

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Tín Hiệu và Hệ Thống

Bài 3: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

Đỗ Tú Anh

tuanhdo-ac@mail.hut.edu.vn

Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện

Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Tích chập

- Định nghĩa

$$f_1(t) * f_2(t) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau) f_2(t - \tau) d\tau$$

- Các tính chất của tích chập

- Giao hoán $f_1(t) * f_2(t) = f_2(t) * f_1(t)$

- Kết hợp $f_1(t) * [f_2(t) * f_3(t)] = [f_1(t) * f_2(t)] * f_3(t)$

- Phân phối $f_1(t) * [f_2(t) + f_3(t)] = f_1(t) * f_2(t) + f_1(t) * f_3(t)$

- Dịch Nếu $f_1(t) * f_2(t) = c(t)$ thì $f_1(t) * f_2(t - T) = c(t - T)$

và $f_1(t - T) * f_2(t) = c(t - T)$

- Nhân chập với xung dirac $f(t) * \delta(t) = f(t)$

Tính tích chập

▪ Phương pháp hình học

$$f_1(t) * f_2(t) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau) f_2(t - \tau) d\tau$$

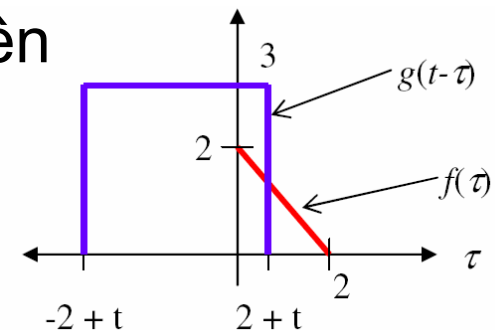
- Xoay một trong hai hàm quanh trục tung
- Dịch hàm đó đi t
- Nhân hàm đã được xoay và dịch đó với hàm còn lại
- Tính diện tích tạo bởi tích này với trục hoành
- Viết kết quả $f_1(t) * f_2(t)$ thành hàm của t

Tính tích chập-Ví dụ 1

- Tính tích chập của hai hàm sau



- Thay t bởi τ vào hai hàm $f(t)$ và $g(t)$
- Chọn **xoay** và **dịch** $g(\tau)$ bởi nó **đơn giản** và **đối xứng**
- Hai hàm chồng lên nhau như hình bên

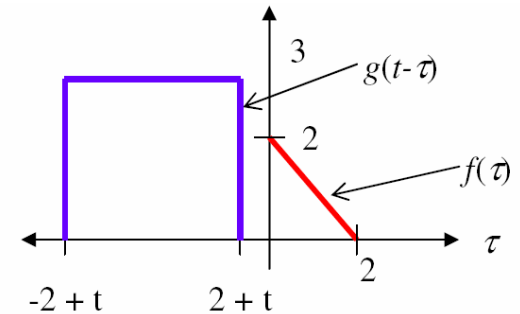


Tích tích chập-Ví dụ 1

- Tích chập được chia thành 5 phần

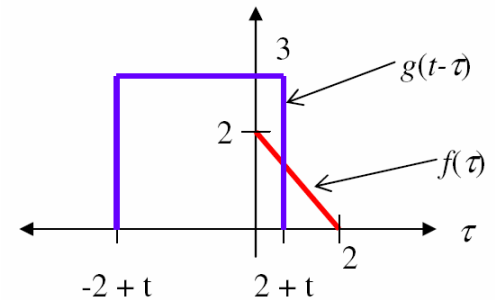
I. $t < -2$

- Hai hàm **không chồng** lên nhau
- Diện tích dưới tích của hai hàm bằng **0**



II. $-2 \leq t < 0$

- Một phần $g(t)$ chồng lên một phần $f(t)$
- Diện tích dưới tích của hai hàm này là



$$\int_0^{2+t} 3(-\tau + 2) d\tau = 3 \left(-\frac{\tau^2}{2} + 2\tau \right) \Big|_0^{2+t} = -\frac{3(2+t)^2}{2} + 6(2+t) = -\frac{3t^2}{2} + 6$$

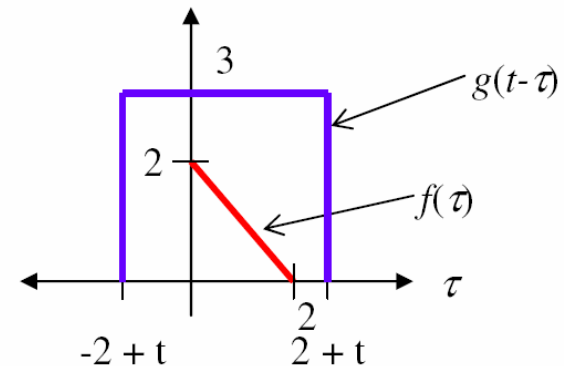
Tính tích chập-Ví dụ 1

III. $0 \leq t < 2$

- $g(t)$ chồng hoàn toàn với $f(t)$
- Diện tích dưới tích của hai hàm này

là

$$\int_0^2 3(-\tau + 2) d\tau = 3 \left(-\frac{\tau^2}{2} + 2\tau \right) \Big|_0^2 = 6$$

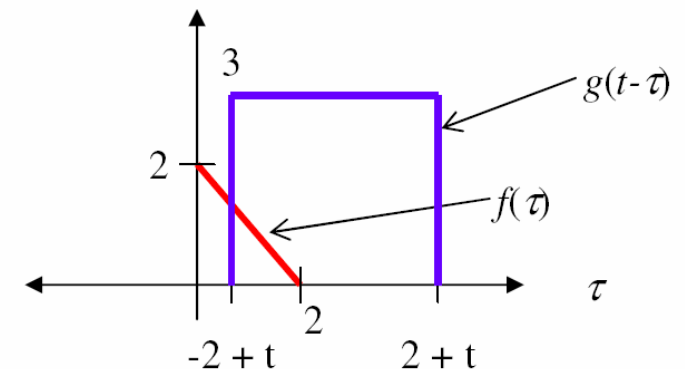


IV. $2 \leq t < 4$

- Một phần $g(t)$ và $f(t)$ chồng nhau
- Diện tích tính tương tự như trường hợp $-2 \leq t < 0$

