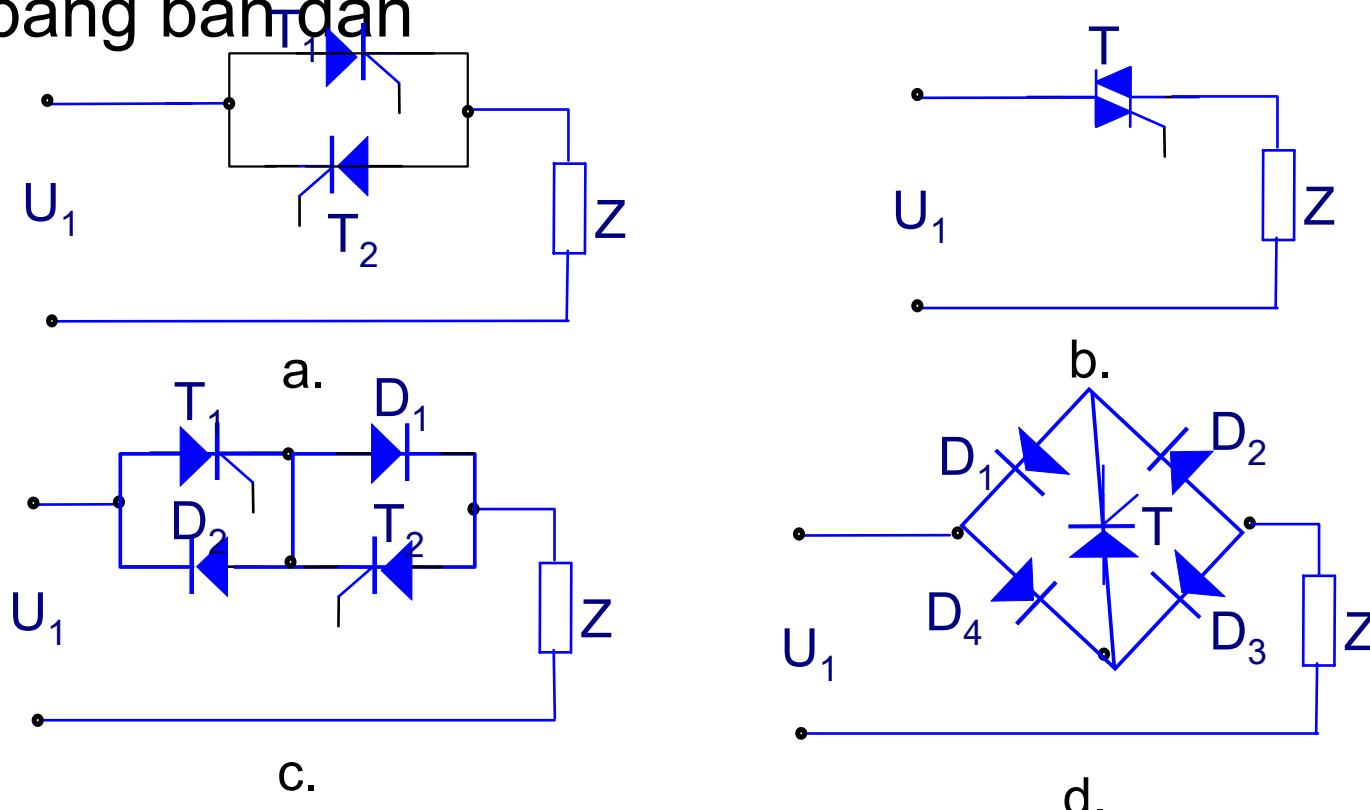
Hình 5.1 Các sơ đồ điều áp xoay  
chiều

## **5.2. Điều áp xoay chiều một pha**

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

# I. Sơ đồ điều áp xoay chiều một pha

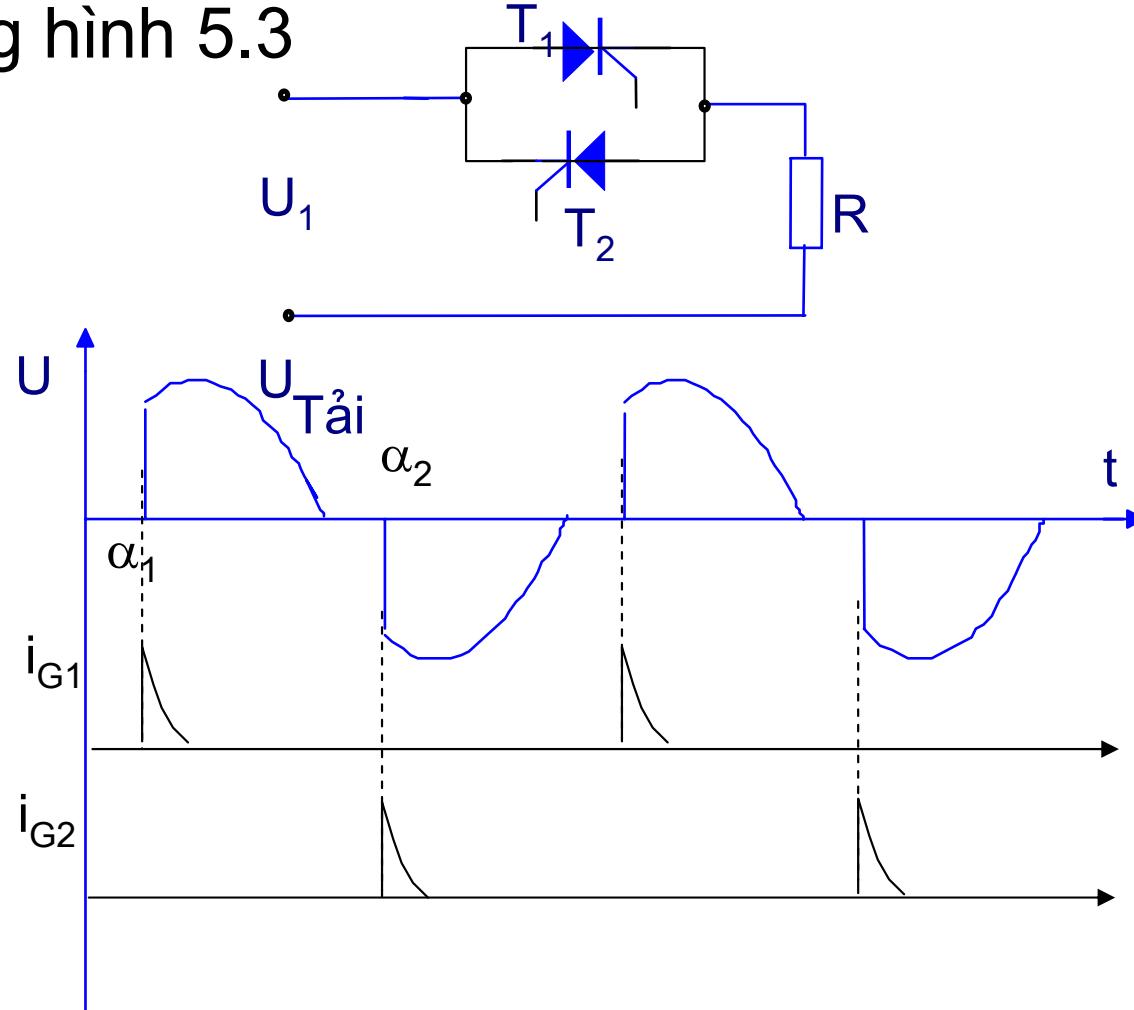
- Hình 5.2 giới thiệu các sơ đồ điều áp xoay chiều một pha bằng bán dẫn



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

## 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

- Tại các thời điểm  $\alpha_1, \alpha_2$ , có xung điều khiển các thrysistor  $T_1, T_2$ , các thrysistor này dẫn. Nếu bỏ qua sụt áp trên các thrysistor, điện áp tải có dạng như hình vẽ. Dòng điện tải đồng dạng điện áp và được tính:

$$\square \text{ Khi thrysistor dẫn} \quad i = \frac{U_m \sin \omega t}{R} \quad (5.1)$$

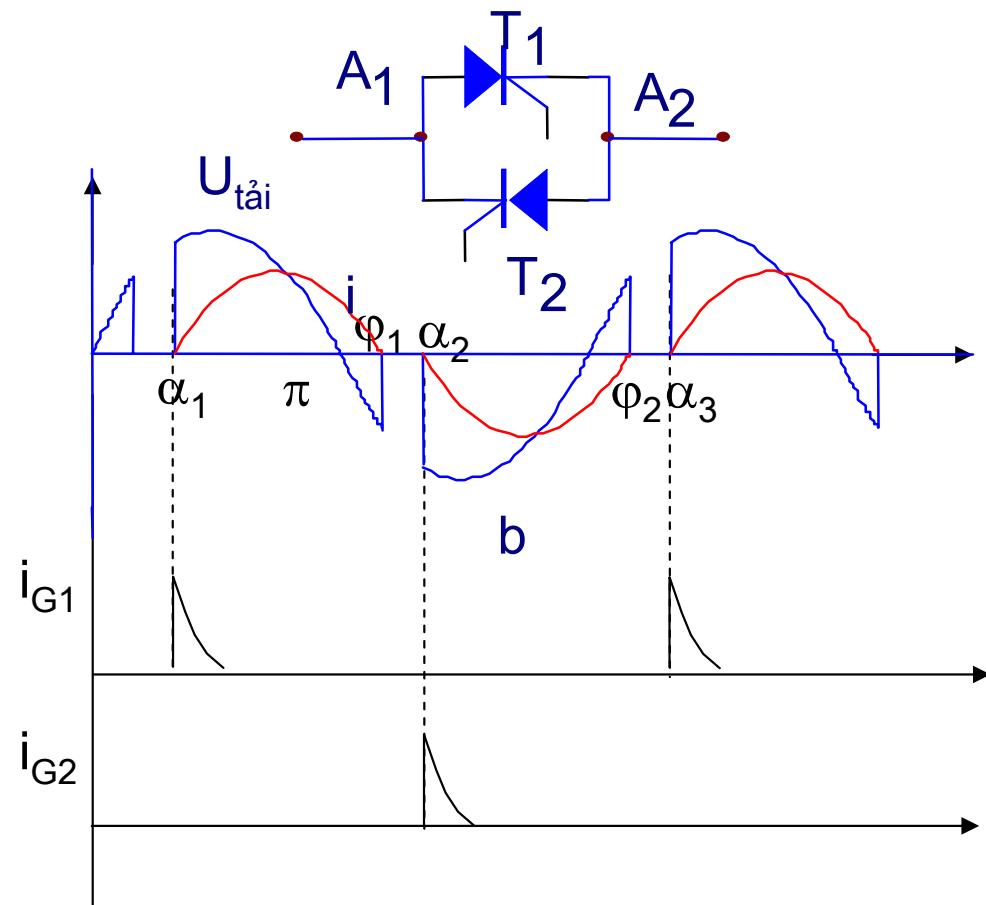
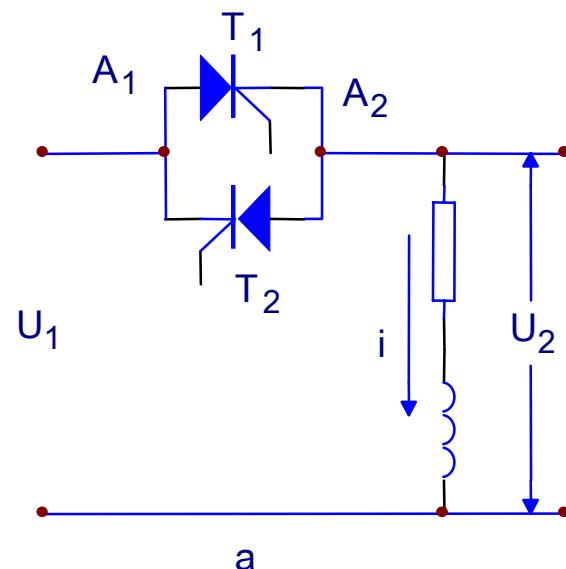
- Khi thrysistor khoá  $i = 0$
- Trị số dòng điện hiệu dụng được tính

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

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

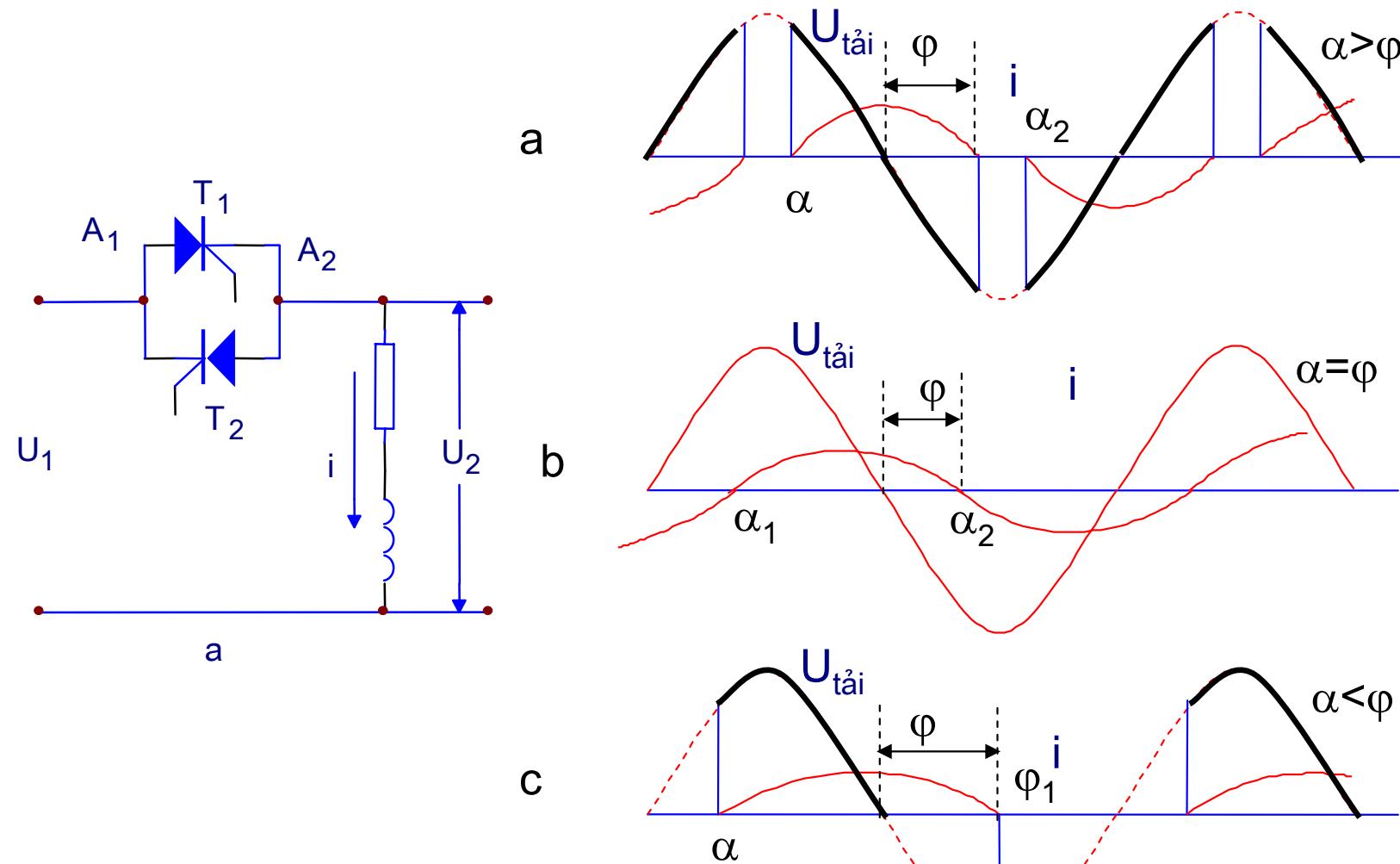
### III. Điều áp xoay chiều một pha tải điện cảm

#### □ Nguyên lý điều khiển



Hình 5.4

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



Hình 5.5

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

□ Phương trình của mạch là:

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

□ Nghiệm của phương trình dòng điện là:

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

□ Trong đó

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

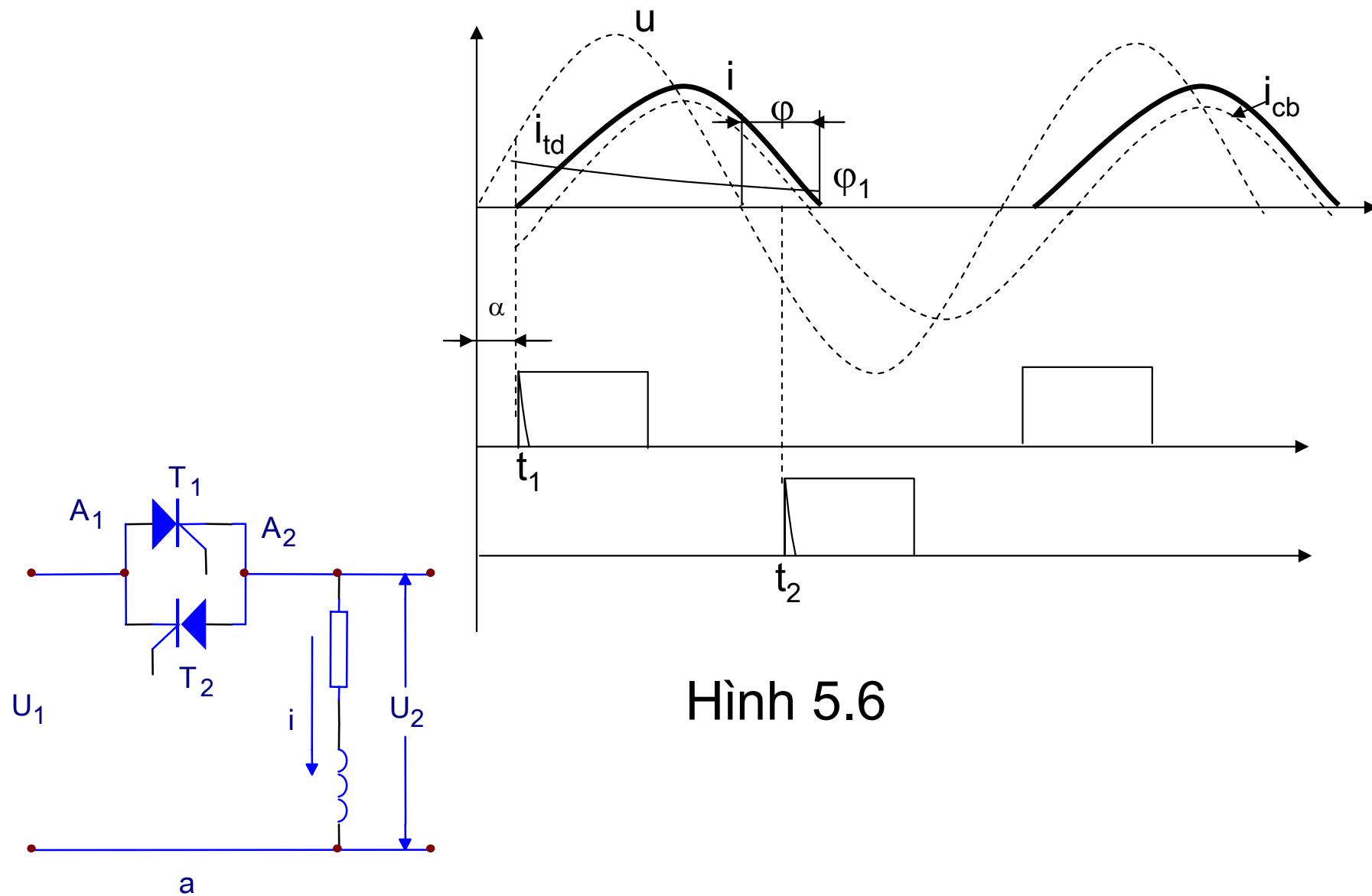
## Khi $\alpha < \varphi$ , xung mồi hẹp

- ☐ Nếu xung mồi dạng xung nhọn và hẹp, thrysistor  $T_1$  dẫn khi nhận được xung mồi, phương trình dòng điện vẫn là:

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

- ☐ 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 mồi  $t_2$  cuộn dây còn đang xả năng lượng, làm cho  $U_{AK} < 0$ .

