

Chương 4

ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU

Mục tiêu

Đi sâu phân tích sơ đồ nguyên lý, dạng sóng ra của bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều ba pha với tải có thành phần điện cảm

1. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU MỘT PHA

1. Khái niệm

Thiết bị điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha cho phép điều chỉnh giá trị hiệu dụng của điện áp xoay chiều cấp cho tải, còn tần số được giữ nguyên bằng tần số nguồn cung cấp.

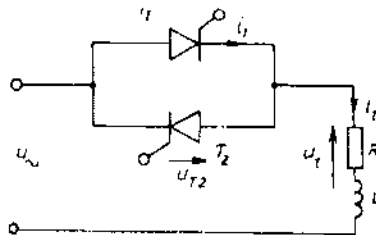
Thiết bị điều chỉnh điện áp xoay chiều thường được dùng để điều chỉnh nhiệt độ của lò điện, điều chỉnh độ chiếu sáng của hệ thống chiếu sáng, điều chỉnh tốc độ của động cơ không đồng bộ.

2. Sơ đồ nguyên lý:

Mạch gồm 2 tiristor đấu song song ngược cho phép điều chỉnh điện áp xoay chiều. Giả thiết điện áp nguồn là:

$$u = \sqrt{2}U\sin\omega t = \sqrt{2} U\sin \theta$$

Điện áp trên tải và dòng qua tải là u_r , i_r . Dòng qua tiristor là i_{T1} , i_{T2} . Điện áp trên các tiristor là u_{T1} , u_{T2} .



Hình 4.1

3. Nguyên lý hoạt động

3.1. Trường hợp tải thuần trở ($L = 0$)

Trong nửa chu kỳ (+) của điện áp nguồn ta cho xung mở T_1 thì một phần nửa chu kỳ (+) điện áp nguồn được đặt lên tải. (Hình 4.2.)

Trong nửa chu kỳ (-) của điện áp nguồn khi T_2 mở thì một phần nửa chu kỳ (-) điện áp nguồn được đặt lên tải.

Góc mở α được tính từ thời điểm đi qua giá trị 0 của điện áp nguồn.

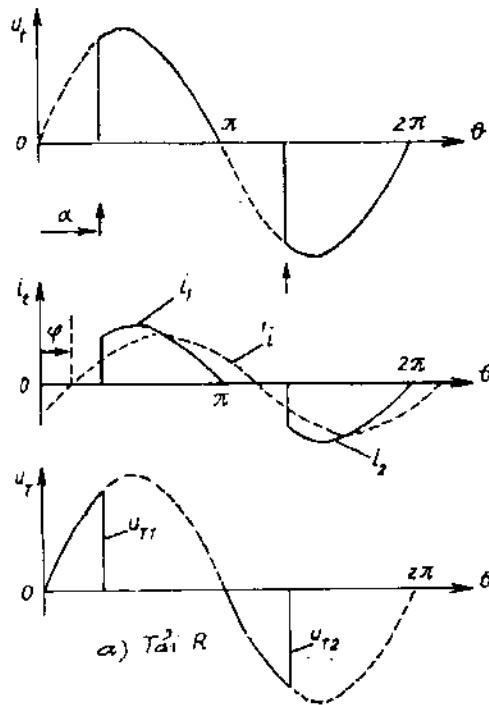
Dòng điện tải khi T_1 và T_2 dẫn dòng là:

$$i_t = \frac{\sqrt{2}U}{R} \sin \theta$$

Với: $\alpha \leq \theta \leq \pi$ và $\pi + \alpha \leq \theta \leq 2\pi$

Còn điện áp trên tải và trên các tiristor lúc này là $u_t = u$; $u_{T1} = u_{T2} = 0$ (các tiristor được coi là lý tưởng)

Khi các tiristor khoá ta có: $i_t = 0$; $u_t = 0$; $u_{T1} = u$; $u_{T2} = u$



Hình 4.2

Nhận xét:

Dòng điện trên tải không có dạng hình sin và không liên tục.

Khai triển chuỗi Furiê ta được thành phần sóng cơ bản i_1 chậm sau điện áp nguồn một góc φ . Như vậy ngay cả khi tải thuần trở nguồn vẫn phải cung cấp cho bộ biến đổi một công suất phản kháng Q.