V. $t \geq 4$

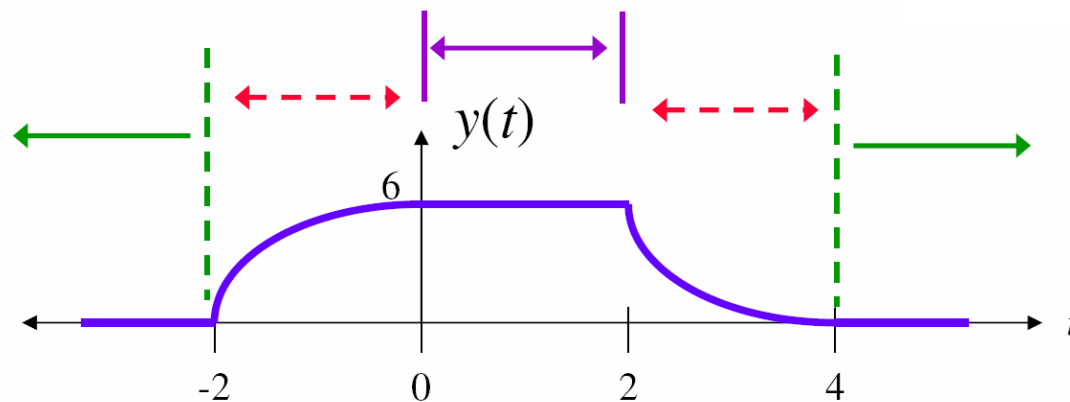
- $g(t)$ và $f(t)$ không chồng nhau
- Diện tích dưới tích của hai hàm bằng 0



Tích tích chập-Ví dụ 1

- Kết quả của tích chập (gồm 5 khoảng)

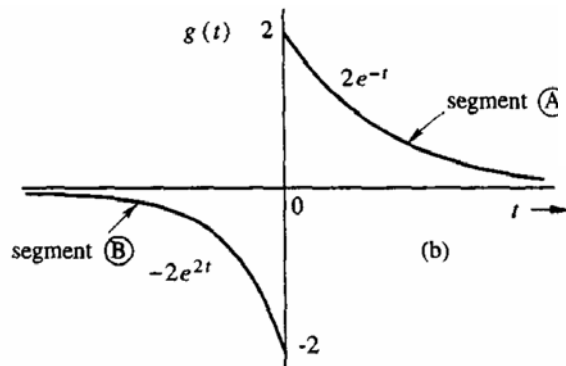
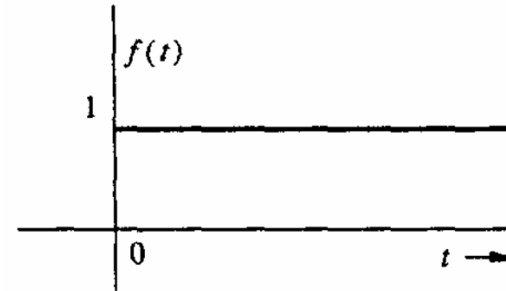
$$y(t) = f(t) * g(t) = \begin{cases} 0 & \text{với } t < -2 \\ -\frac{3}{2}t^2 + 6 & \text{với } -2 \leq t < 0 \\ 6 & \text{với } 0 \leq t < 2 \\ \frac{3}{2}t^2 - 12t + 24 & \text{với } 2 \leq t < 4 \\ 0 & \text{với } t \geq 4 \end{cases}$$



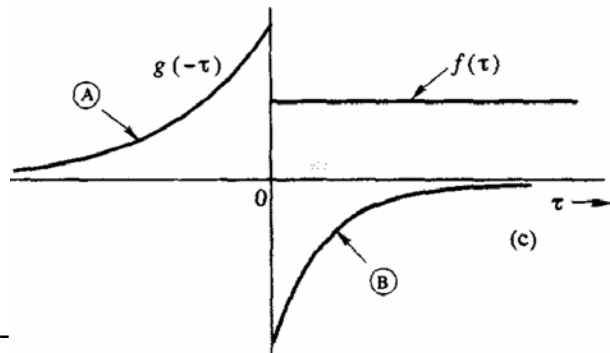
Tính tích chập-Ví dụ 2

- C2.4 (Lathi) - Example 2.7

$$c(t) = f(t) * g(t)$$



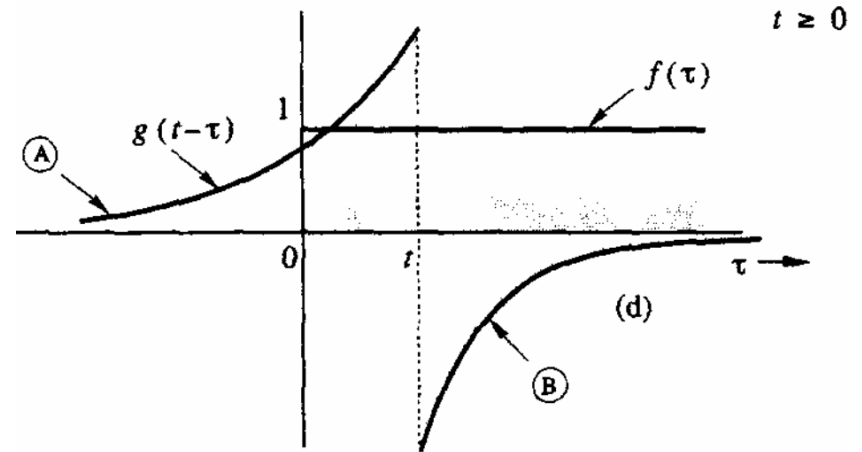
$$g(t) = \begin{cases} 2e^{-t} & \text{segment A} \\ -2e^{2t} & \text{segment B} \end{cases}$$



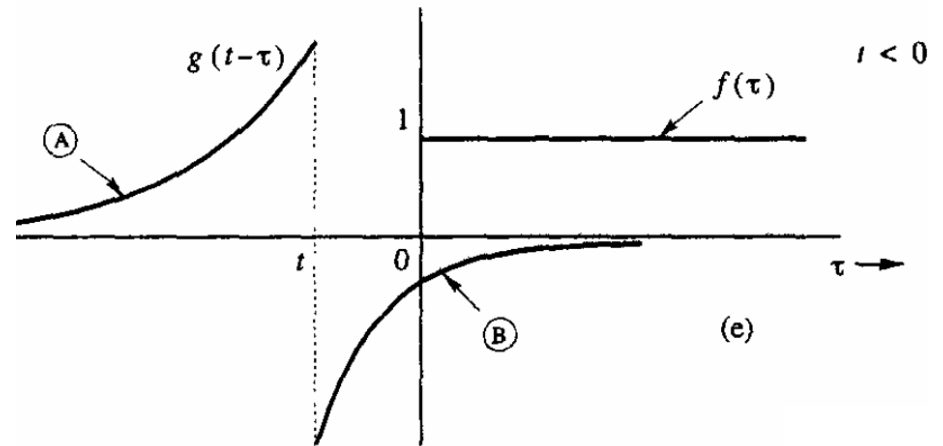
$$g(t - \tau) = \begin{cases} 2e^{-(t-\tau)} & \text{segment A} \\ -2e^{2(t-\tau)} & \text{segment B} \end{cases}$$

Tính tích chập-Ví dụ 2

$$\begin{aligned}
 c(t) &= \int_0^{\infty} f(\tau)g(t-\tau) d\tau \\
 &= \int_0^t 2e^{-(t-\tau)} d\tau + \int_t^{\infty} -2e^{2(t-\tau)} d\tau \\
 &= 2(1 - e^{-t}) - 1 \\
 &= 1 - 2e^{-t} \quad \underline{t \geq 0}
 \end{aligned}$$