## □ Đường cong dòng điện khi $\alpha < \varphi$



Hình 5.6

# Trường hợp điều khiển bằng xung có độ rộng lớn

- Nếu xung mồi dạng xung rộng, thrysistor  $T_1$ , nhận được xung mồi 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 mồi 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.

# Trị hiệu dụng của dòng điện

- Khoảng dãn  $\lambda$  của các thrysistor 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)

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

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

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

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

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

$$I_{\text{thd}} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha + \lambda} i_t^2(\omega t) d\omega t \quad (5.9)$$

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

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

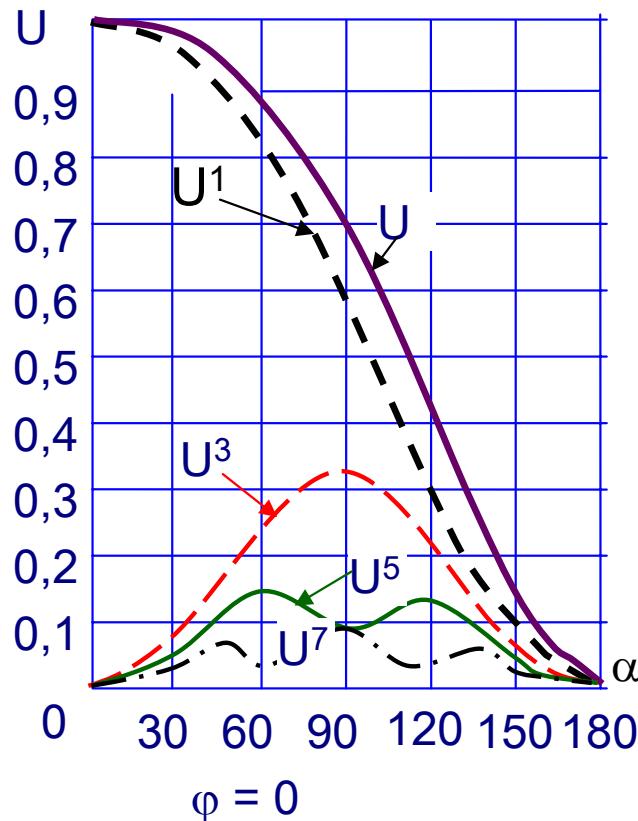
$$h = \frac{1}{Q} \sin(\alpha - \varphi) + \cos(\alpha - \varphi);$$

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

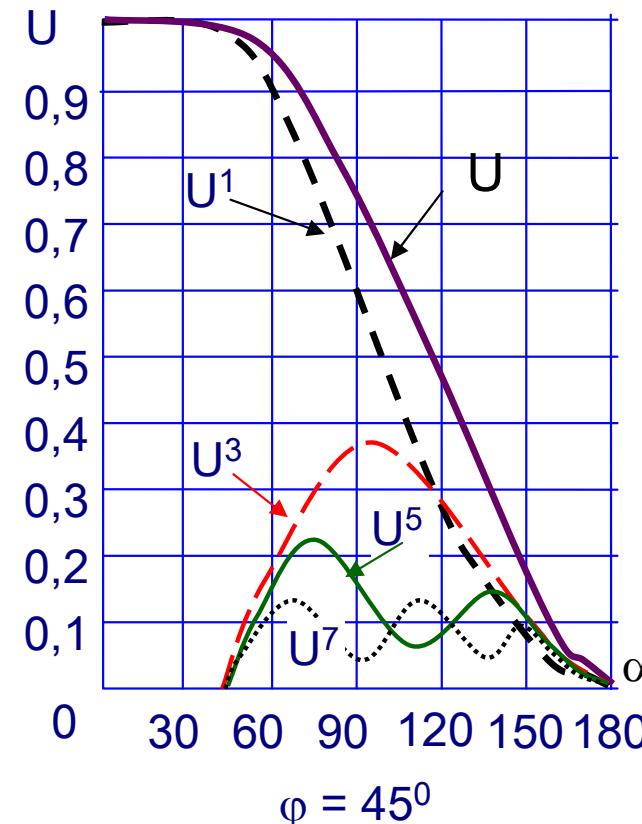
# Đặc tính điều khiển

- Trị số điện áp tải được tính

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



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



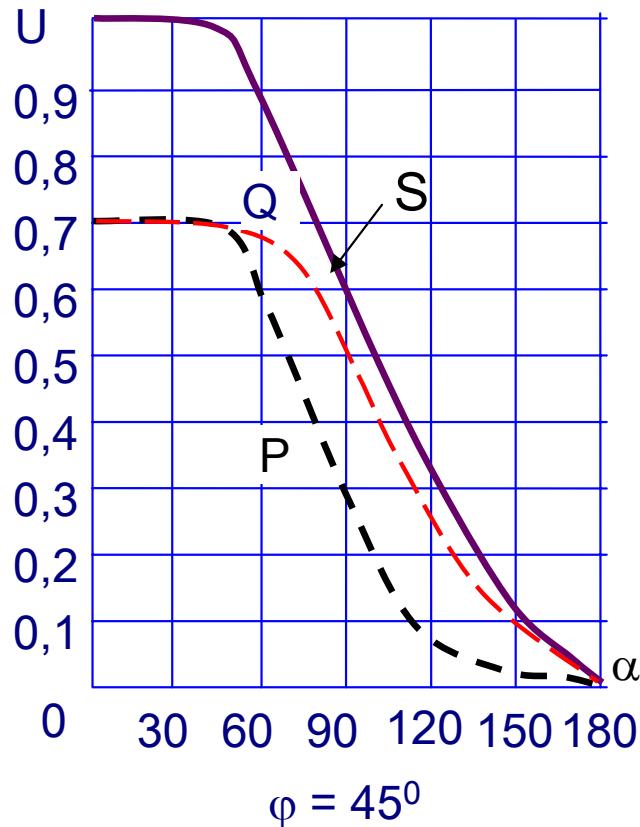
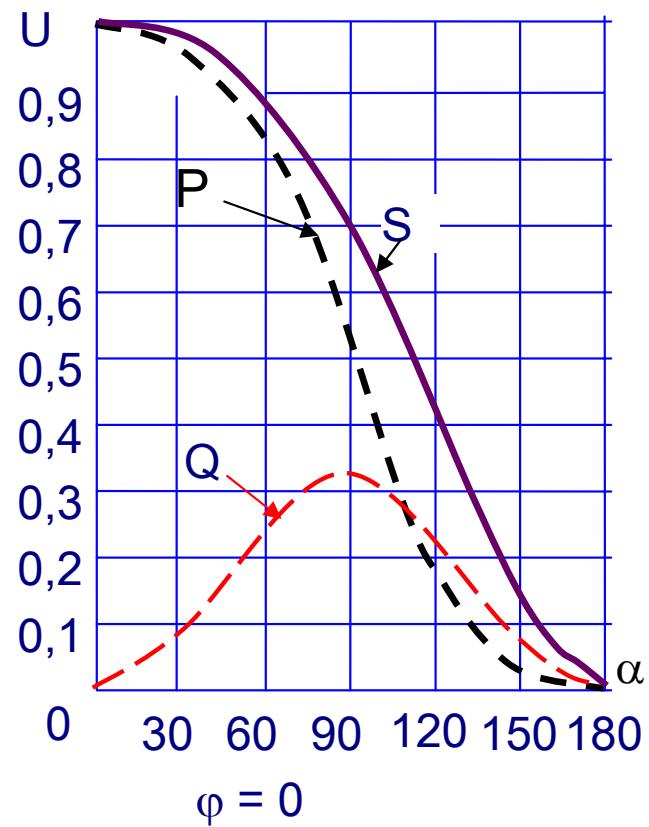
# Dòng điện cơ bản của các điều hòa

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

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

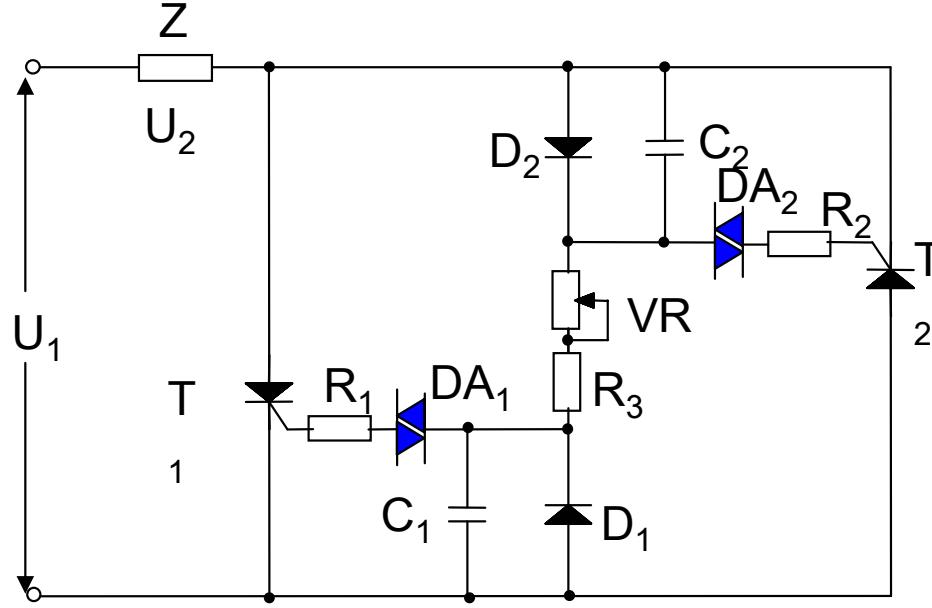
$$I_5 = \frac{U^5}{R\sqrt{1+25Q^2}}$$

# Biến thiên công suất theo góc mở

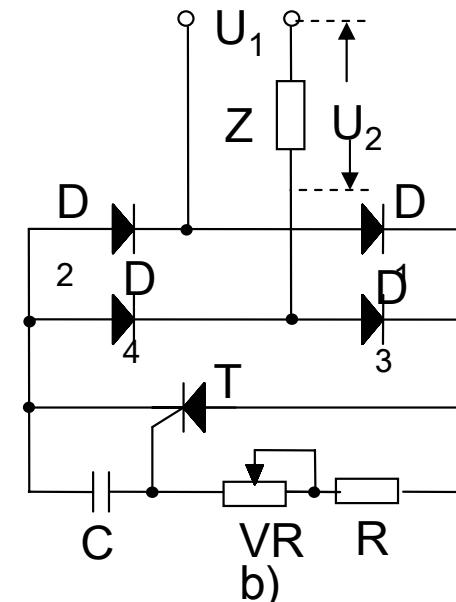


## 5.3. Mạch điều khiển điều áp xoay chiều một pha

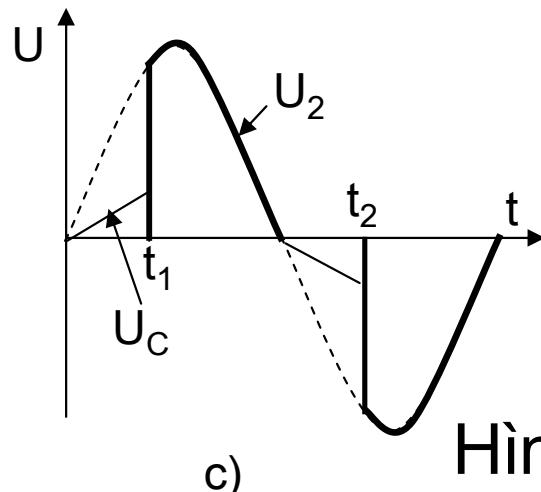
### I. Mạch điều khiển đơn giản



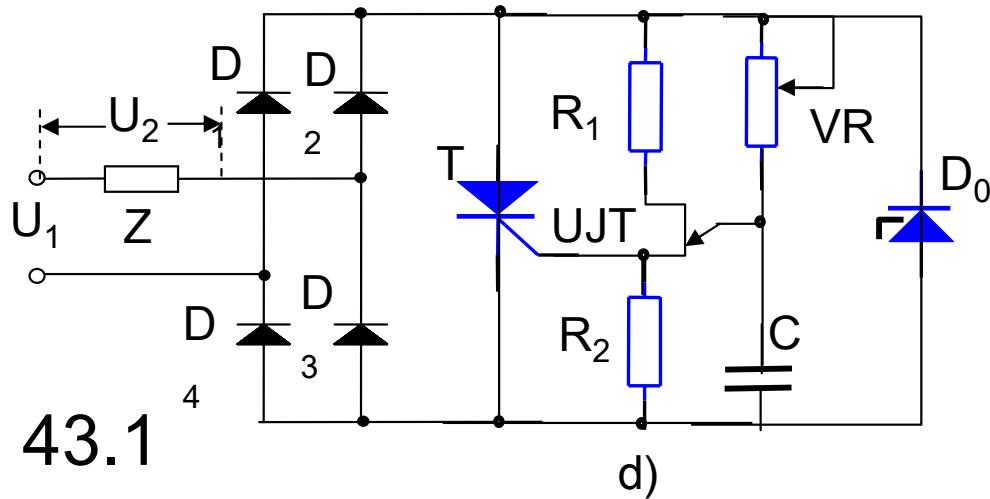
a)



b)

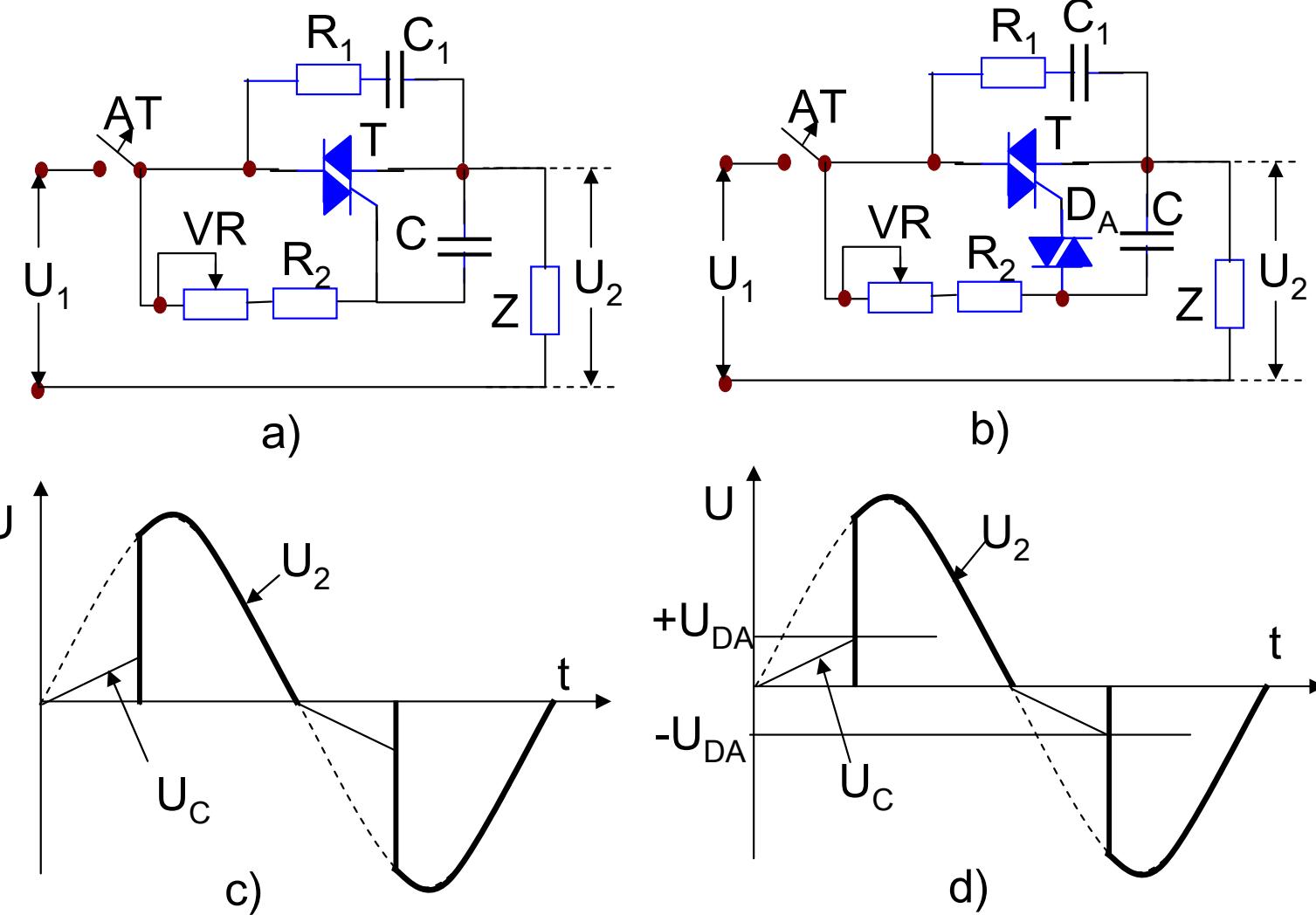


Hình 43.1



d)