Giá trị hiệu dụng điện áp trên tải:

$$U_t = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_a^\pi (\sqrt{2}U \sin \theta)^2 d\theta} = U \sqrt{\frac{2\pi - 2\alpha + \sin \alpha}{2\pi}}$$

Giá trị hiệu dụng dòng điện tải:

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

Công suất tác dụng cung cấp cho tải:

$$P_t = U_t I_t = \frac{U^2}{R} \left(\frac{2\pi - 2\alpha + \sin \alpha}{2\pi} \right)$$

Như vậy, khi thay đổi góc mở α của các tiristor từ 0 đến π ta sẽ biến đổi được giá trị hiệu dụng điện áp cấp cho tải từ U đến 0, công suất cấp cho tải thay đổi từ

$$P_t = U^2/R \text{ đến } P_t = 0.$$

3.2. Trường hợp tải thuần cảm (R = 0)

Trong nửa chu kỳ (-) của điện áp nguồn, tại thời điểm $\theta = \alpha$ ta cho xung mở T_1 thì T_1 dẫn dòng. Dòng điện qua tải: $i_t = i_{T1}$; phương trình của mạch điện lúc T_1 mở là:

$$\begin{aligned} u - u_t &= 0 \rightarrow u = u_t \rightarrow \sqrt{2} \bar{U} \sin \theta = L di_t / dt \\ \rightarrow \sqrt{2} U \sin \theta &= \omega L di_t / d\theta \text{ với } \theta = \omega t \rightarrow \end{aligned}$$

$$\frac{di_t}{d\theta} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \sin \theta$$

Giải phương trình này ta được:

$$i_t = -\frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \cos \theta + I_0$$

Hằng số tích phân I_0 được xác định từ điều kiện ban đầu là: Khi $\theta = \alpha$ thì $i_t = 0$, ta có:

$$0 = -\frac{\sqrt{2U}}{\omega L} \cos \alpha + I_0 \rightarrow I_0 = \frac{\sqrt{2U}}{\omega L} \cos \alpha$$

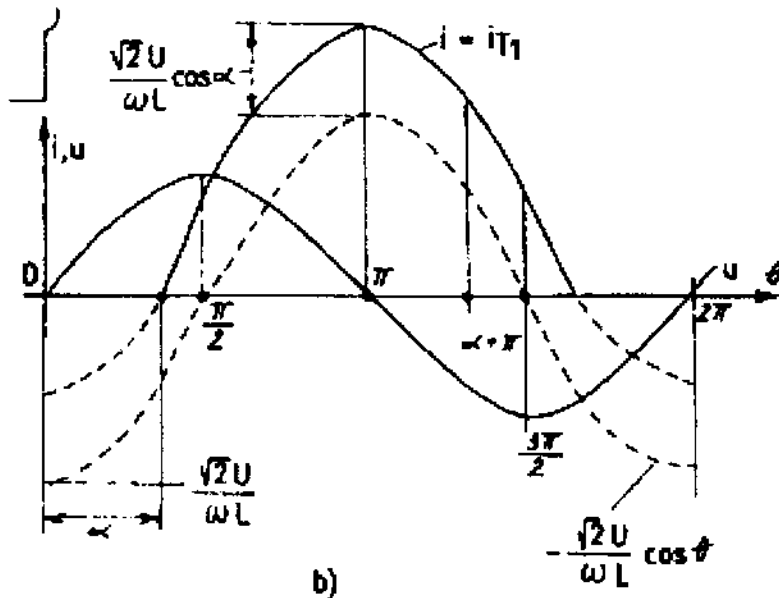
Biểu thức tổng quát của i_t là:

$$i_t = -\frac{\sqrt{2U}}{\omega L} \cos \theta + \frac{\sqrt{2U}}{\omega L} \cos \alpha$$

Do tải điện cảm nên năng lượng tích lũy trong cuộn cảm sẽ duy trì dòng điện qua T_1 khi điện áp nguồn $u = 0$. Ta chỉ có thể cho xung mở được T_2 khi $i_{T1} = 0$, vì khi $i_{T1} \neq 0$ điện thế đặt trên katốt T_2 (bằng điện thế trên anốt T_1) sẽ (+) hơn điện thế trên anốt T_2 (bằng điện thế katốt T_1)