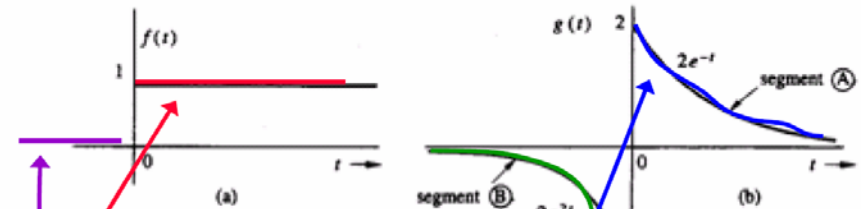
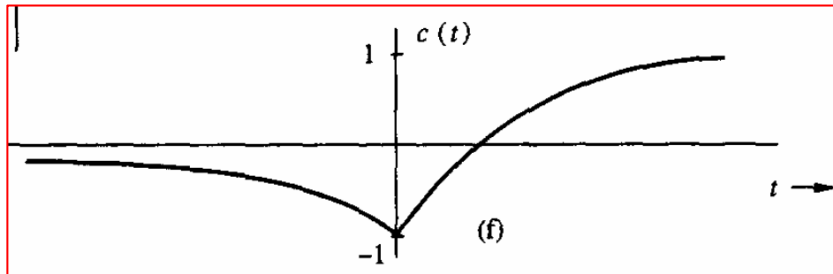
$$\begin{aligned}
 c(t) &= \int_0^{\infty} f(\tau)g(t-\tau) d\tau \\
 &= \int_0^{\infty} g(t-\tau) d\tau \\
 &= \int_0^{\infty} -2e^{2(t-\tau)} d\tau \\
 &= -e^{2t} \quad \underline{t < 0}
 \end{aligned}$$



Tính tích chập-Ví dụ 2

MATLAB

$$c(t) = \begin{cases} 1 - 2e^{-2t} & t \geq 0 \\ -e^{2t} & t < 0 \end{cases}$$



```
t1 = -10:0.01:0; t1 = t1';  
g1 = -2*exp(2*t1);  
t2 = 0:0.01:10; t2 = t2';  
g2 = 2*exp(-t2);  
t = [t1;t2]; g = [g1;g2];  
f = [zeros(size(g1));ones(size(g2))];  
c = 0.01 * conv(f, g);  
t = -20: 0.01:5 ; t = t';  
plot(t,c(1:length(t)))
```

TABLE 2.1: Convolution Table

No	$f_1(t)$	$f_2(t)$	$f_1(t) * f_2(t) = f_2(t) * f_1(t)$
1	$f(t)$	$\delta(t - T)$	$f(t - T)$
2	$e^{\lambda t} u(t)$	$u(t)$	$\frac{1 - e^{\lambda t}}{-\lambda} u(t)$
3	$u(t)$	$u(t)$	$tu(t)$
4	$e^{\lambda_1 t} u(t)$	$e^{\lambda_2 t} u(t)$	$\frac{e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}}{\lambda_1 - \lambda_2} u(t) \quad \lambda_1 \neq \lambda_2$
5	$e^{\lambda t} u(t)$	$e^{\lambda t} u(t)$	$te^{\lambda t} u(t)$
6	$te^{\lambda t} u(t)$	$e^{\lambda t} u(t)$	$\frac{1}{2} t^2 e^{\lambda t} u(t)$
7	$t^n u(t)$	$e^{\lambda t} u(t)$	$\frac{n! e^{\lambda t}}{\lambda^{n+1}} u(t) - \sum_{j=0}^n \frac{n! t^{n-j}}{\lambda^{j+1} (n-j)!} u(t)$
8	$t^m u(t)$	$t^n u(t)$	$\frac{m! n!}{(m+n+1)!} t^{m+n+1} u(t)$

9	$te^{\lambda_1 t}u(t)$	$e^{\lambda_2 t}u(t)$	$\frac{e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_1 t} + (\lambda_1 - \lambda_2)te^{\lambda_1 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)^2} u(t)$
10	$t^m e^{\lambda t}u(t)$	$t^n e^{\lambda t}u(t)$	$\frac{m!n!}{(n+m+1)!} t^{m+n+1} e^{\lambda t}u(t)$
11	$t^m e^{\lambda_1 t}u(t)$	$t^n e^{\lambda_2 t}u(t)$	$\sum_{j=0}^m \frac{(-1)^j m!(n+j)! t^{m-j} e^{\lambda_1 t}}{j!(m-j)!(\lambda_1 - \lambda_2)^{n+j+1}} u(t)$ $\lambda_1 \neq \lambda_2$ $+ \sum_{k=0}^n \frac{(-1)^k n!(m+k)! t^{n-k} e^{\lambda_2 t}}{k!(n-k)!(\lambda_2 - \lambda_1)^{m+k+1}} u(t)$
12	$e^{-\alpha t} \cos(\beta t + \theta)u(t)$	$e^{\lambda t}u(t)$	$\frac{\cos(\theta - \phi)e^{\lambda t} - e^{-\alpha t} \cos(\beta t + \theta - \phi)}{\sqrt{(\alpha + \lambda)^2 + \beta^2}} u(t)$ $\phi = \tan^{-1}[-\beta/(\alpha + \lambda)]$
13	$e^{\lambda_1 t}u(t)$	$e^{\lambda_2 t}u(-t)$	$\frac{e^{\lambda_1 t}u(t) + e^{\lambda_2 t}u(-t)}{\lambda_2 - \lambda_1} \text{Re } \lambda_2 > \text{Re } \lambda_1$
14	$e^{\lambda_1 t}u(-t)$	$e^{\lambda_2 t}u(-t)$	$\frac{e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}}{\lambda_2 - \lambda_1} u(-t)$

Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Xung Dirac

- Xung Dirac theo nghĩa hàm mở rộng

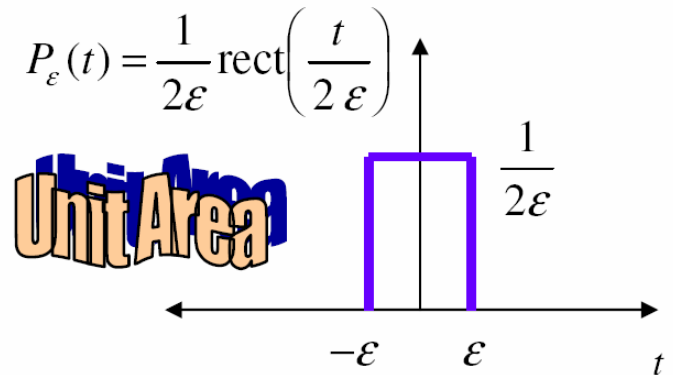
Diện tích bằng 1 $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$