□ Mạch điều khiển triac đơn giản



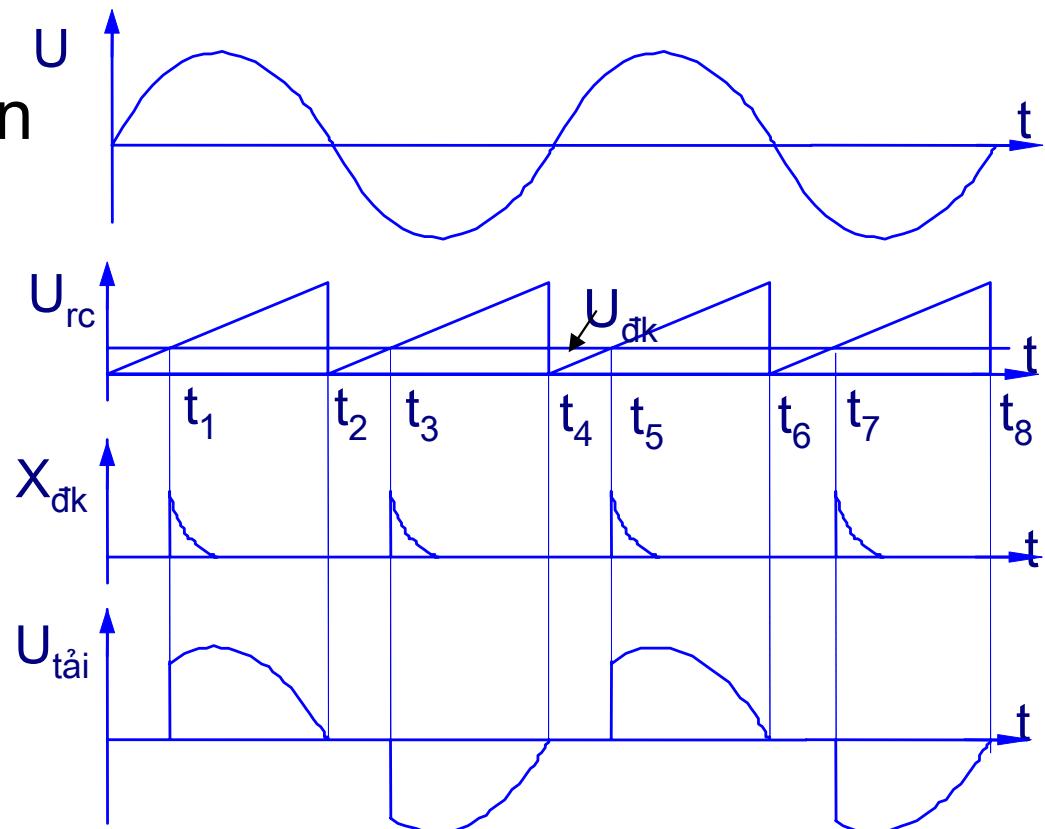
Hình 43.2

## II. Nguyên lí điều khiển

- Về nguyên lý, 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 thrysistor 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 thrysistor một mạch điều khiển độc lập
- Đối với những tải cần điều khiển đối xứng, đòi hỏi hai thrysistor mở đối xứng, lúc này cần các kênh điều khiển thrysistor 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

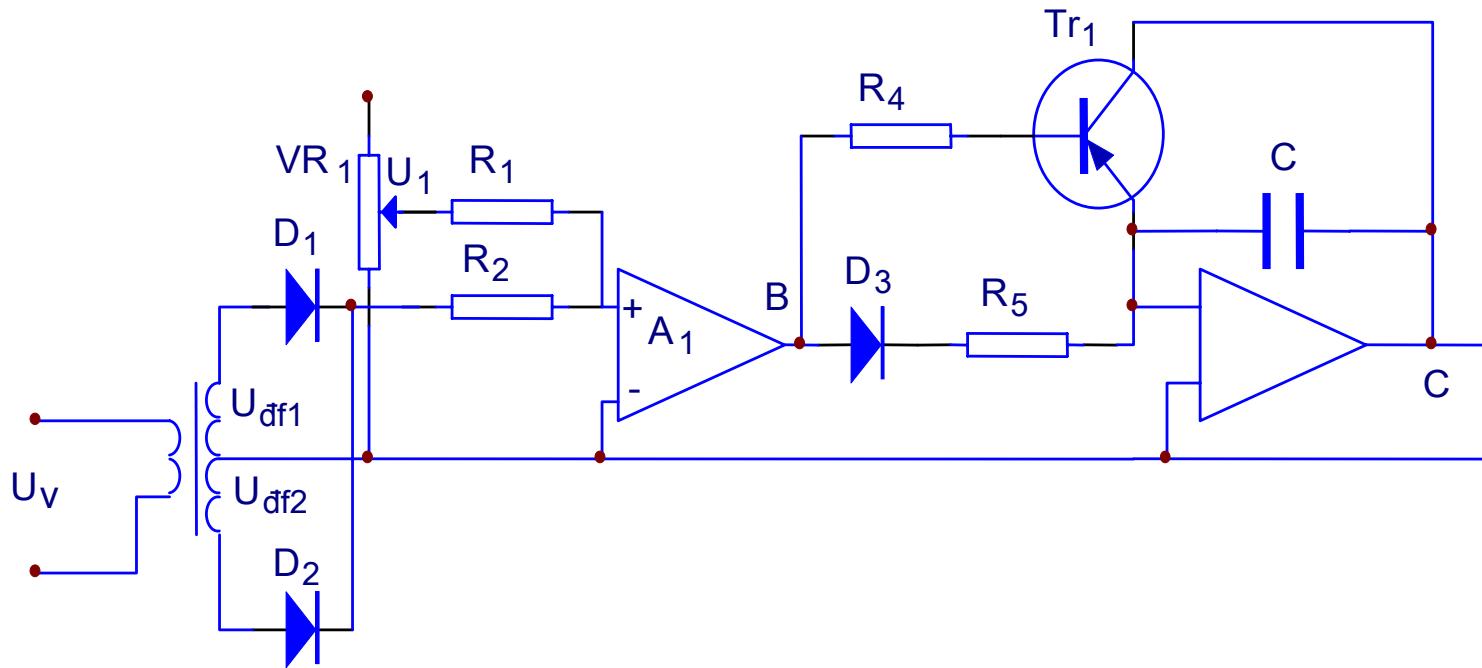
# Nguyên lý điều khiển

- Giản đồ nêu nguyên lý điều khiển giới thiệu trên hình 43.3

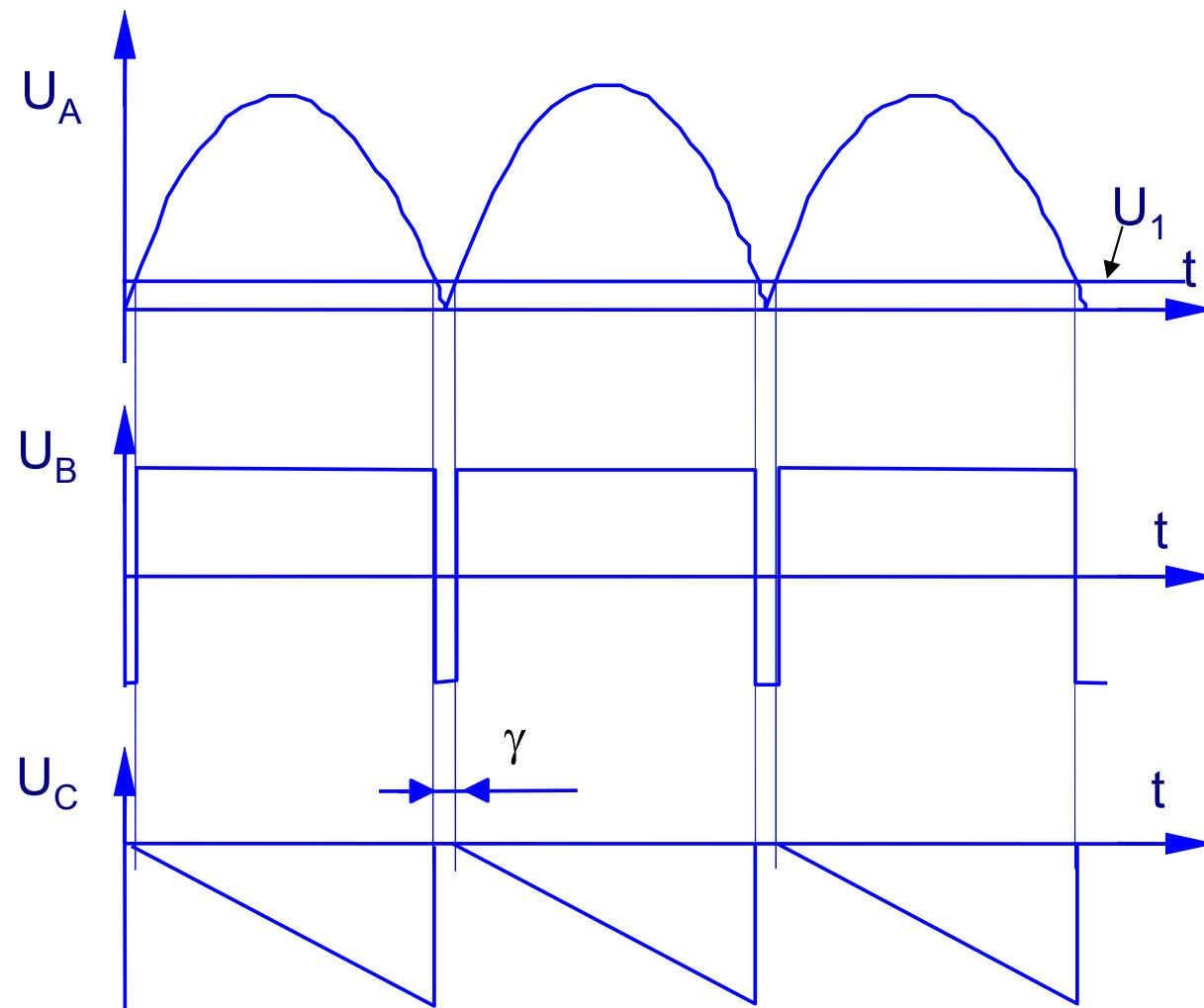


Hình 43.3 Nguyên lý điều khiển điều áp xoay chiều.

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

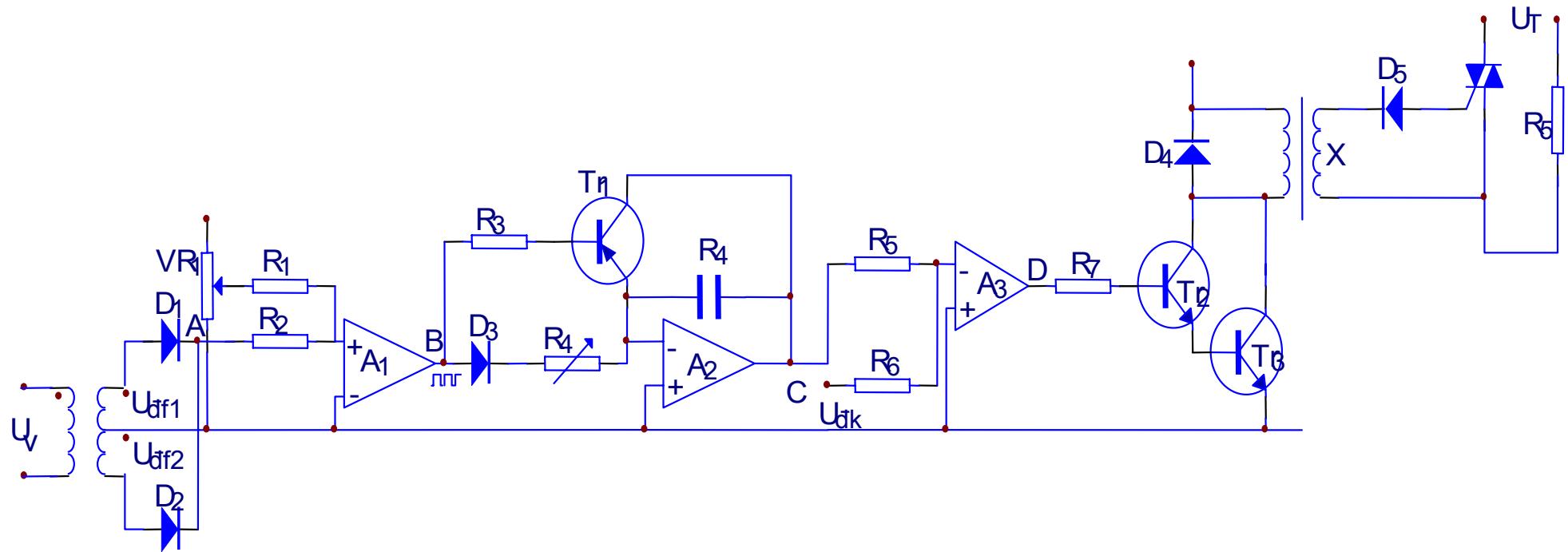


# Đường cong của các khâu

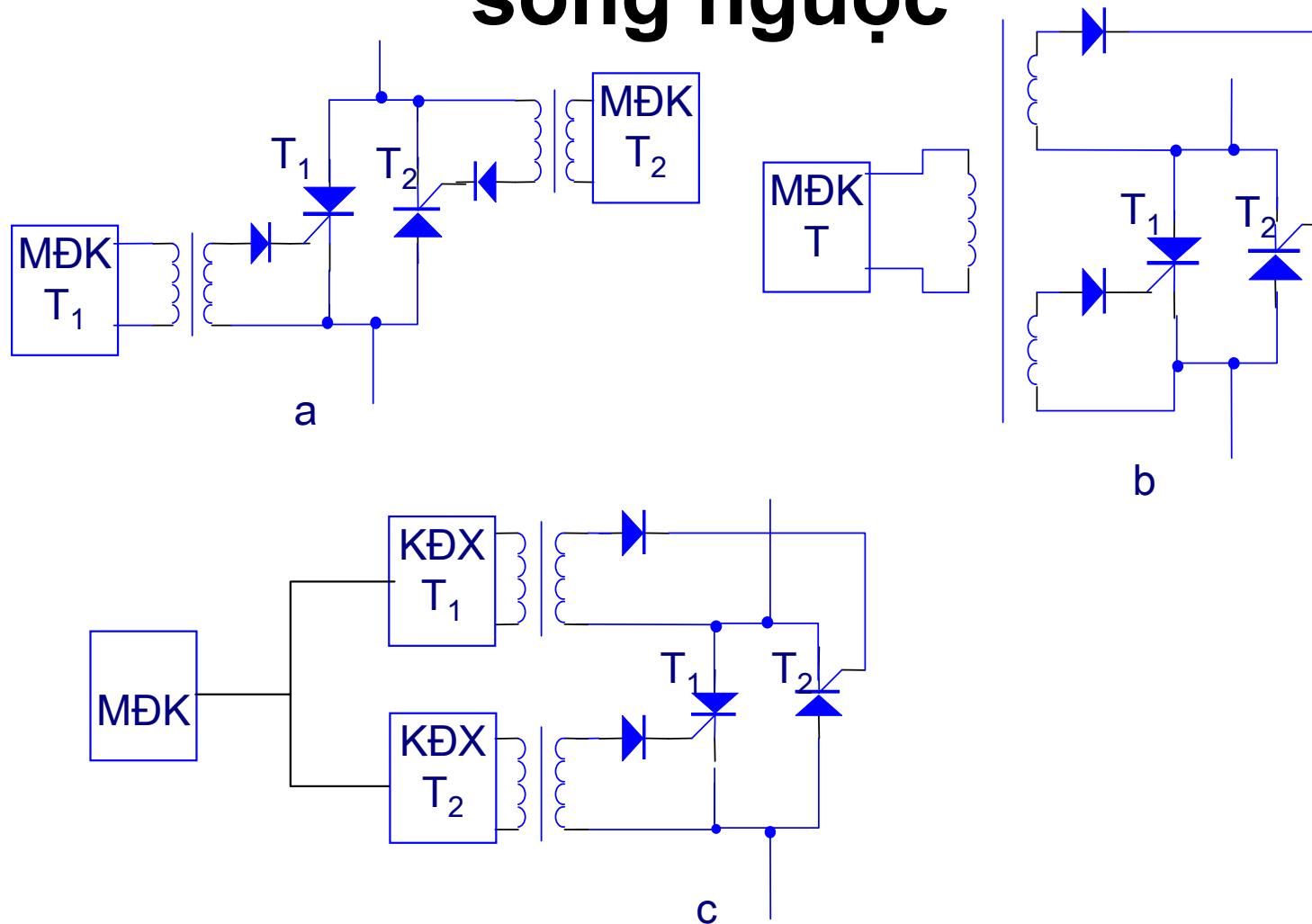


Hình 3.11 Nguyên lí tạo điện áp tựa trong điều áp xoay chiều

### III. Mạch điều khiển ví dụ



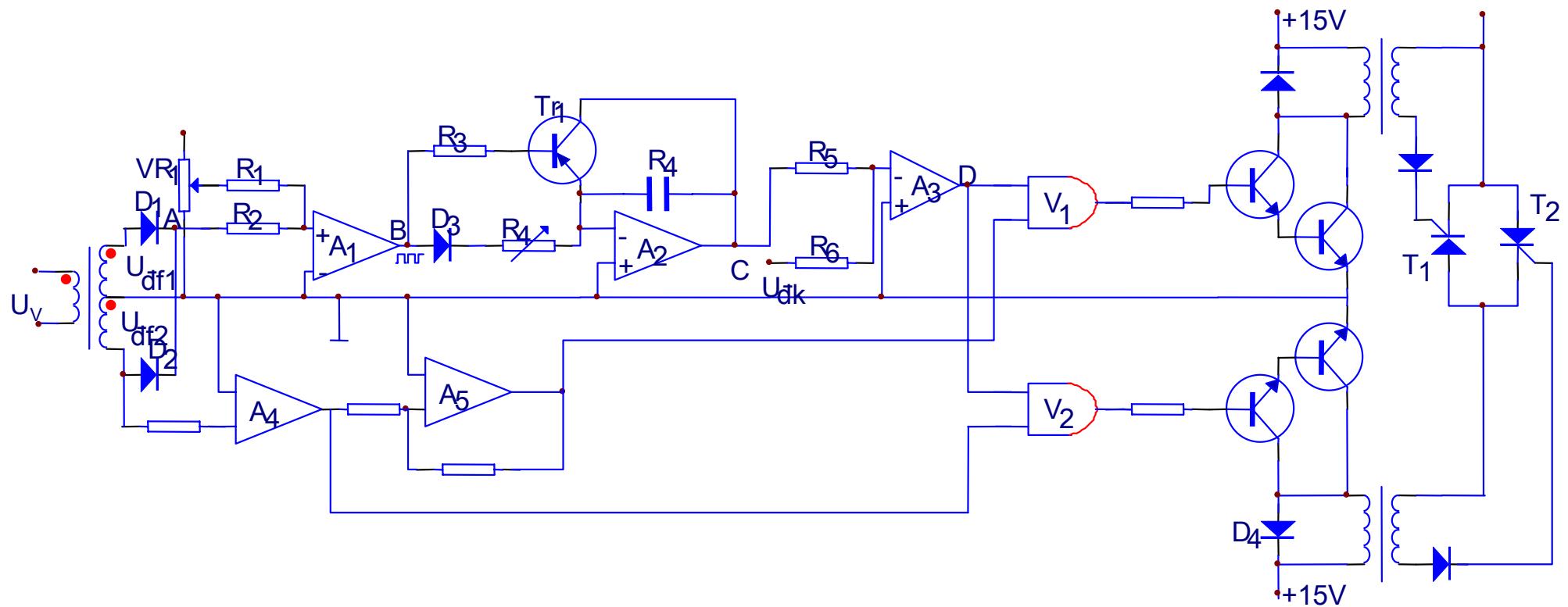
# Mạch điều khiển cặp thrysistor song song ngược