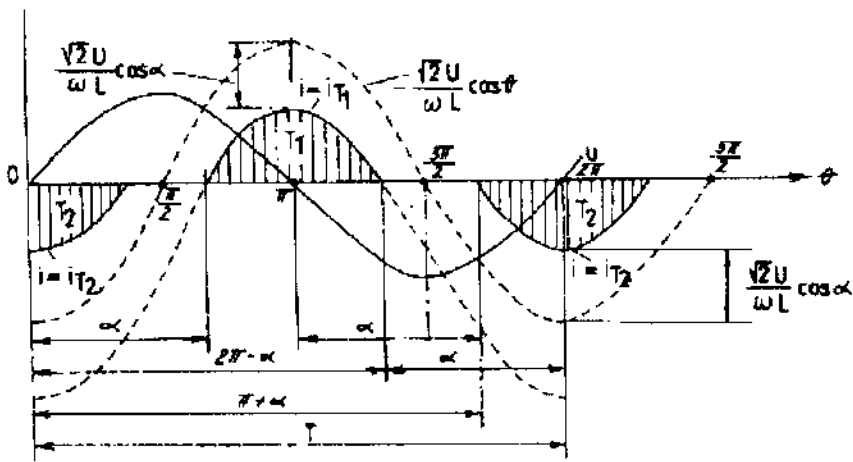
- Trường hợp $0 < \alpha < \pi/2$: Đồ thị dòng điện $i_t = i_{T1}$ như hình 4.3. (với $\cos \alpha > 0$).

Tại thời điểm tương ứng với $\theta = \pi + \alpha$ do dòng $i_{T1} \neq 0$ nên ta không thể mở T_2 được.



Hình 4.3

- Trường hợp $\pi/2 < \alpha < \pi$: Đồ thị i_{T1} , i_{T2} , u như hình 4.4 (với $\cos \alpha < 0$).



Hình 4.4

Vì $i_{T1} = 0$ từ trước thời điểm tương ứng với $\theta = 3\pi/2$ nên tại thời điểm tương ứng với $(\pi + \alpha) > 3\pi/2$ ta cho xung mở T_2 thì T_2 sẽ dẫn dòng.

+ Khi T_1 mở, biểu thức dòng điện qua tải là:

$$i_t = i_{T1} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

$$\text{với } \cos \alpha < 0$$

+ Khoảng thời gian dẫn dòng của T_1 xác định bằng cách giải phương trình:

Ta được: $\theta = \alpha$ và $\theta = 2\pi - \alpha$. Suy ra $i_{T1} \neq 0$ với $\alpha < \theta < 2\pi - \alpha$

- Như vậy, để sơ đồ làm việc được đầy đủ cả hai nửa chu kỳ của điện áp thì

$$i_t = i_{T1} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} (\cos \alpha - \cos \theta) = 0$$

góc mở α phải trong giới hạn $\pi/2 < \alpha < \pi$. Dòng tải là dòng gián đoạn do i_{T1} và i_{T2} tạo ra. Giá trị hiệu dụng của dòng tải là:

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} i^2 d\theta} = \frac{\sqrt{2}U}{\omega L} \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} (\cos \alpha - \cos \theta)^2 d\theta}$$

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

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

3.3. Trường hợp tải R-L:

Khi $\theta = \alpha$, tại nửa chu kỳ + của điện áp nguồn ta cho xung mở T_1 thì T_1 sẽ dẫn dòng (Hình 4.5). Dòng điện i_t được xác định từ phương trình mạch điện khi T_1 mở là:

$$L \frac{di_t}{dt} + Ri_t = \sqrt{2}U \sin(\theta + \alpha)$$

Nghiệm của phương trình này có dạng:

$$i_t = i_{xl} + i_{qd}$$

Trong đó: i_{xl} là dòng điện xác lập.