T/c lấy mẫu $\int_{-\infty}^{\infty} g(t)\delta(t) dt = g(0)$

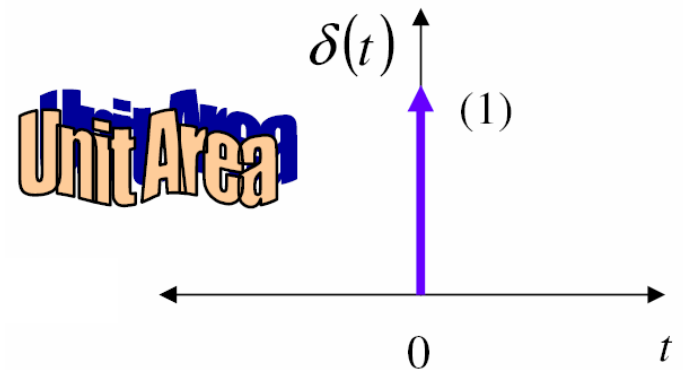
giả thiết $g(t)$ được **định nghĩa** tại $t=0$

T/c co giãn $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(at) dt = \frac{1}{|a|}$ if $a \neq 0$

- Chú ý $\delta(0)$ không được định nghĩa



$\delta(t) = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} P_\epsilon(t)$



Xung Dirac

$$\bullet \int_{-a}^a \delta(t-T) dt = \begin{cases} 1 & \text{if } -a < T < a \\ 0 & \text{if } T < -a \text{ or } T > a \end{cases}$$

$$\bullet \int_{-\infty}^1 \phi(t)\delta(t)dt = ?$$

$$\bullet \int_{-\infty}^{\infty} \phi(t)\delta(t-T)dt = ?$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t+T)\delta(t)dt = \phi(T)$$

$$\bullet \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) e^{-j\omega t} dt = 1$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-2) \cos\left(\frac{\pi t}{4}\right) dt = 0$$

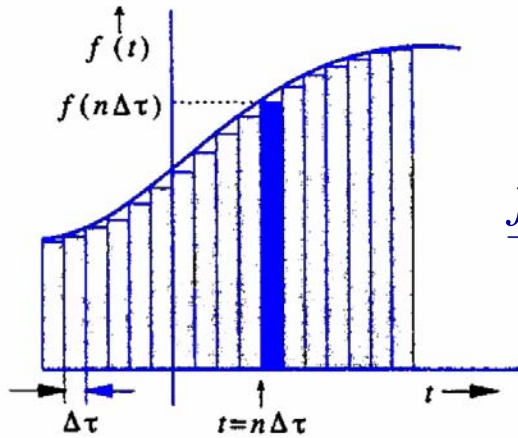
$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-2(x-t)} \delta(2-t) dt = e^{-2(x-2)}$$

$$\bullet \int_{-\infty}^0 \delta(t) dt = ?$$

$$\int_{-\infty}^{0^-} \delta(t) dt = 0$$

$$\int_{-\infty}^{0^+} \delta(t) dt = 1$$

Đáp ứng quá độ



$$\delta(t) \implies h(t) \longleftarrow \text{Đáp ứng xung}$$

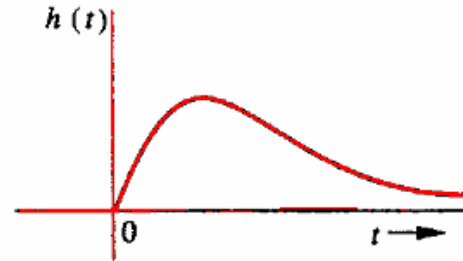
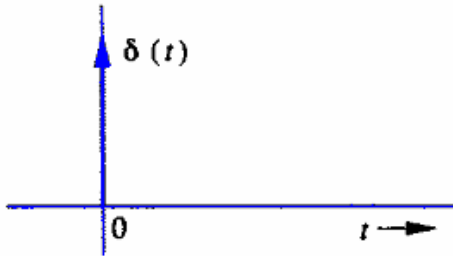
$$\delta(t - n\Delta\tau) \implies h(t - n\Delta\tau)$$

$$\underbrace{[f(n\Delta\tau)\Delta\tau]\delta(t - n\Delta\tau)}_{\text{đầu vào}} \implies \underbrace{[f(n\Delta\tau)\Delta\tau]h(t - n\Delta\tau)}_{\text{đầu ra}}$$

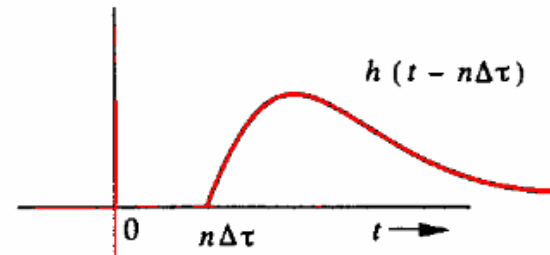
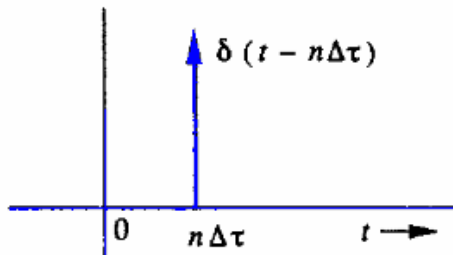
đầu vào

đầu ra

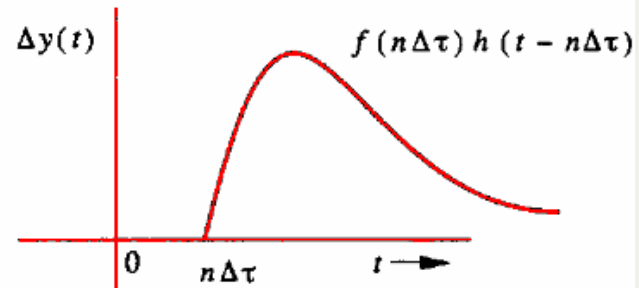
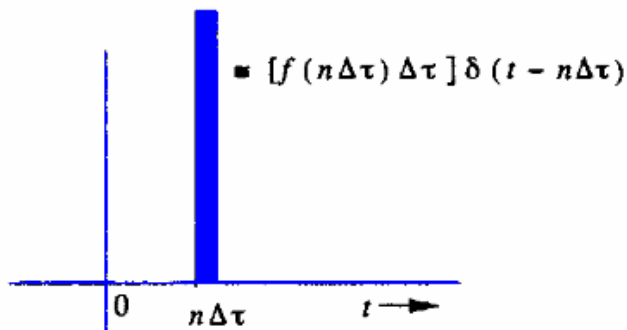
Đáp ứng quá độ



(b)