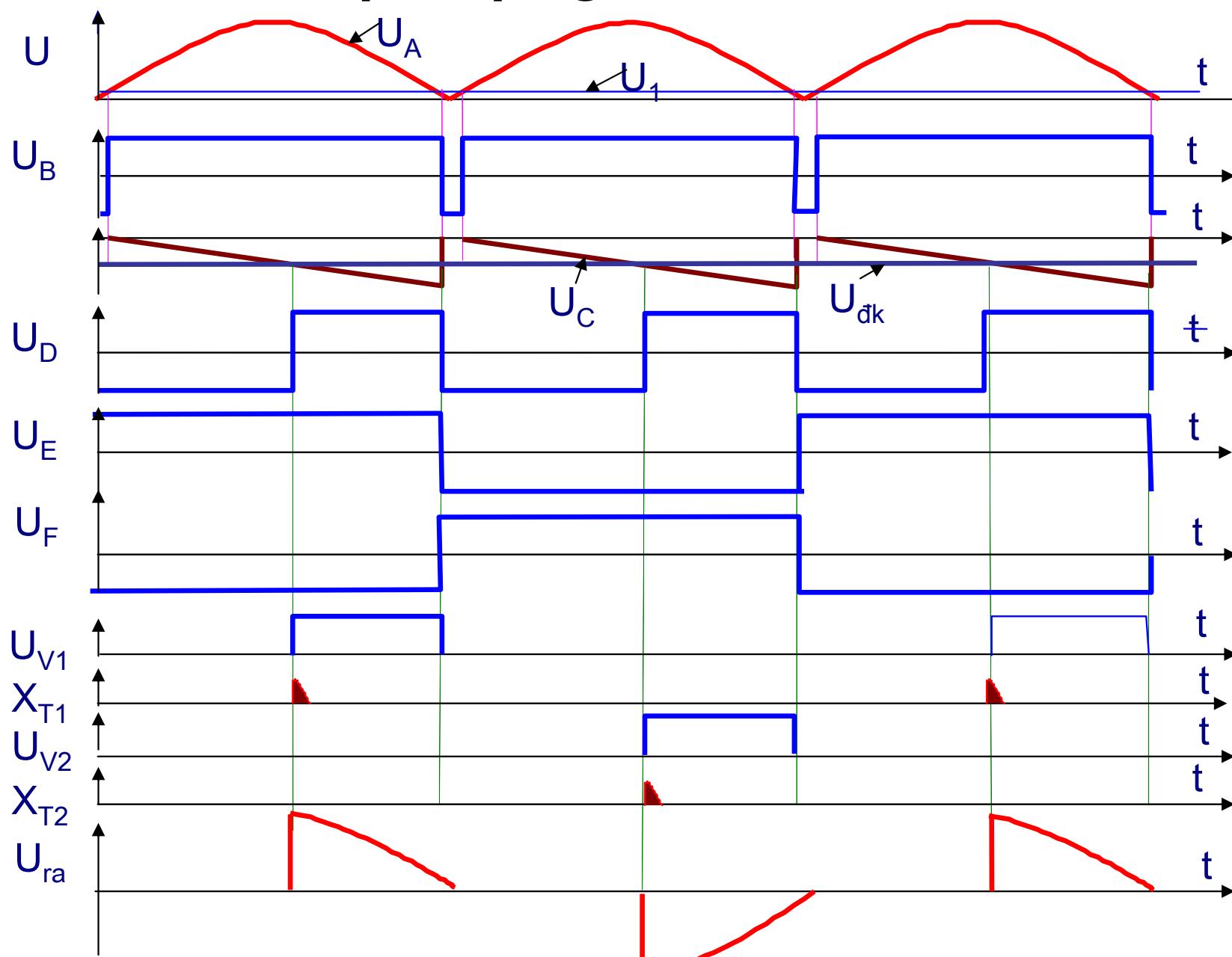
Hình 3.13 Các phương án điều khiển cặp thrysistor mắc song song ngược

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

# Mạch điều khiển



# Giải thích hoạt động của sơ đồ

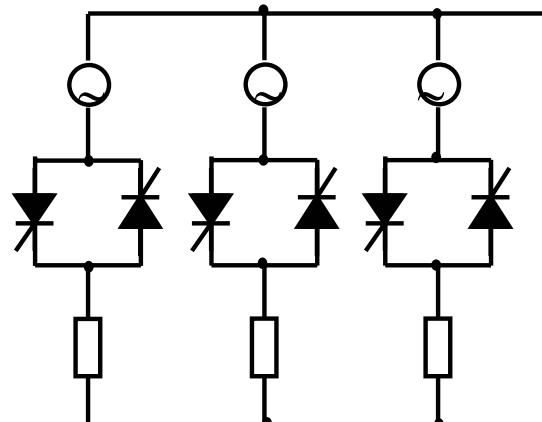


## **5.4. Điều áp xoay chiều ba pha**

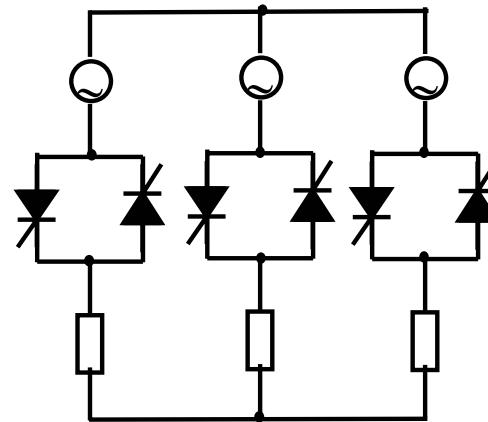
- I. Sơ đồ động lực.
- II. Nguyên lí hoạt động

## 5.3. Điều áp xoay chiều ba pha

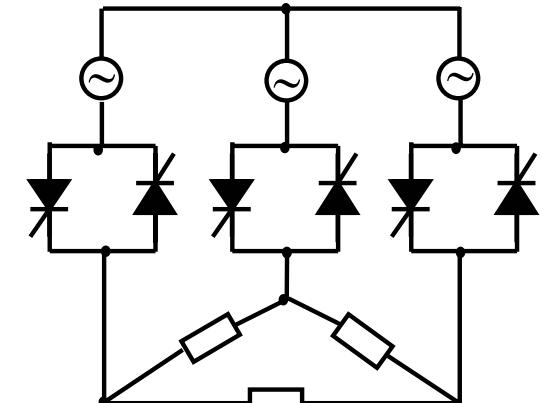
- I. Sơ đồ động lực.
- Sơ đồ điều khiển bằng cặp thrysistor song song ngược