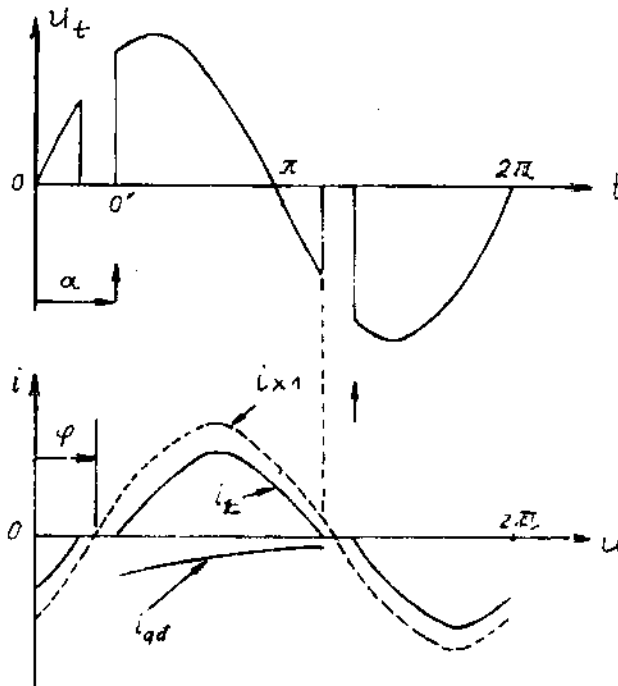
i_{qd} là dòng điện quá độ.

$$i_{xl} = \frac{U\sqrt{2}}{Z} \sin(\theta - \varphi)$$

$$i_{qd} = -\frac{U\sqrt{2}}{Z} \sin(\alpha - \varphi) e^{-\frac{\theta - \alpha}{\tau}}$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L}{R}$$



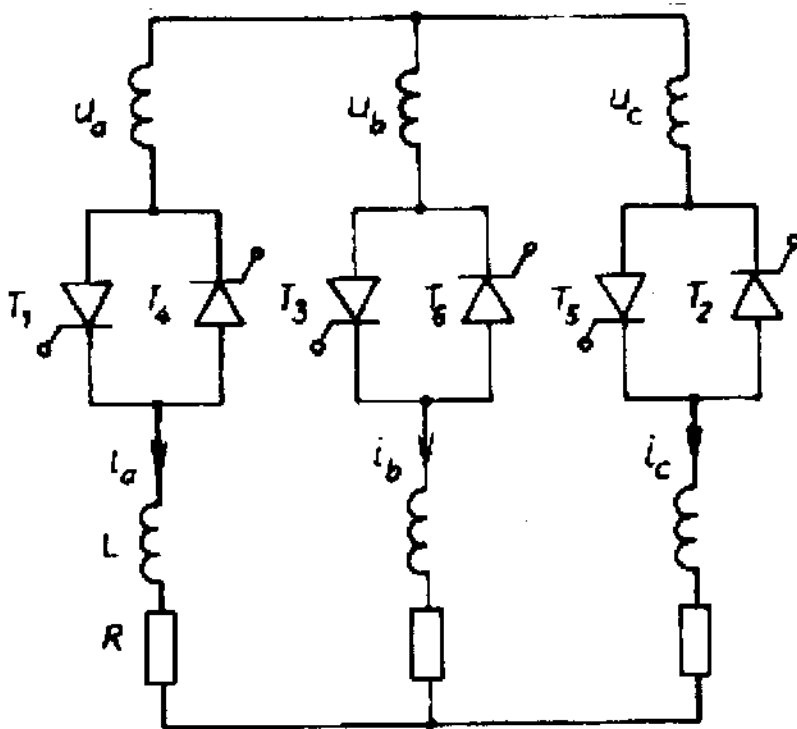
Hình 4.5

Người ta có thể biểu diễn cách biệt hai dòng điện i_{qd} , i_{xl} rồi suy ra dòng tải i_l như hình 4.5.

Khi $\alpha = \varphi$ thì $i_{qd} = 0$. T_2 phải được cấp xung mở sau khi T_1 đã được khoá, tức là $\alpha \geq \varphi$ nếu không T_2 không thể mở được.

II. ĐIỀU CHỈNH ĐIỆN ÁP XOAY CHIỀU BA PHA

1. Sơ đồ nguyên lý



Hình 4.6.

Sơ đồ gồm ba cặp tiristor đấu song song ngược, mỗi cặp được nối tiếp với một pha phụ tải. Mạch tải ba pha có thể đấu sao (Hình 4.6) hay tam giác (Hình 4.7.). Phụ tải có thể thuần trở hay trở kháng. Điện áp trên các pha phụ tải là: u_a , u_b , u_c .