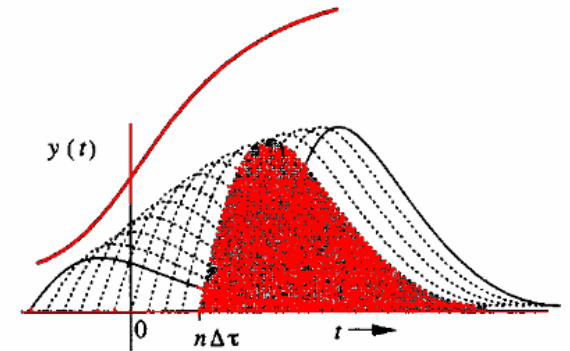
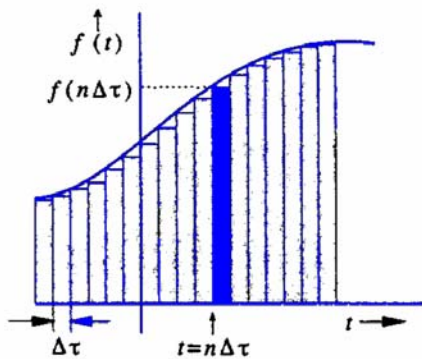


(c)



(d)

Đáp ứng quá độ



$$\lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n\Delta\tau) \delta(t - n\Delta\tau) \Delta\tau$$

Tín hiệu vào $f(t)$

$$\lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n\Delta\tau) h(t - n\Delta\tau) \Delta\tau$$

Tín hiệu ra $y(t)$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) \delta(t - \tau) d\tau \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) h(t - \tau) d\tau$$

$f(t)$ $y(t)$

Tích chập

Đáp ứng quá độ

$$y(t) = f(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)h(t - \tau) d\tau$$

- Tín hiệu ra của hệ thống LTI liên tục nào là tích chập của tín hiệu vào $f(t)$ với **đáp ứng xung $h(t)$** của hệ
- **Đáp ứng xung $h(t)$** mô tả đầy đủ các tính chất động học của hệ LTI
- Nhờ tính chất giao hoán nên đôi khi thuận tiện hơn khi sử dụng công thức

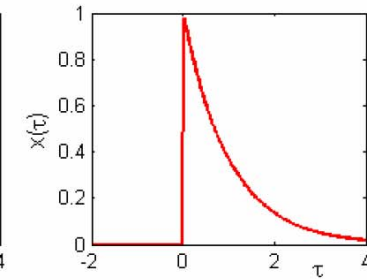
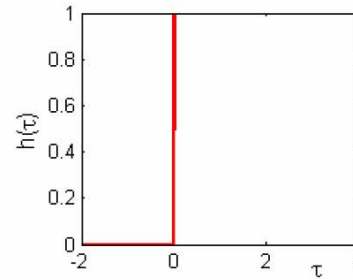
$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)f(t - \tau)d\tau$$

Đáp ứng quá độ-Ví dụ

- Let $x(t)$ be the input to a LTI system with **unit impulse response** $h(t)$:

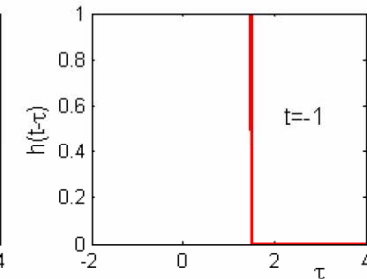
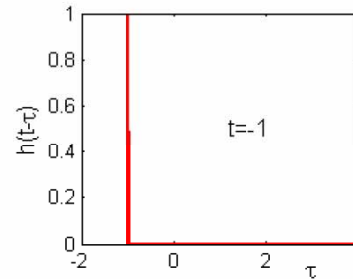
$$x(t) = e^{-at} u(t) \quad a > 0$$

$$h(t) = u(t)$$



- For $t > 0$:

$$x(\tau)h(t-\tau) = \begin{cases} e^{-a\tau} & 0 < \tau < t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

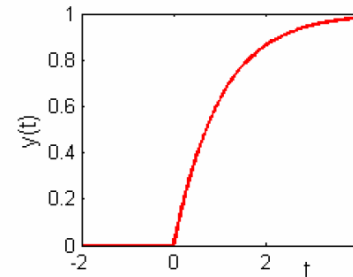


- We can compute $y(t)$ for $t > 0$:

$$\begin{aligned} y(t) &= \int_0^t e^{-a\tau} d\tau = -\frac{1}{a} e^{-a\tau} \Big|_0^t \\ &= \frac{1}{a} (1 - e^{-at}) \end{aligned}$$

- So for all t :

$$y(t) = \frac{1}{a} (1 - e^{-at}) u(t)$$



In this example
 $a = 1$

Đáp ứng quá độ-Ví dụ

- Tín hiệu vào là tổ hợp tuyến tính của các tín hiệu mũ phức

$$x(t) = \sum_k a_k e^{s_k t}$$

Hàm cơ sở

$$\phi_k(t) = e^{s_k t}$$

- Tín hiệu ra thành phần $\psi_k(t)$ tính bằng tích chập

$$\psi_k(t) = \phi_k(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) e^{s_k(t-\tau)} d\tau$$

$$= e^{s_k t} \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) e^{-s_k \tau} d\tau}_{H(s_k)} = H(s_k) e^{s_k t}$$

$H(s_k)$ ← Hệ số cơ giãn

- Tín hiệu ra tổng

$$y(t) = \sum_k a_k H(s_k) e^{s_k t}$$

Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Tính nhớ

- Hệ LTI liên tục không nhớ: Tín hiệu ra chỉ phụ thuộc vào tín hiệu vào ở cùng thời điểm

Do đó, chỉ có thể có dạng

$$y(t) = Kx(t)$$

K là hệ số khuếch đại

- Đáp ứng xung hệ không nhớ

$$h(t) = K\delta(t)$$

- Nếu $h(t_0) \neq 0$ với $t_0 \neq 0$, hệ là có nhớ

Tính nhân quả

- Hệ nhân quả: Đáp ứng không bao giờ có trước kích thích
Do đó, đáp ứng xung bằng 0 với các giá trị thời gian âm

$$h(t) = 0, \quad t < 0$$

- Tích chập có thể được tính đơn giản hơn như sau

$$y(t) = \int_0^{\infty} \underline{h(\tau)} \underline{x(t-\tau)} d\tau = \int_{-\infty}^t \underline{x(\tau)} \underline{h(t-\tau)} d\tau$$

- Cũng như vậy, có thể chọn phép toán dễ hơn (h hoặc x) để tính tích chập

Ghép nối tiếp

- Tín hiệu ra được tính theo

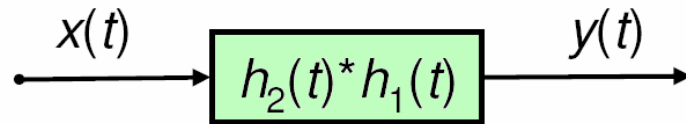
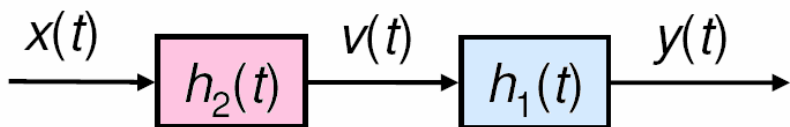
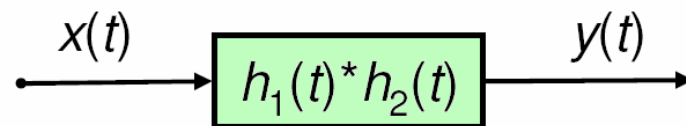
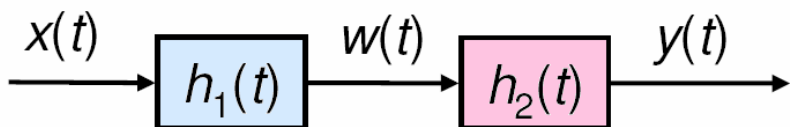
$$y(t) = w(t) * h_2(t) = [x(t) * h_1(t)] * h_2(t) = x(t) * [h_1(t) * h_2(t)]$$