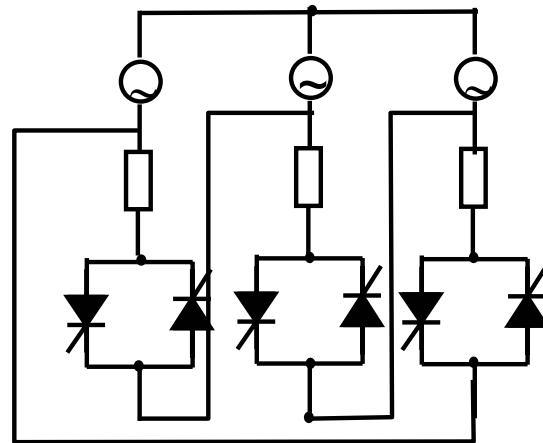
a



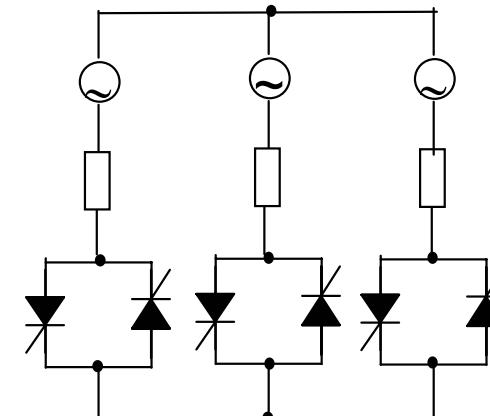
b



c

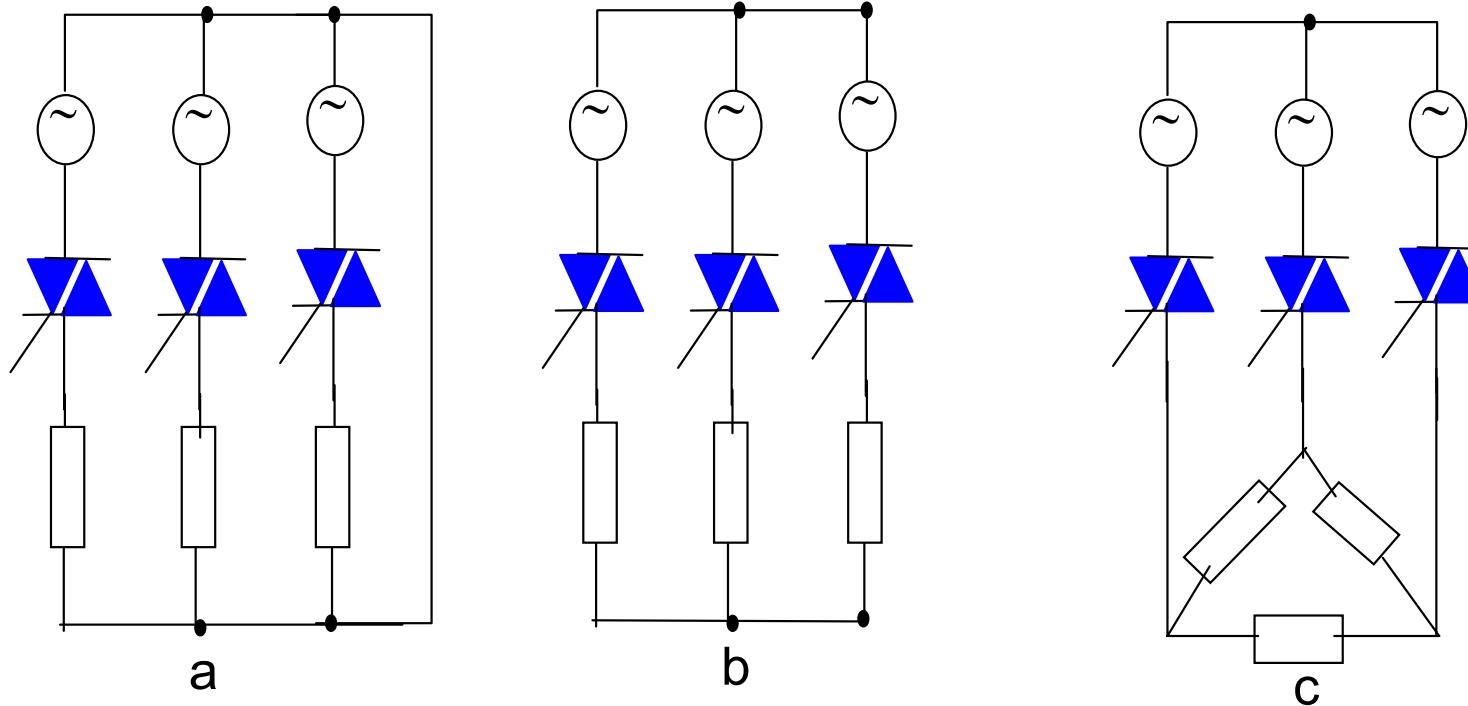


e



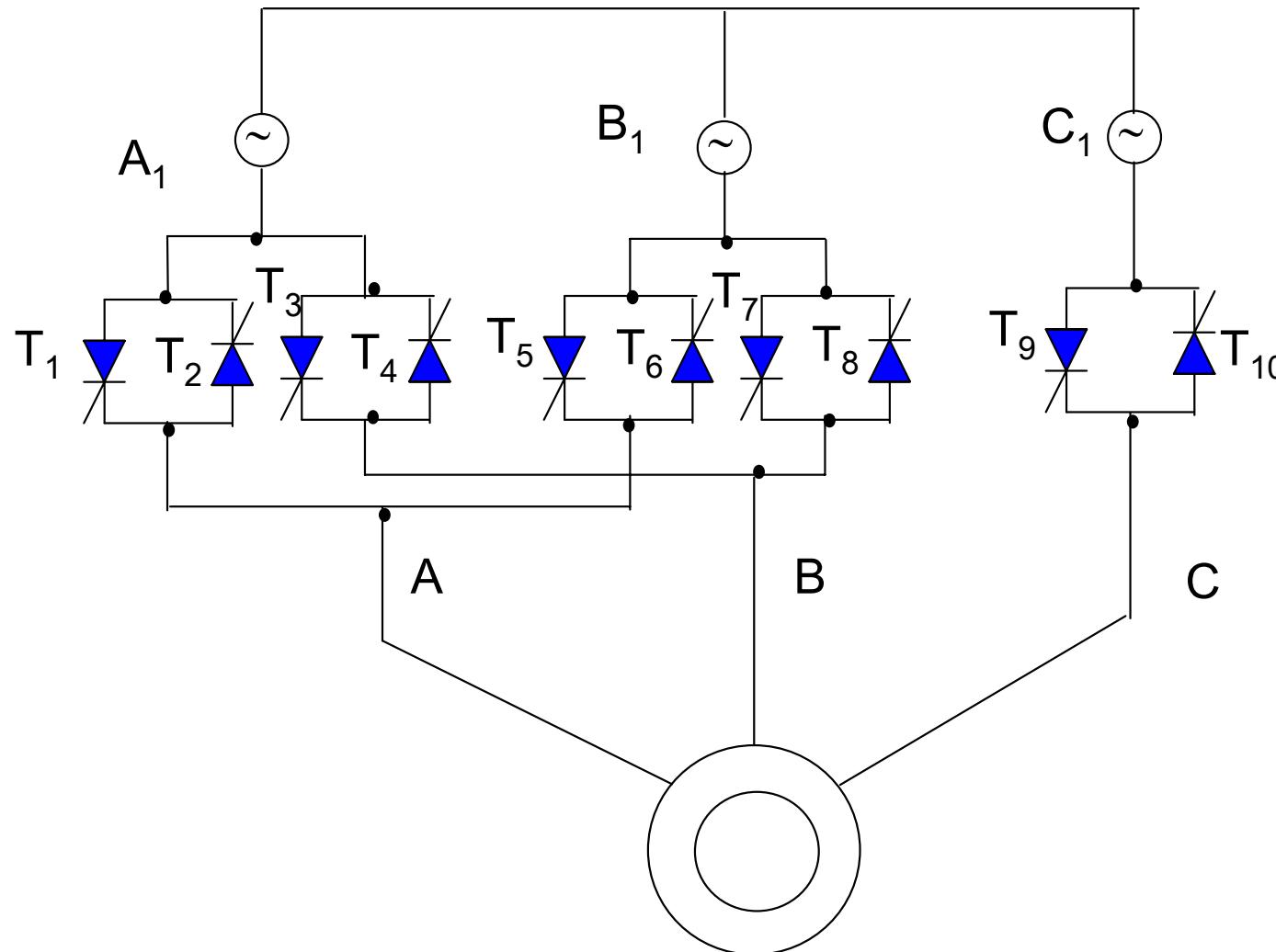
d

□ Sơ đồ điều áp xoay chiều bằng triac



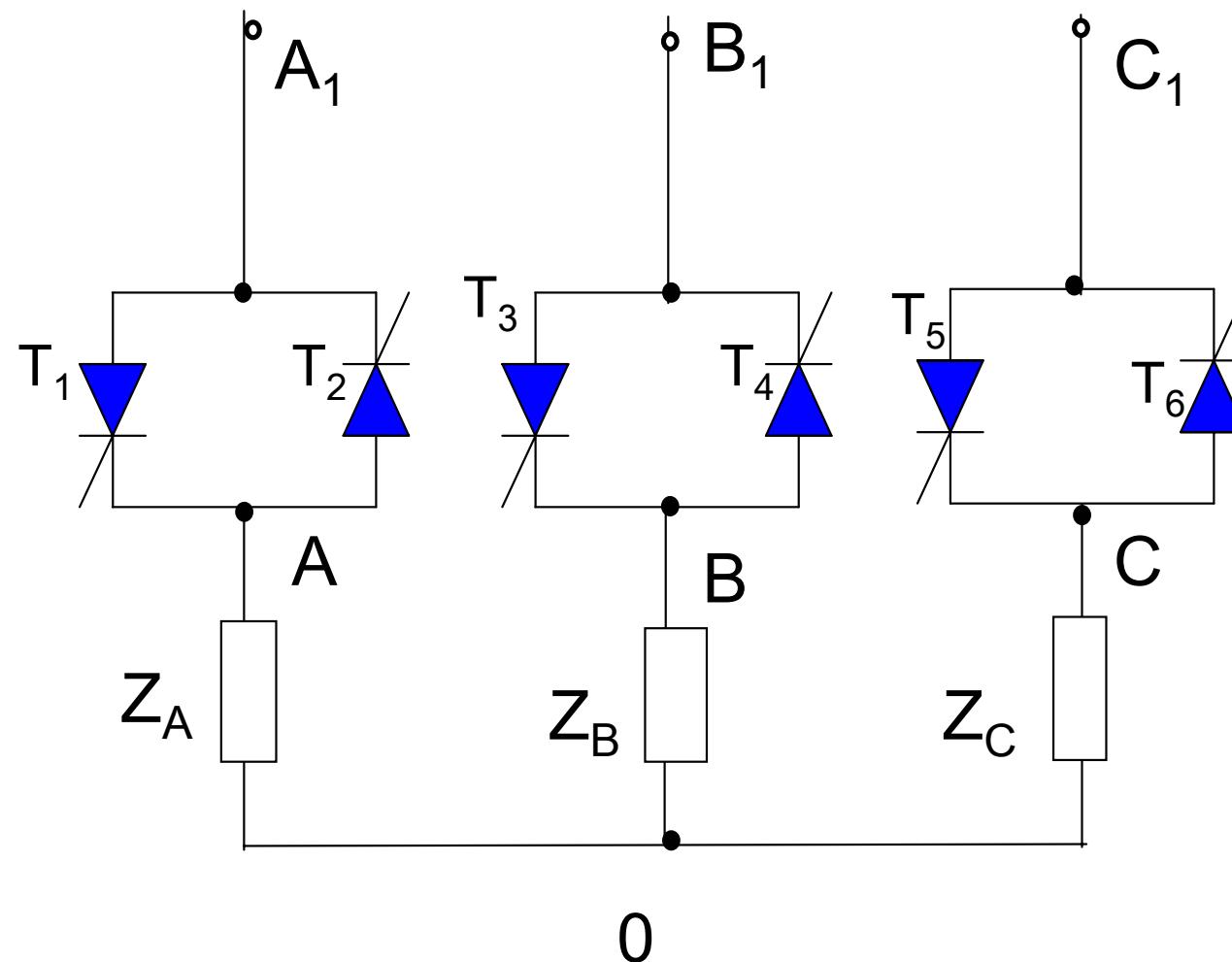
Hình 3.25: Điều áp ba pha bằng Triac

□ Sơ đồ điều áp có đảo chiều



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

## □ Sơ đồ động lực điển hình thường gặp

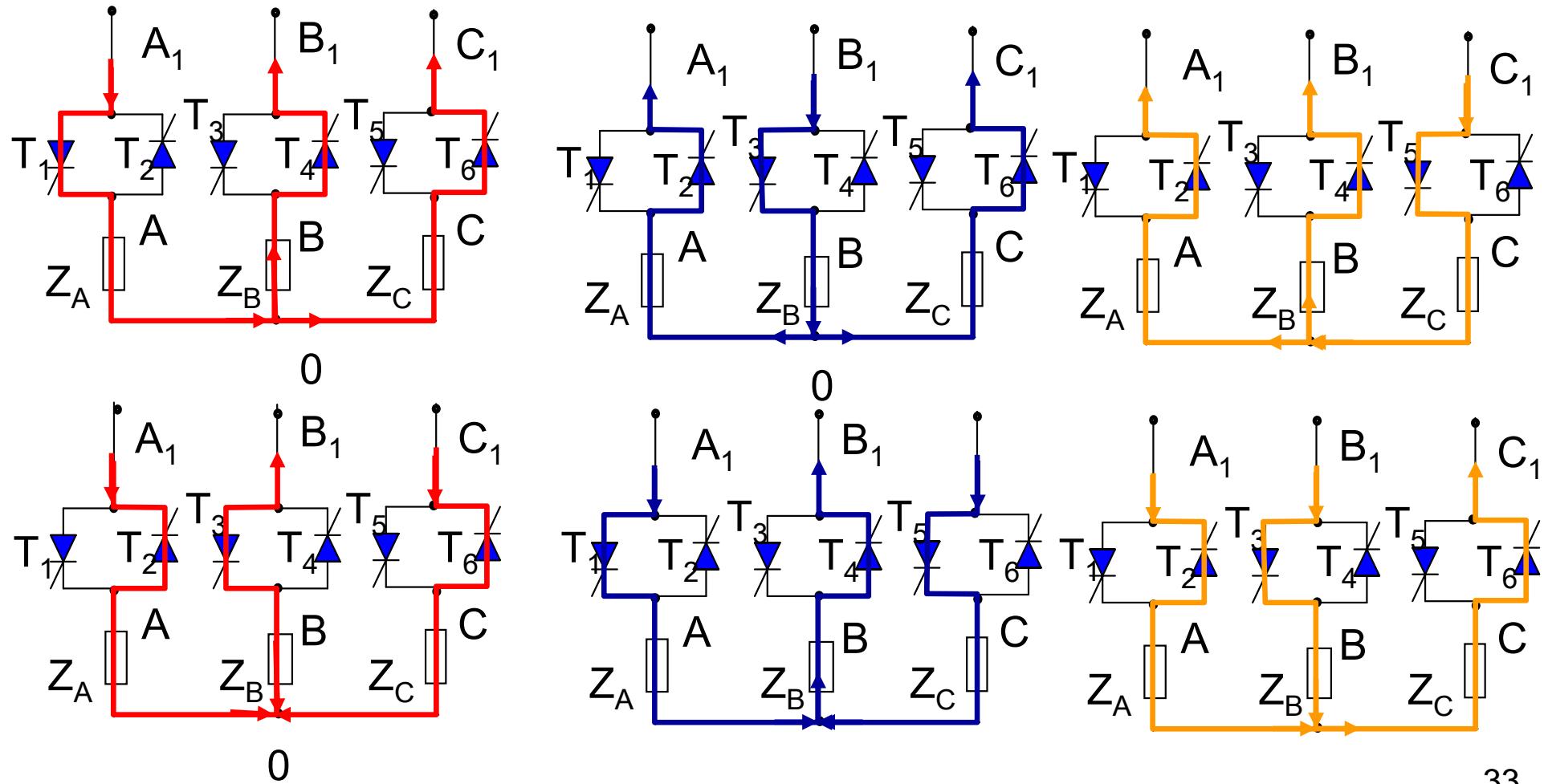


## II. Nguyên lí hoạt động

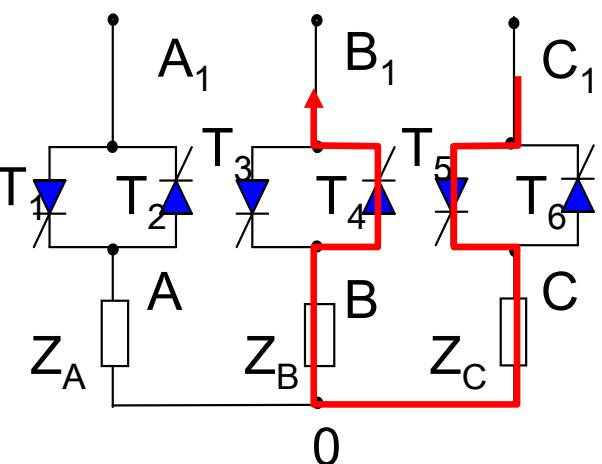
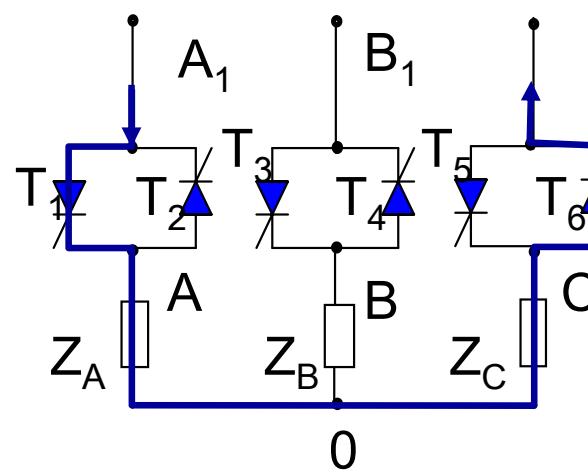
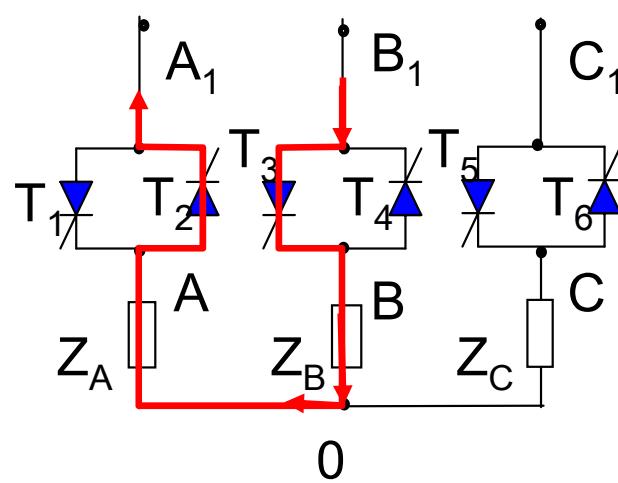
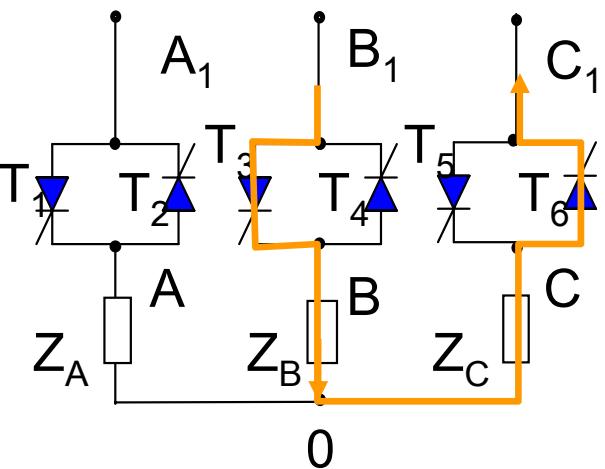
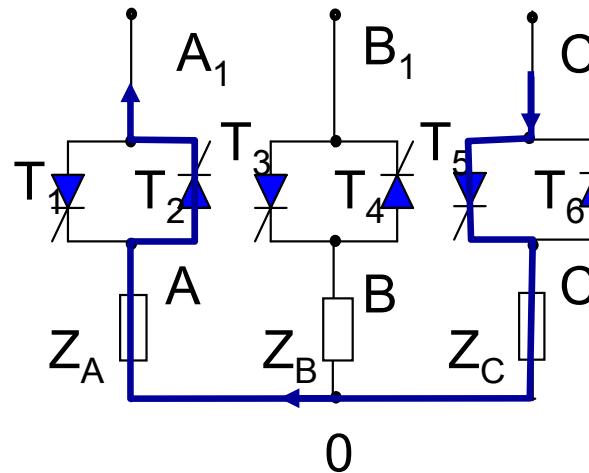
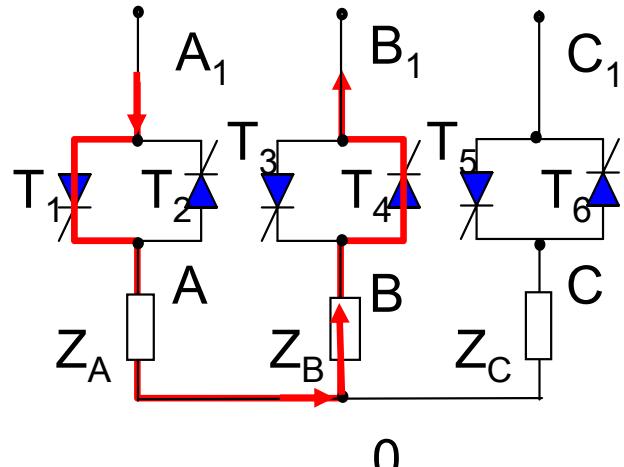
- Nguyên tắc dẫn dòng trong sơ đồ điều áp ba pha
- Ba pha có van dẫn:  $U_{fT} = U_{fL}$
- Hai pha có van dẫn:  $U_{fT} = (1/2)U_{dây}$
- Trên pha đang xét không van dẫn  $U_{fT} = 0$

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

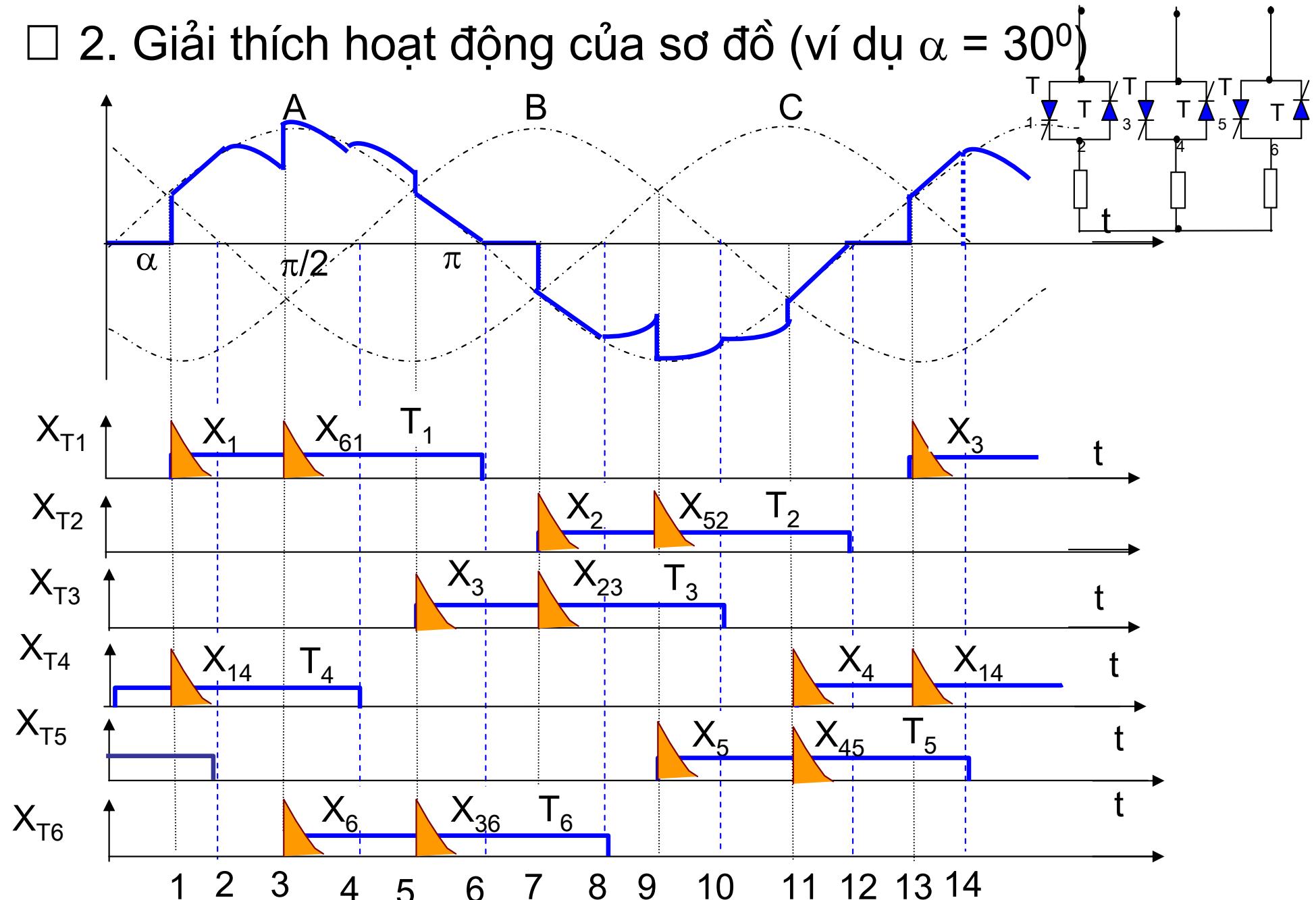
□ Ba pha có van dẫn:  $U_{fT} = U_{fL}$



# Hai pha có van dân $U_{fT} = (1/2)U_{dây}$



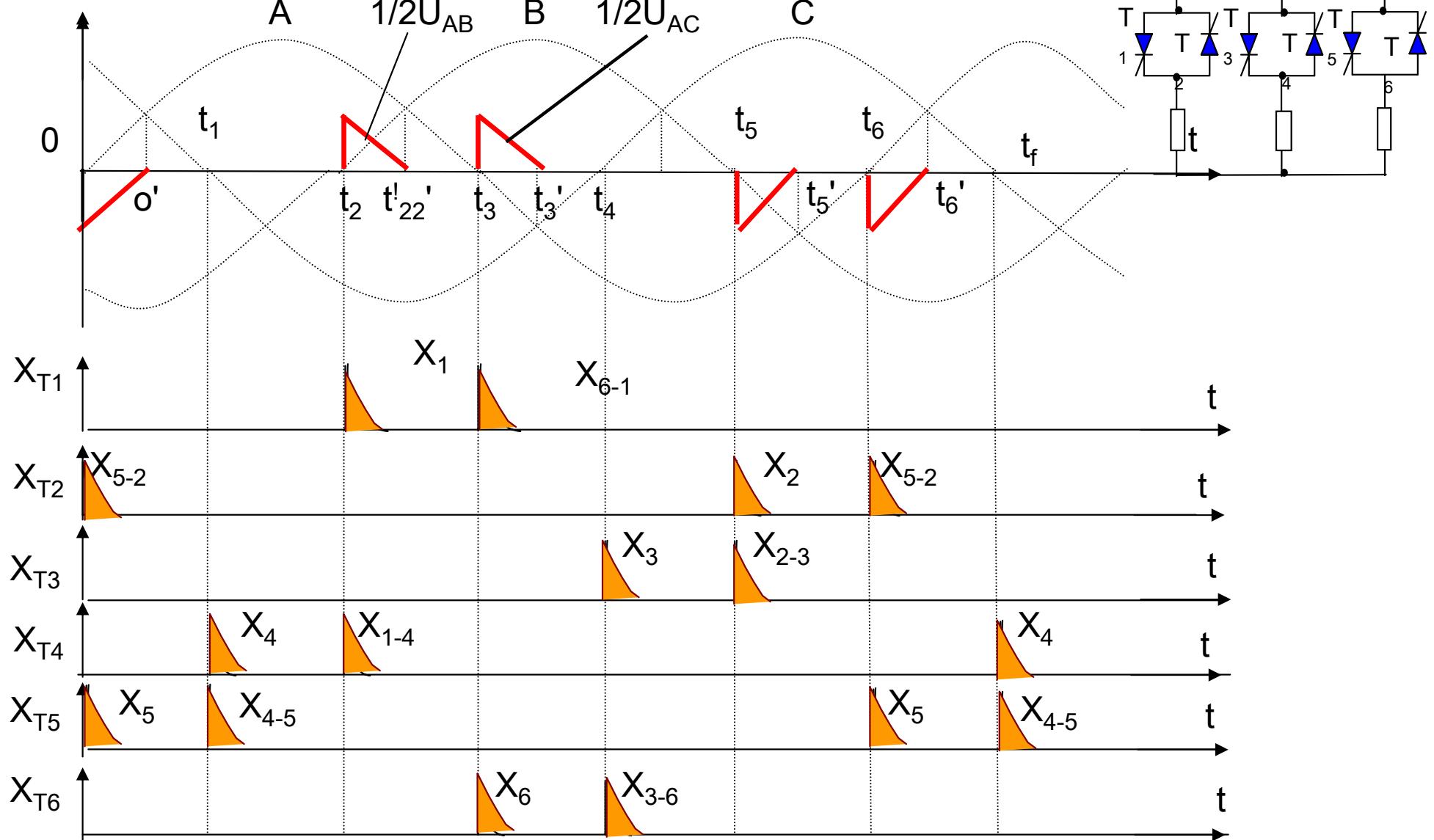
□ 2. Giải thích hoạt động của sơ đồ (ví dụ  $\alpha = 30^\circ$ )



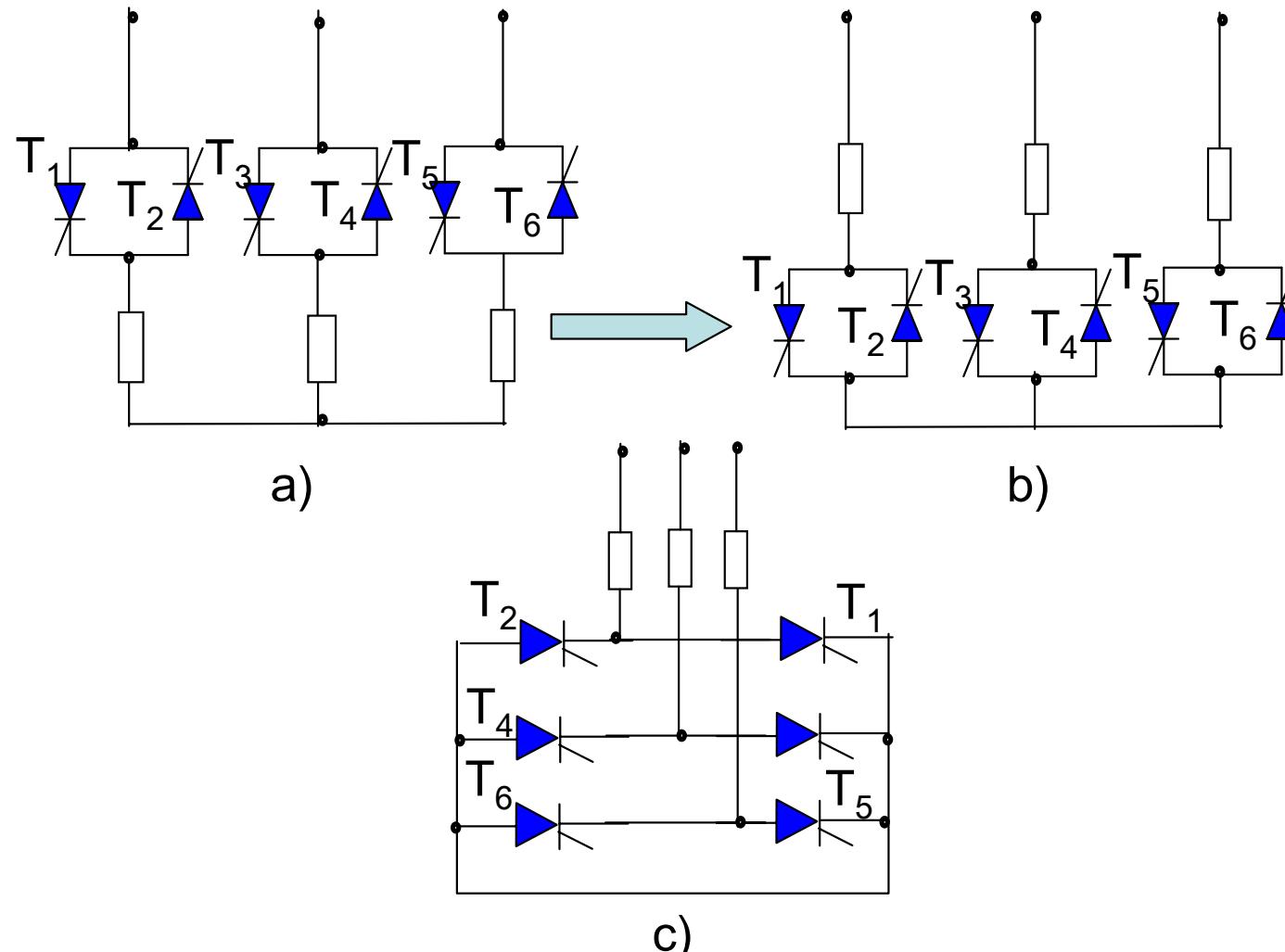
Một số nhận xét về hoạt động của sơ đồ trên

Điện áp tải có dạng đập mạch

□ Hoạt động của sơ đồ khi góc mở lớn (ví dụ  $\alpha = 120^\circ$ )

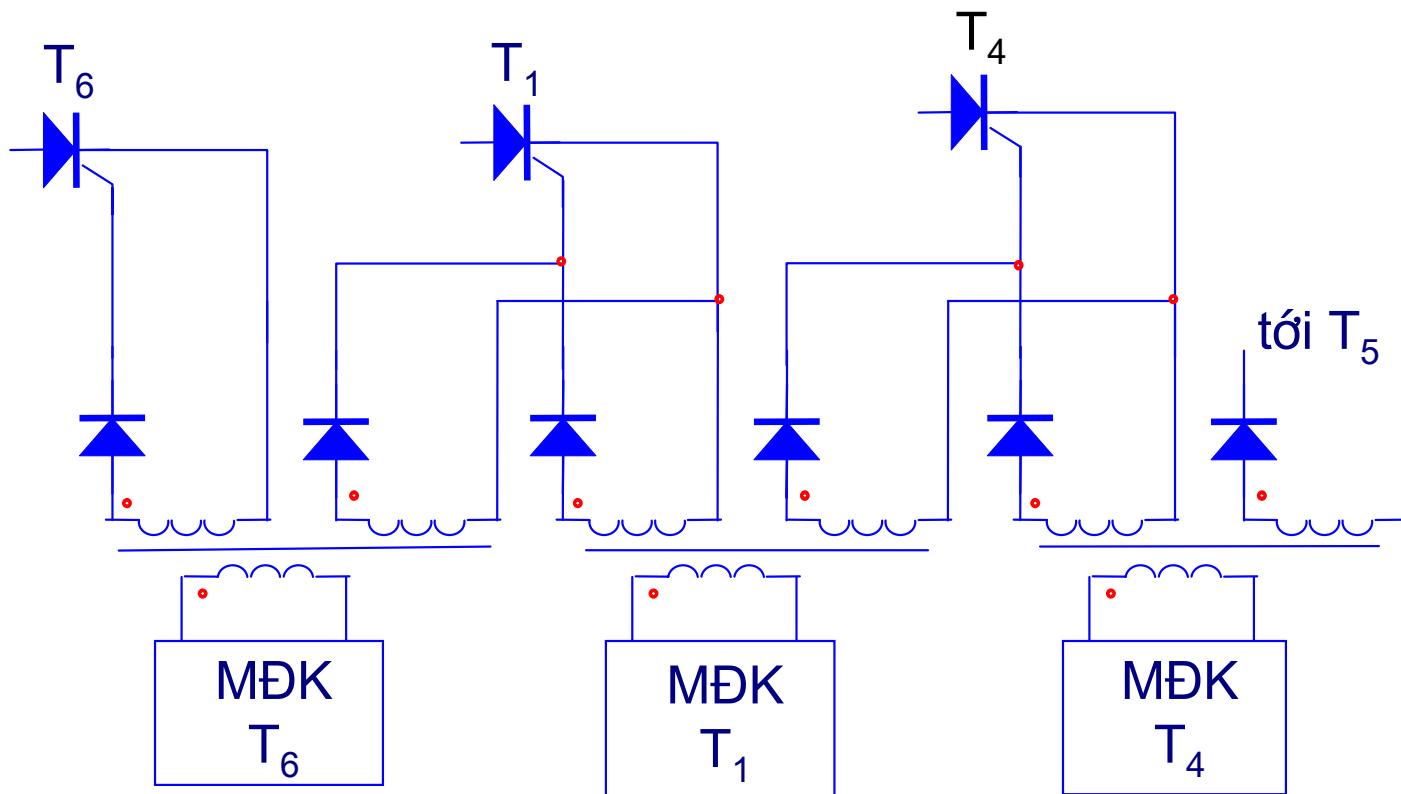


- III. Đặc điểm điều khiển điều áp ba pha
- Điều khiển điều áp ba pha có thể coi như chỉnh lưu cầu ba pha



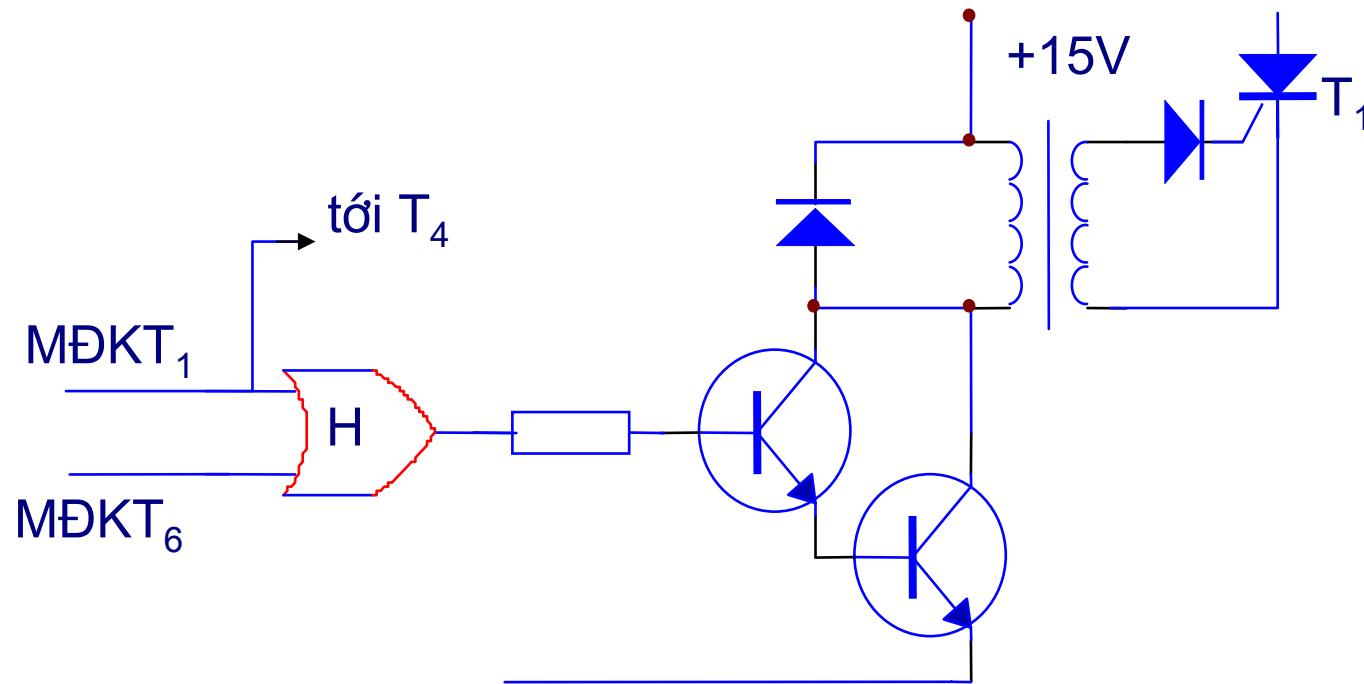
Hình 3.30 Các cách nối dây của điều áp xoay chiều ba pha tải nối Y không dây trung tính

□ Điều khiển bằng biến áp xung hai cuộn dây



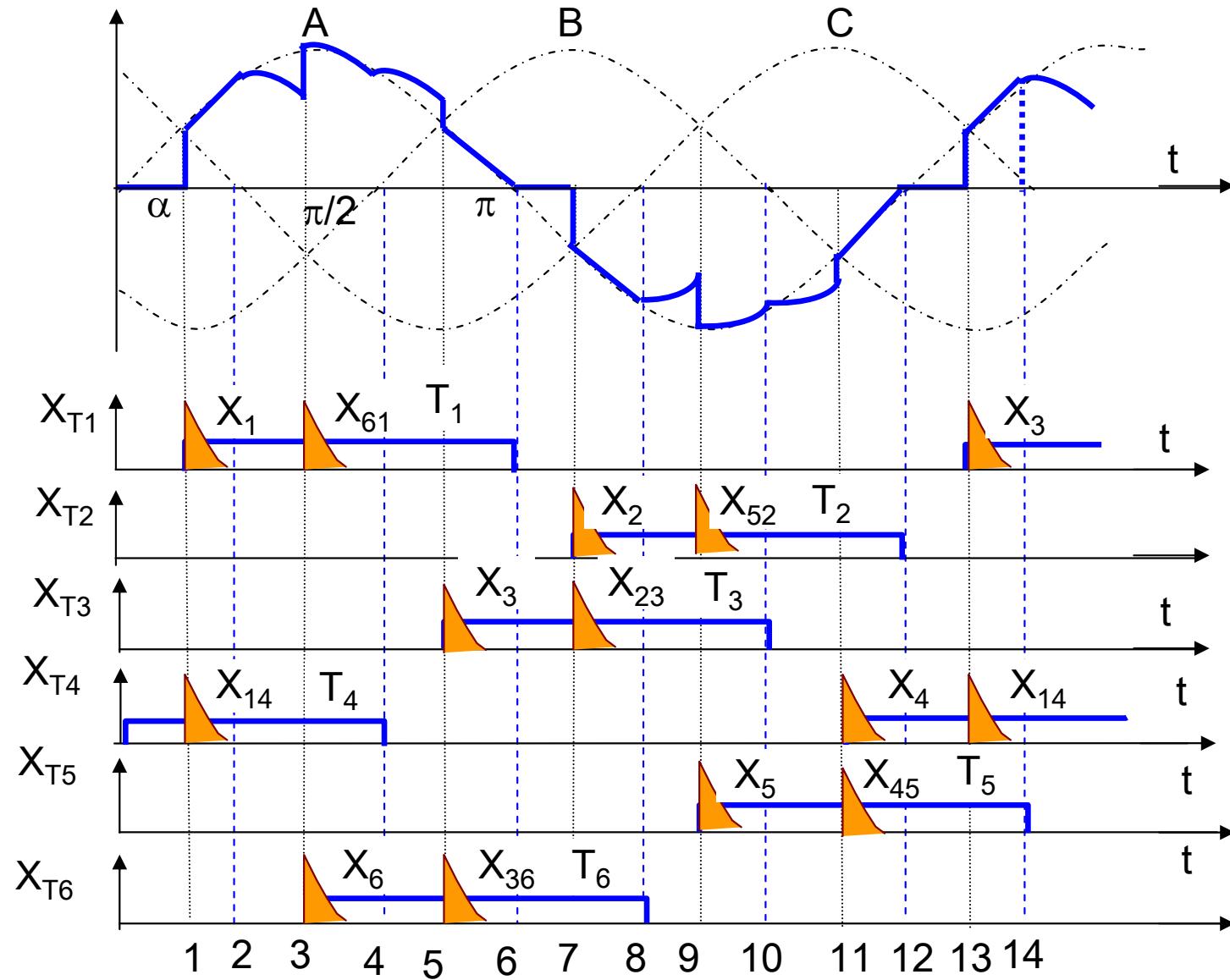
Hình 3.33 Đệm xung bằng biến áp.