$$y(t) = x(t) * [h_2(t) * h_1(t)] = [x_2(t) * h_2(t)] * h_1(t) = v(t) * h_1(t)$$

Tính chất kết hợp

Tính chất giao hoán

- Bốn sơ đồ sau là tương đương



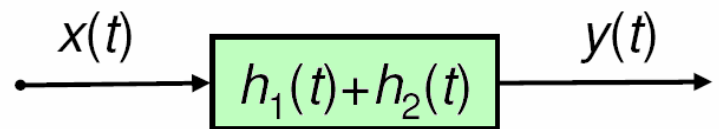
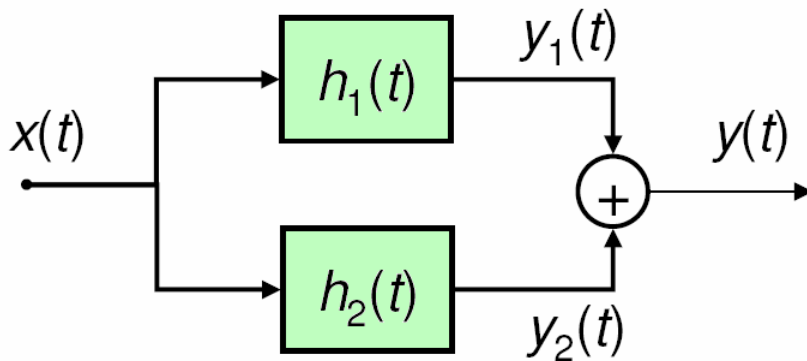
Ghép song song

- Tín hiệu ra được tính theo

$$y(t) = [x(t) * h_1(t)] + [x(t) * h_2(t)] = x(t) * [h_1(t) * h_2(t)]$$

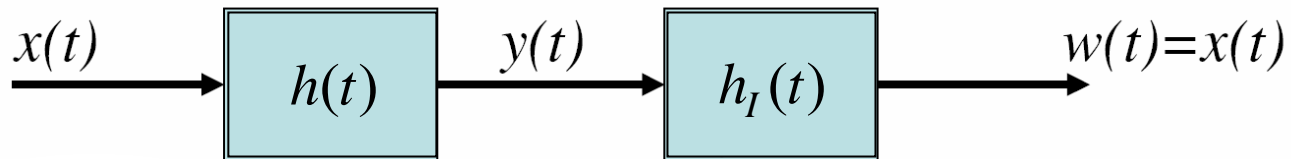
Tính chất phân phối

- Hai sơ đồ sau là tương đương



Tính khả nghịch đảo

- Nếu hệ thống là khả nghịch đảo, sẽ tồn tại hệ thống “nghịch đảo” để biến đổi tín hiệu ra của hệ ban đầu thành tín hiệu vào ban đầu



- Được sử dụng rộng rãi để
 - **điều khiển** các hệ thống thực, mục đích là tính toán tín hiệu điều khiển sao cho hệ thống có tín hiệu ra như mong muốn
 - **lọc** nhiễu ra khỏi các hệ thống thông tin, mục đích là để khôi phục tín hiệu $x(t)$ ban đầu
- Đáp ứng xung của hệ thống “nghịch đảo” phải thỏa mãn

$$h(t) * h_I(t) = \delta(t)$$

Tính ổn định

- Khái niệm **ổn định BIBO** (Bounded Input-Bounded Output)

Bất cứ tín hiệu vào nào bị chặn cũng tạo ra tín hiệu ra bị chặn

$$|x(t)| \leq B_1 \quad \Rightarrow \quad |y(t)| \leq B_2$$

- Tín hiệu ra theo công thức tích chập

$$|y(t)| = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)x(t-\tau)d\tau \right| \leq \int_{-\infty}^{\infty} |h(\tau)x(t-\tau)|d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} |h(\tau)||x(t-\tau)|d\tau$$

Do đó nếu $|x(t)| \leq B_1$ và $\int_{-\infty}^{\infty} |h(\tau)|d\tau = G < \infty$ thì $|y(t)| \leq B_1G = B_2$

Điều kiện cần và đủ

Đáp ứng bước nhảy

- Là đáp ứng của hệ thống khi tín hiệu vào là bước nhảy đơn vị



- Quan hệ giữa đáp ứng bước nhảy và đáp ứng xung

$$s(t) = h(t) * u(t)$$

$$s(t) = \int_{-\infty}^t h(\tau) d\tau \quad \Rightarrow \quad h(t) = \frac{ds(t)}{dt}$$

- Ví dụ $s(t) = [\cos \omega_0 t] u(t) \Rightarrow h(t) = ?$

Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Phương trình vi phân

- PTVP bậc n dạng tổng quát

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y(t) =$$
$$b_m \frac{d^m f}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} f}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{df}{dt} + b_0 f(t)$$

- Sử dụng toán tử D

$$Q(D)y(t) = P(D)f(t)$$

trong đó $Q(D)$ và $P(D)$ là các đa thức

$$Q(D) = D^n + a_{n-1}D^{n-1} + \cdots + a_1D + a_0$$

$$P(D) = b_mD^m + b_{m-1}D^{m-1} + \cdots + b_1D + b_0$$

Phương trình vi phân

- Đáp ứng của hệ thống

Đáp ứng tổng = đáp ứng đầu vào không + đáp ứng trạng thái không

$f(t) = 0$
bên trong

$f(t) \neq 0$
bên ngoài

- Đáp ứng với các sơ kiện: Đáp ứng đầu vào không

$$y_0(t) = c_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 e^{\lambda_2 t} + \dots + c_n e^{\lambda_n t}$$

trong đó $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ là nghiệm thực phân biệt của

$$Q(\lambda) = \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \dots + a_1 \lambda + a_0 = 0$$

← phương trình đặc trưng

Đáp ứng đầu vào không

▪ Ví dụ: Tìm **đáp ứng đầu vào không** $(D^2 + 3D + 2)y(t) = Df(t)$

▪ **Sơ kiện** $y_0(0) = \underline{0}$, $\dot{y}_0(0) = \underline{-5}$.

1. **Phương trình đặc tính** $\lambda^2 + 3\lambda + 2 = (\lambda + 1)(\lambda + 2) = 0$.