## □ Đếm xung trước tầng khuếch đại

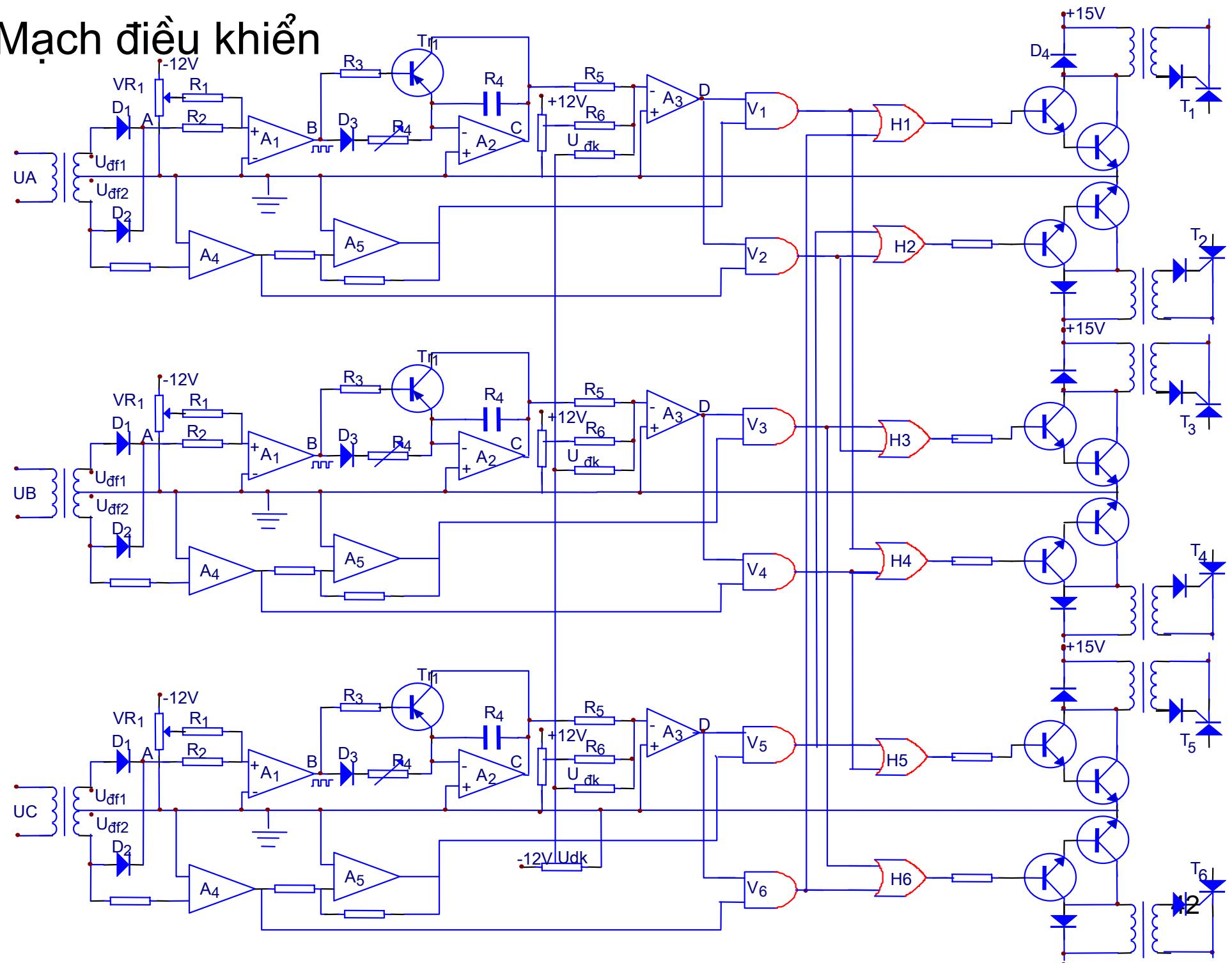


Hình 3.34 Đếm xung trước tầng khuếch đại

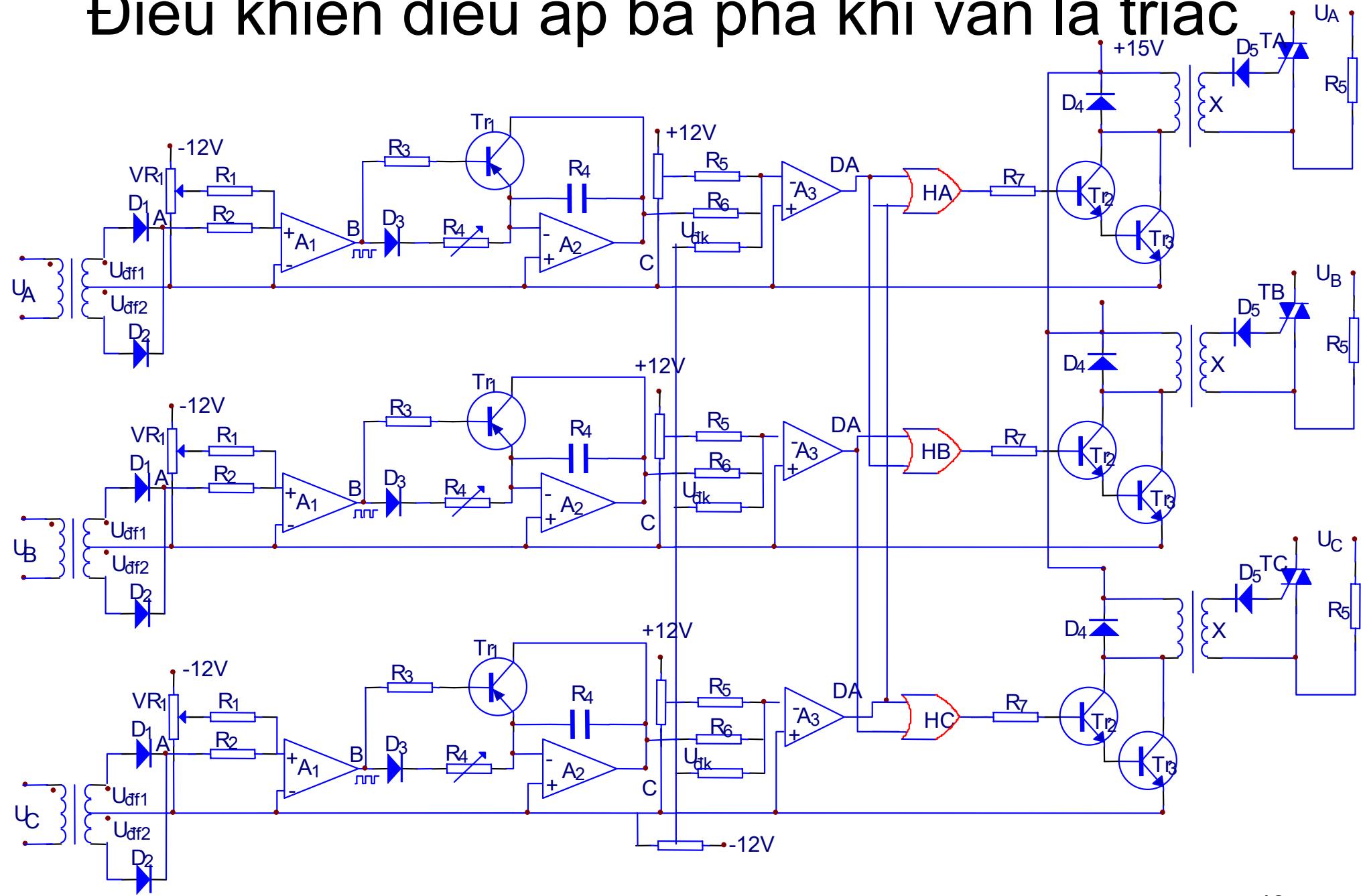
## □ Điều khiển bằng xung đơn



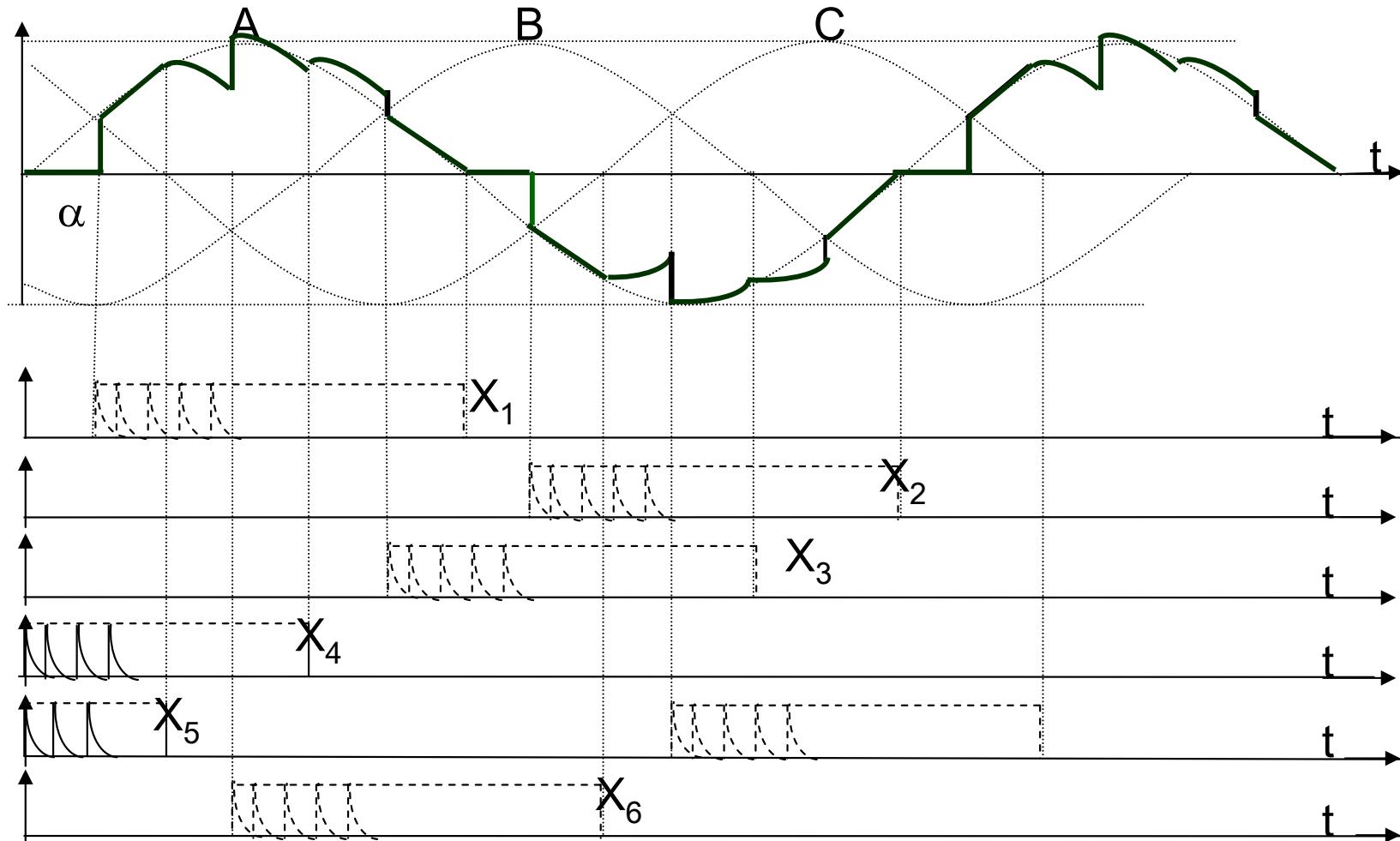
# □ Mạch điều khiển



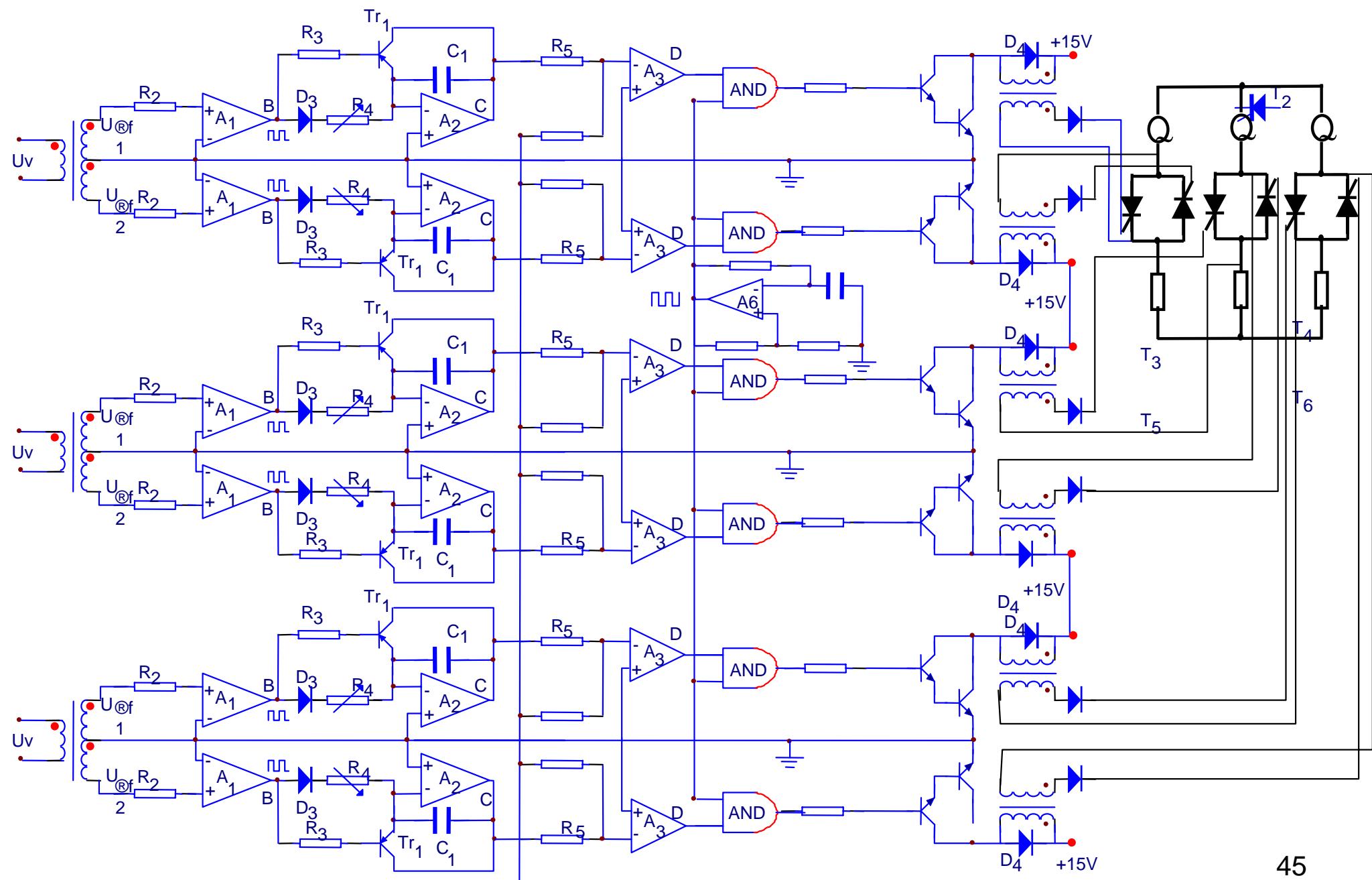
# Điều khiển điều áp ba pha khi van là triac



## □ Điều khiển bằng chùm xung



Hình 3.39 Điều khiển ba pha bằng chùm xung

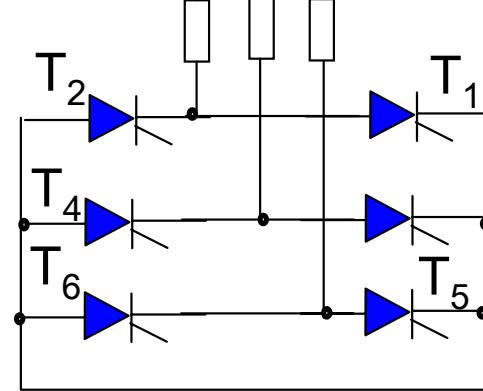
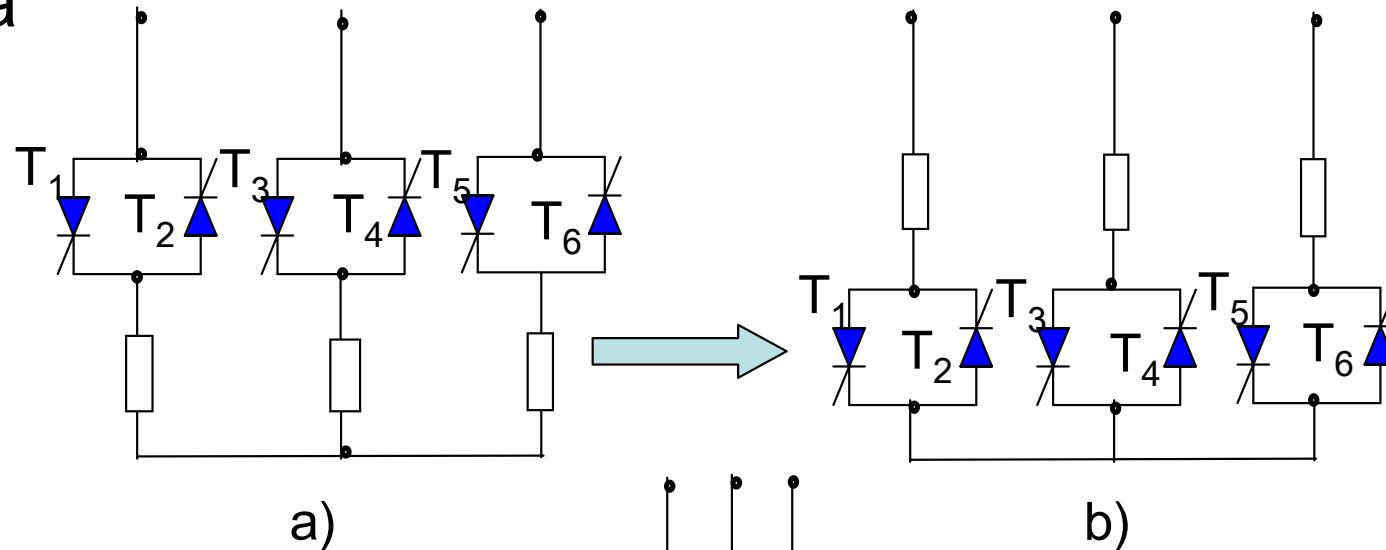


## **5.5 Đặc điểm điều khiển điều áp ba pha**

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

# I. Nguyên lí điều khiển điều áp ba pha

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



c)

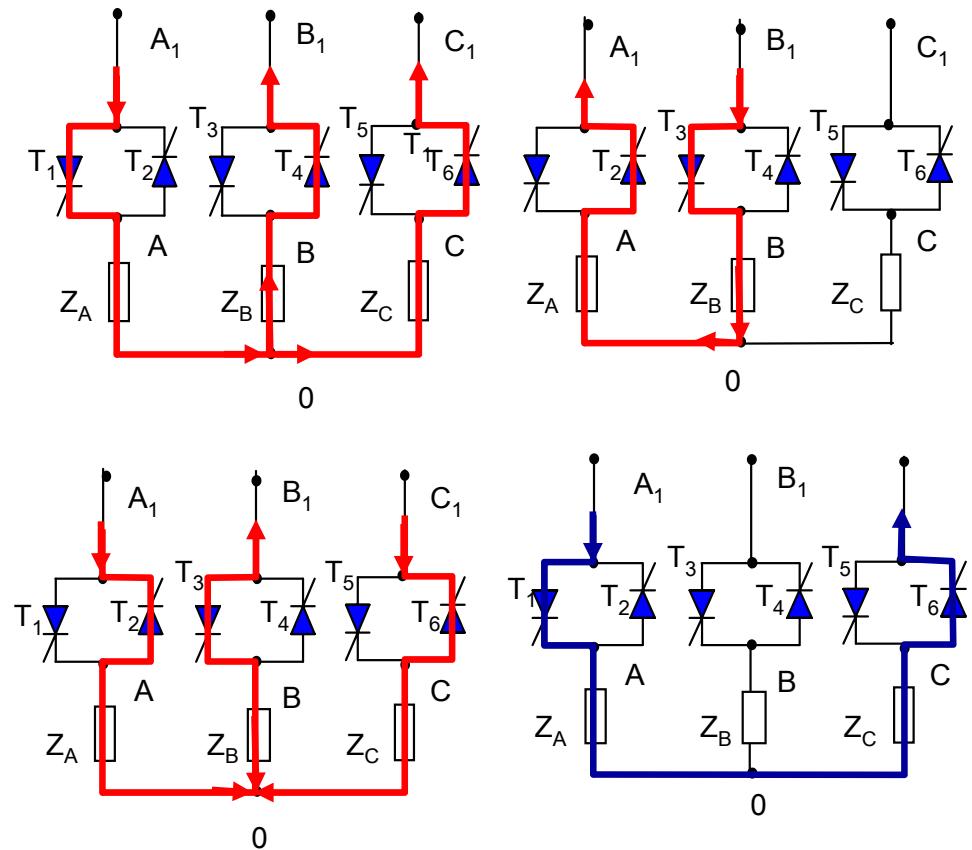
# Ba cách cấp xung điều khiển

- 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

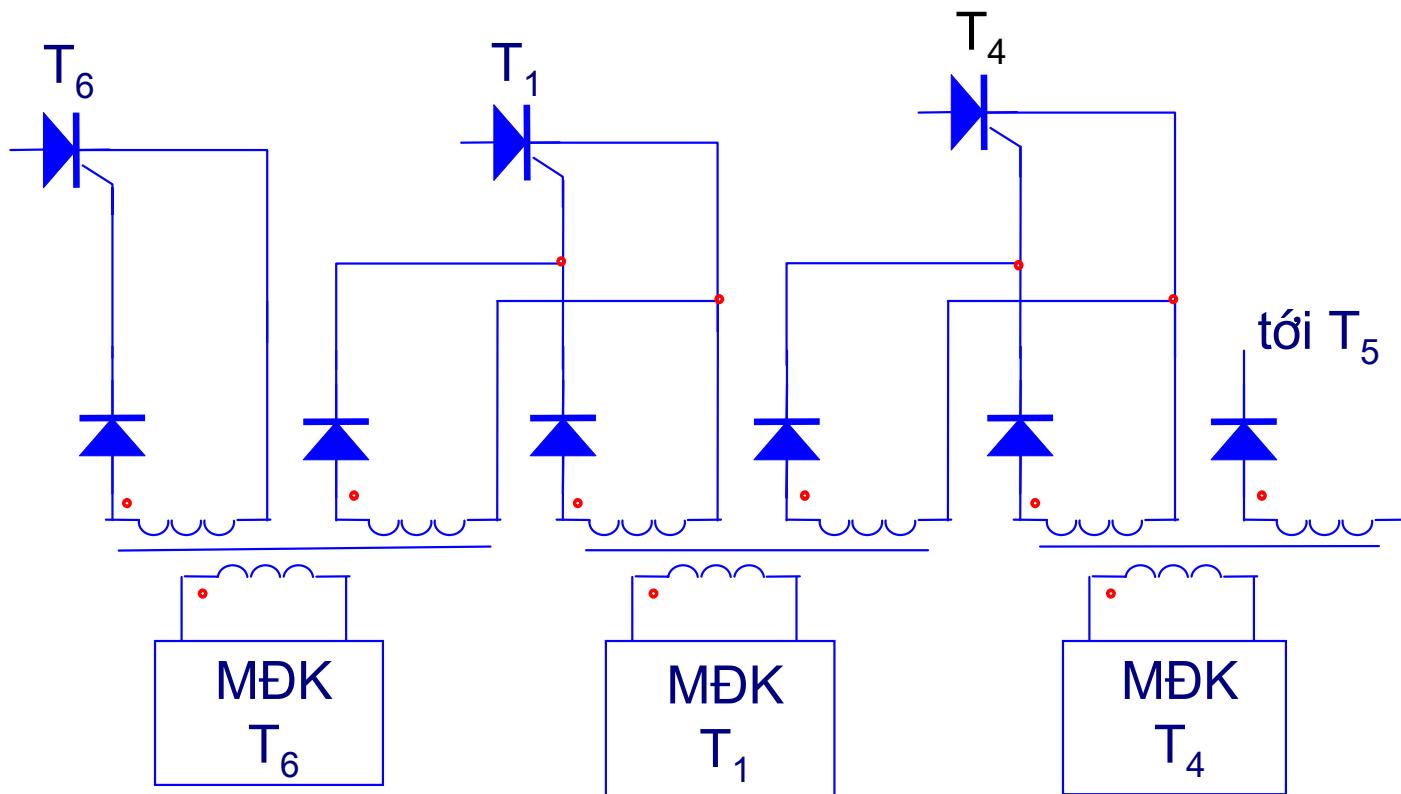
$X_C$	$X_D$
$T_1$	$T_4, T_6$
$T_2$	$T_3, T_5$
$T_3$	$T_6, T_4$
$T_4$	$T_5, T_1$
$T_5$	$T_2, T_4$
$T_6$	$T_1, T_3$

$X_C$	$X_D$
$T_1$	$T_4$
$T_2$	$T_3$
$T_3$	$T_6$
$T_4$	$T_5$
$T_5$	$T_2$
$T_6$	$T_1$

$X_C$	$X_D$
$T_1$	$T_4$
$T_2$	$T_3$
$T_3$	$T_6$
$T_4$	$T_5$
$T_5$	$T_2$
$T_6$	$T_1$

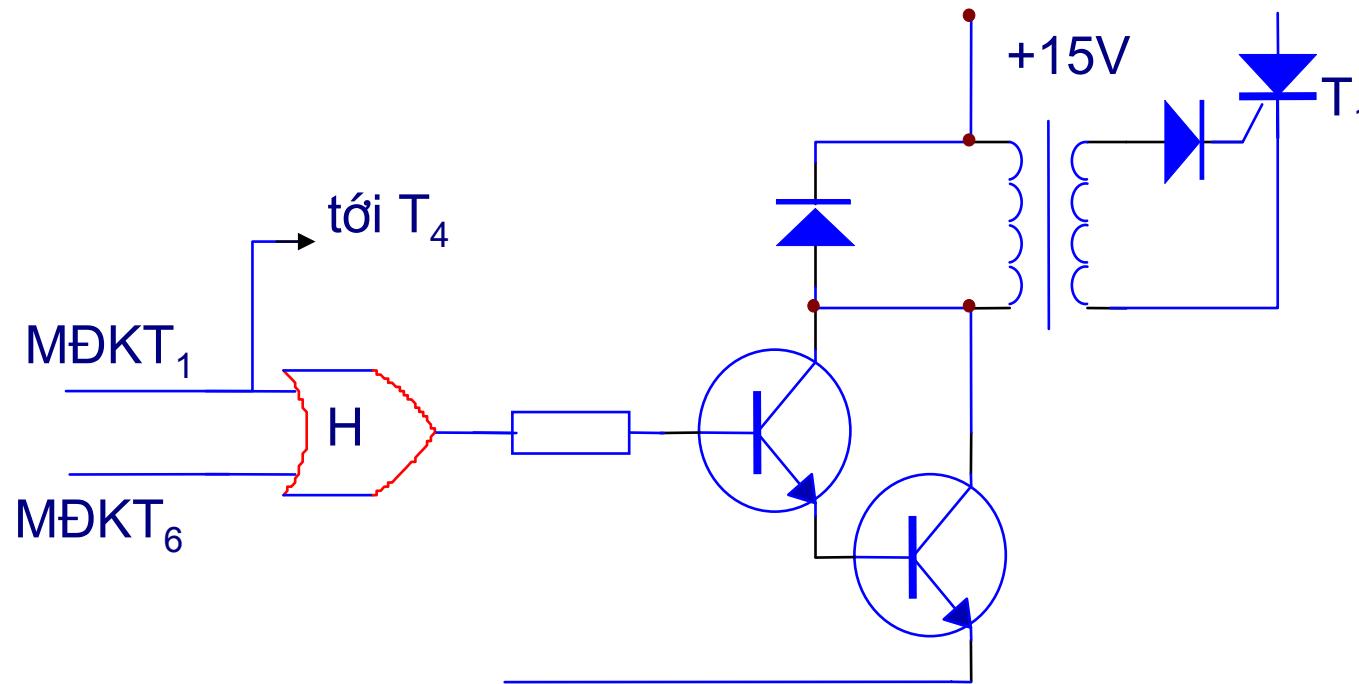


□ Điều khiển bằng biến áp xung hai cuộn dây



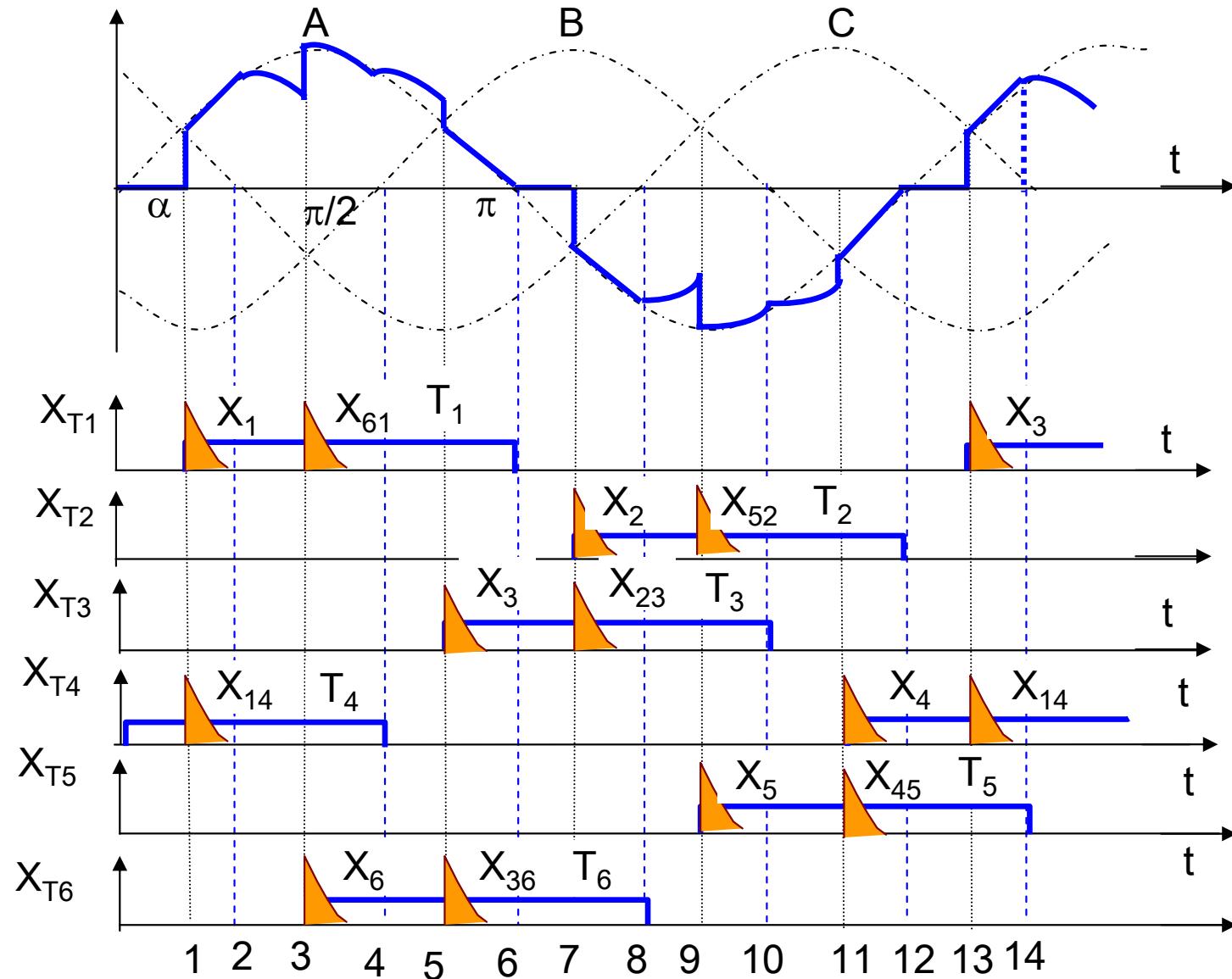
Hình 3.33 Đệm xung bằng biến áp.

## □ Đếm xung trước tầng khuếch đại

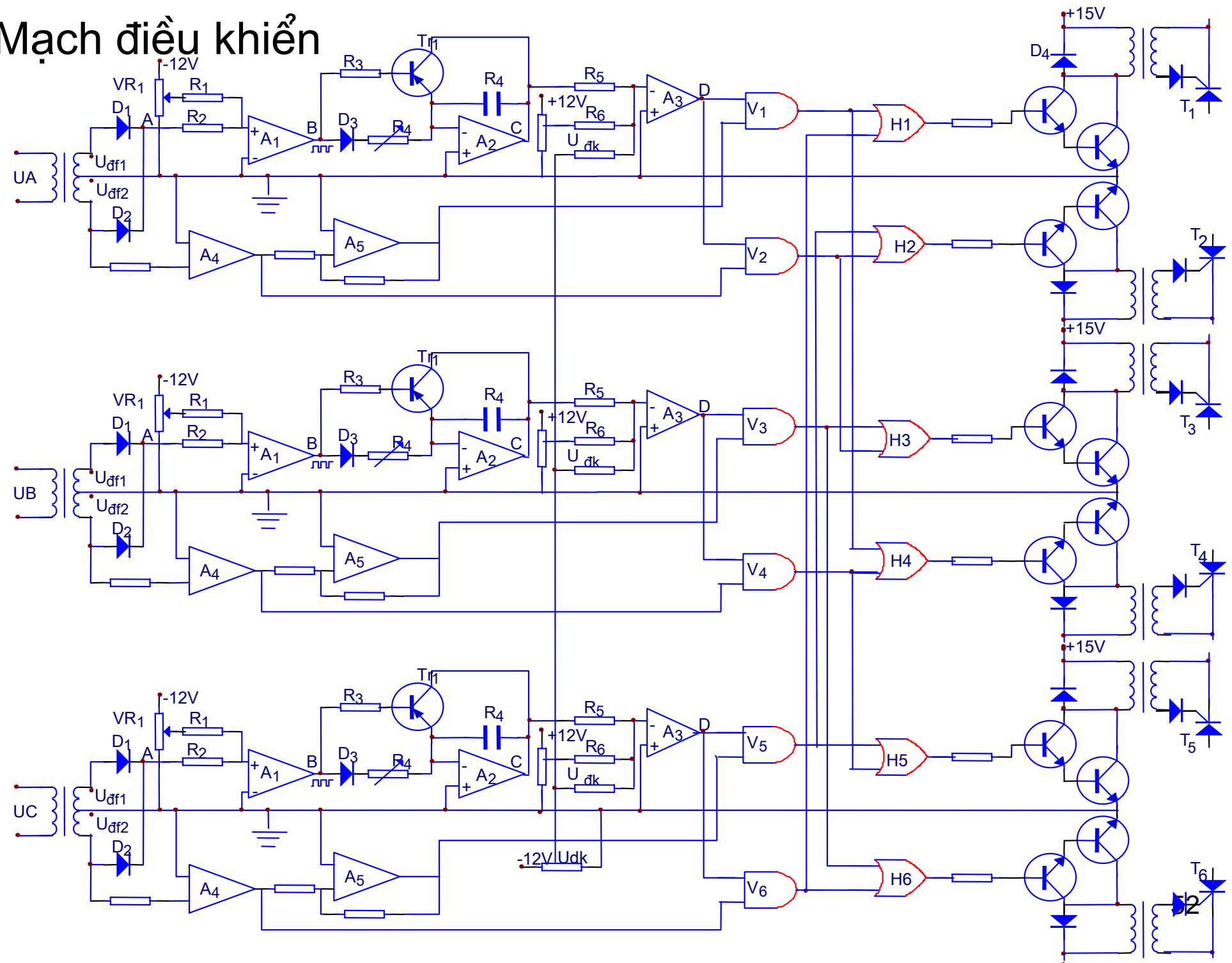


Hình 3.34 Đếm xung trước tầng khuếch đại

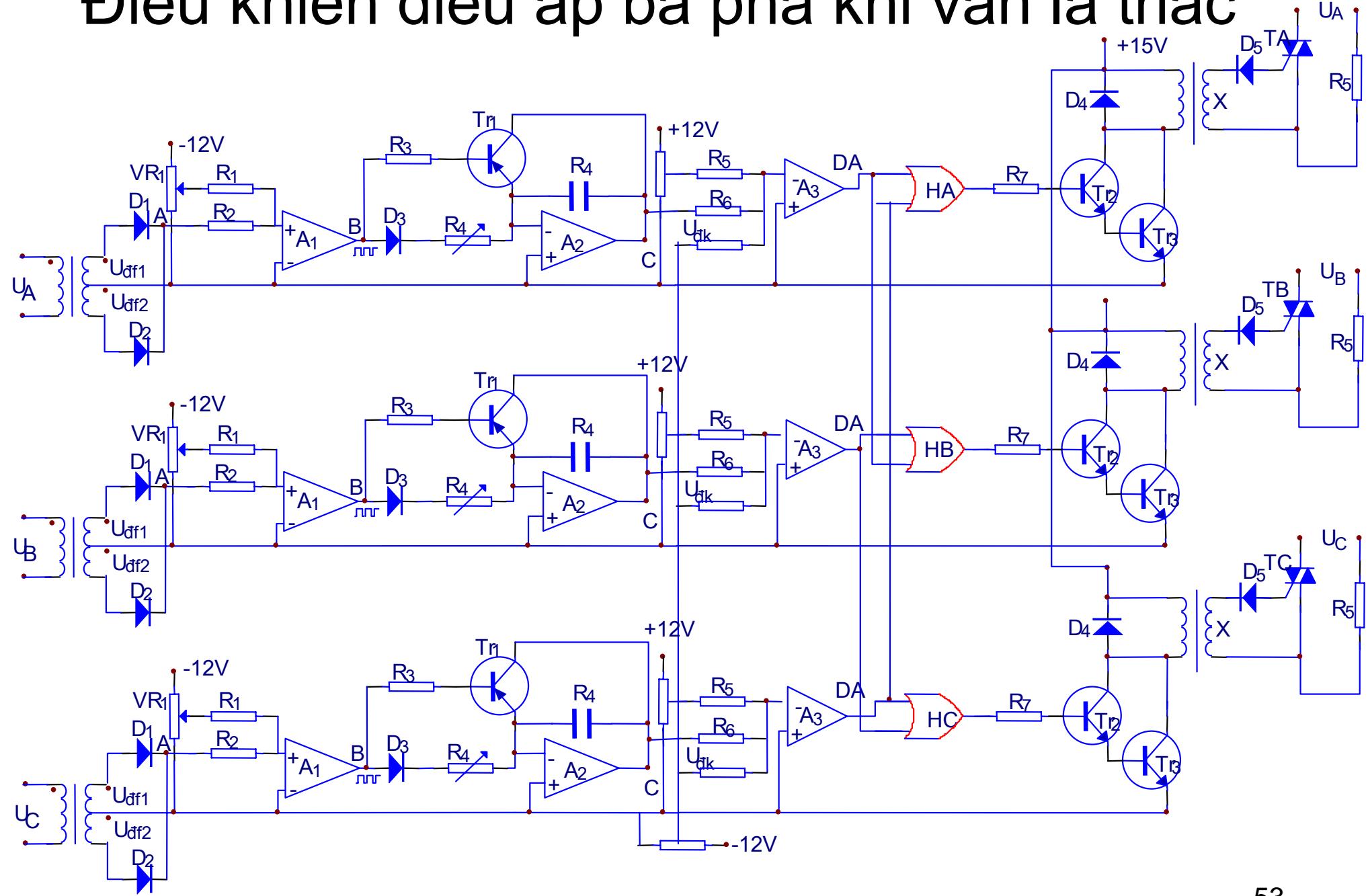
## □ Điều khiển bằng xung đơn



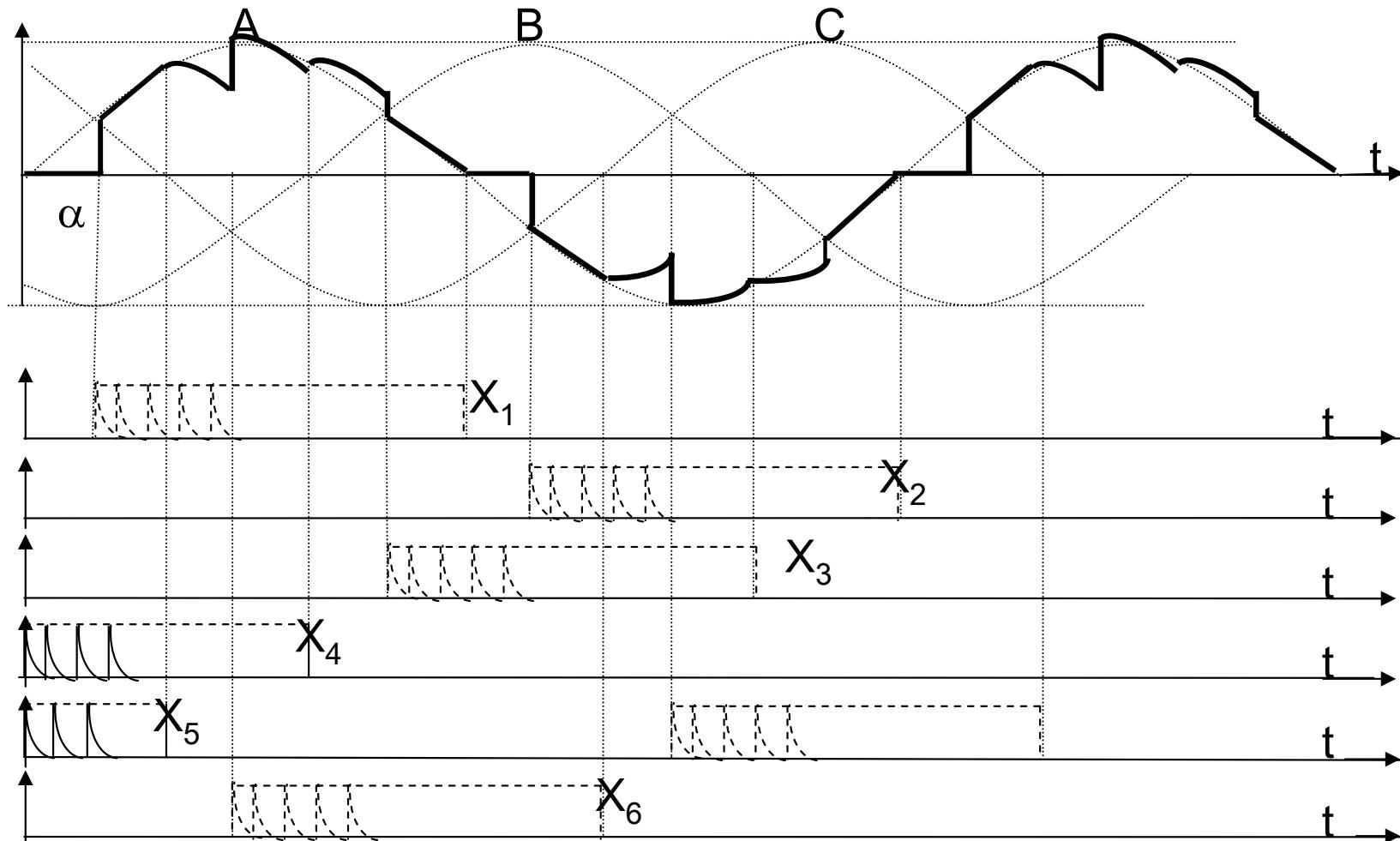
# □ Mạch điều khiển



# Điều khiển điều áp ba pha khi van là triac



## □ Điều khiển bằng chùm xung



Hình 3.39 Điều khiển ba pha bằng chùm xung