2. Nghiệm đặc tính là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -2$.

– Do đó $y_0(t) = c_1 e^{-t} + c_2 e^{-2t}$

3. Xác định c_1 và c_2 bằng cách **lấy đạo hàm**

$$\dot{y}_0(t) = -c_1 e^{-t} - 2c_2 e^{-2t}$$

4. Thay thế sơ kiện $0 = c_1 + c_2$ và $-5 = -c_1 - 2c_2$

– Giải được $c_1 = -5$, $c_2 = 5$

5. Vậy $y_0(t) = -5e^{-t} + 5e^{-2t}$ $t \geq 0$. ← **Đáp ứng đầu vào không**

▪ Chú ý: Trong MATLAB sử dụng “**dsolve**”

Đáp ứng xung $h(t)$

- PTVP bậc n dạng tổng quát

$$Q(D)y(t) = P(D)f(t)$$

- Với $n=m$

$$(D^n + a_{n-1}D^{n-1} + \dots + a_1D + a_0)y(t) = (b_nD^n + b_{n-1}D^{n-1} + \dots + b_1D + b_0)f(t)$$

- Đáp ứng xung

$$h(t) = A_0\delta(t) + \text{các chế độ đặc trưng} \quad t \geq 0$$

Đáp ứng xung $h(t)$

B. P. Lathi

$$h(t) = b_n \delta(t) + [P(D)y_n(t)]u(t)$$

- b_n là hệ số của thành phần **bậc n** trong $P(D)$
- $y_n(t)$ là tổ hợp tuyến tính của các chế độ đặc trưng của hệ với các **sơ kiện**

$$y_n^{(n-1)}(0) = 1, \quad \text{và} \quad y_n(0) = \dot{y}_n(0) = \ddot{y}_n(0) = \dots = y_n^{(n-2)}(0)$$

$$n = 1 : y_n(0) = 1$$

$$n = 2 : y_n(0) = 0 \quad \text{and} \quad \dot{y}_n(0) = 1$$

$$n = 3 : y_n(0) = \dot{y}_n(0) = 0 \quad \text{and} \quad \ddot{y}_n(0) = 1$$

$$n = 4 : y_n(0) = \dot{y}_n(0) = \ddot{y}_n(0) = 0 \quad \text{and} \quad \dddot{y}_n(0) = 1$$

Đáp ứng xung $h(t)$

▪ Ví dụ: Tìm **đáp ứng xung** $(D^2 + 3D + 2)y(t) = Df(t)$

▪ **Sơ kiện** $\dot{y}_n(0) = \underline{1}$ và $y_n(0) = \underline{0}$

1. **Phương trình đặc tính** $\lambda^2 + 3\lambda + 2 = (\lambda + 1)(\lambda + 2) = 0$

2. Nghiệm đặc tính là $\lambda_1 = -1$ và $\lambda_2 = -2$

– Do đó $y_n(t) = c_1 e^{-t} + c_2 e^{-2t}$

3. Xác định c_1 và c_2 bằng cách **lấy đạo hàm**

$$\dot{y}_n(t) = -c_1 e^{-t} - 2c_2 e^{-2t}$$

4. Thay thế sơ kiện $0 = c_1 + c_2$ và $1 = -c_1 - 2c_2$

– Giải được $c_1 = 1$ và $c_2 = -1$

5. Vậy $y_n(t) = e^{-t} - e^{-2t}$

$$h(t) = b_n \delta(t) + [P(D)y_n(t)]u(t) = (-e^{-t} + 2e^{-2t})u(t) \quad \leftarrow \text{Đáp ứng xung}$$

Đáp ứng trạng thái không

- Ví dụ: Tìm **đáp ứng với đầu vào** $f(t) = 10e^{-3t}u(t)$

$$(D^2 + 3D + 2)y(t) = Df(t)$$

- Tất cả các **sơ kiện bằng 0**

- Đã có $h(t) = (2e^{-2t} - e^{-t})u(t)$

- Đáp ứng $y(t) = f(t) * h(t) = 10e^{-3t}u(t) * [2e^{-2t} - e^{-t}]u(t)$

- Sử dụng **tính chất phân phối** của tích chập

$$y(t) = 10e^{-3t}u(t) * 2e^{-2t}u(t) - 10e^{-3t}u(t) * e^{-t}u(t)$$

$$= 20 [e^{-3t}u(t) * e^{-2t}u(t)] - 10 [e^{-3t}u(t) * e^{-t}u(t)]$$

- Sử dụng **bảng tích chập**

$$y(t) = \frac{20}{-3 - (-2)} [e^{-3t} - e^{-2t}]u(t) - \frac{10}{-3 - (-1)} [e^{-3t} - e^{-t}]u(t)$$

$$= -20 (e^{-3t} - e^{-2t})u(t) + 5 (e^{-3t} - e^{-t})u(t)$$

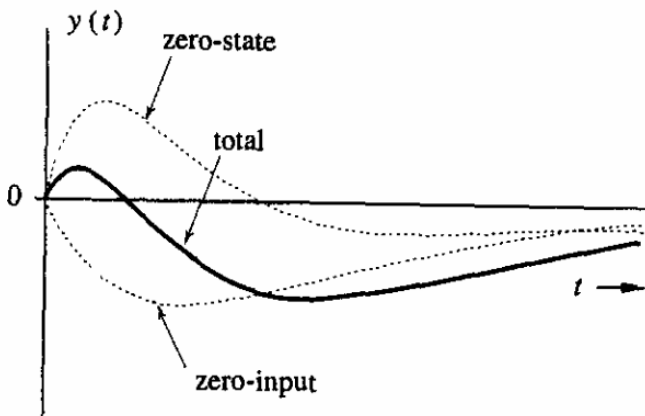
$$= (-5e^{-t} + 20e^{-2t} - 15e^{-3t})u(t) \quad \leftarrow \text{Đáp ứng trạng thái không}$$

Đáp ứng tổng của hệ thống

$$\text{Đáp ứng tổng} = \underbrace{\sum_{j=1}^n c_j e^{\lambda_j t}}_{\text{thành phần đầu vào không}} + \underbrace{f(t) * h(t)}_{\text{thành phần trạng thái không}}$$

■ Ví dụ:

$$\text{Đáp ứng tổng} = \underbrace{(-5e^{-t} + 5e^{-2t})}_{\text{Tp đầu vào không}} + \underbrace{(-5e^{-t} + 20e^{-2t} - 15e^{-3t})}_{\text{Tp trạng thái không}} \quad t \geq 0$$



(a)

Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Sơ đồ khối

▪ Hiện thực hóa

– Ví dụ: Phương trình vi phân cấp 1

$$\frac{dy(t)}{dt} + ay(t) = bx(t)$$

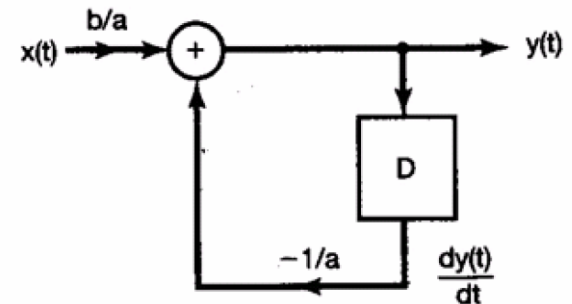
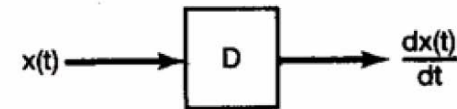
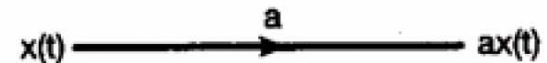
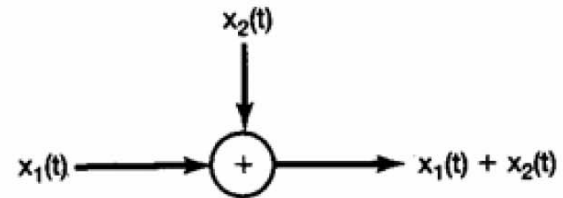
– Các toán tử

- Cộng
- Nhân với một hệ số, và
- Vi phân

– Viết lại thành

$$y(t) = -\frac{1}{a} \frac{dy(t)}{dt} + \frac{b}{a} x(t)$$

– NHƯNG: Các bộ vi phân **khó được thực hiện** và rất nhạy cảm với nhiễu



Sơ đồ khối

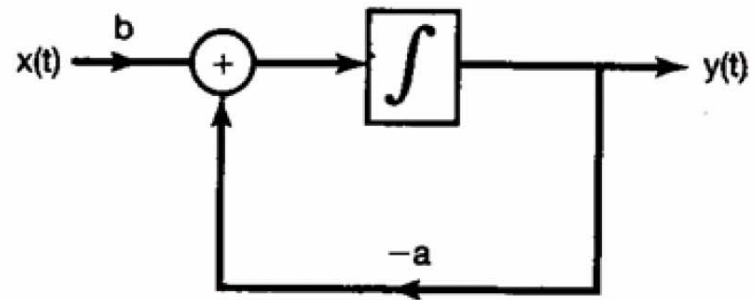
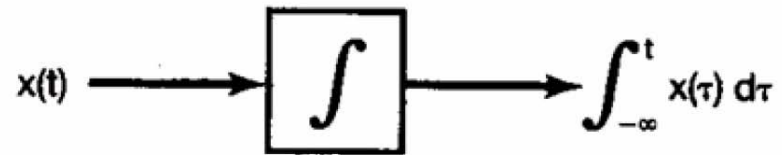
- Hiện thực hóa

— Ví dụ: Phương trình vi phân cấp 1

$$\boxed{\frac{dy(t)}{dt} + ay(t) = bx(t)} \longrightarrow \frac{dy(t)}{dt} = bx(t) - ay(t)$$

- Sử dụng một bộ tích phân
- Cần biểu diễn thành

$$y(t) = \int_{-\infty}^t [bx(\tau) - ay(\tau)] d\tau$$



Chương 2: Biểu diễn tín hiệu và hệ thống trên miền thời gian

2.1 Các hệ thống LTI liên tục

2.1.1 Tích chập

2.1.2 Đáp ứng quá độ

2.1.3 Các tính chất

2.1.4 Phương trình vi phân

2.1.4 Sơ đồ khối

2.2 Các hệ thống LTI gián đoạn

Tự học

Chương 1

CÁC HỆ THỨC VÀ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Các khái niệm cơ bản

Giá trị trung bình của đại lượng i :

$$I_{AV} = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} i(t) dt$$

Hoặc:

$$I_{AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i(t) d(\omega t)$$

Các khái niệm cơ bản

Công suất tức thời:

$$p(t) = v(t).i(t)$$

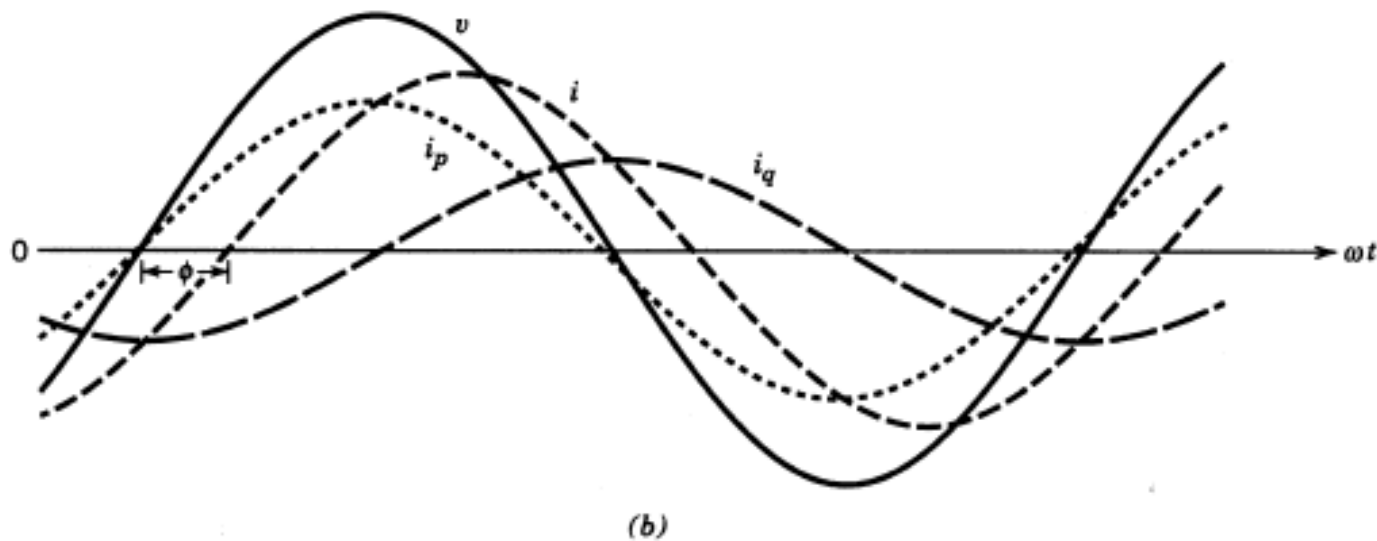
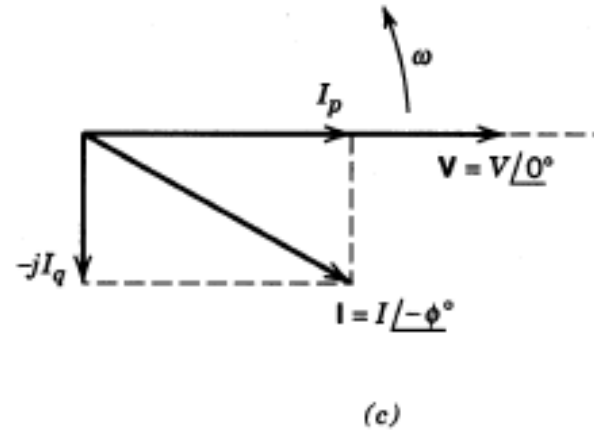
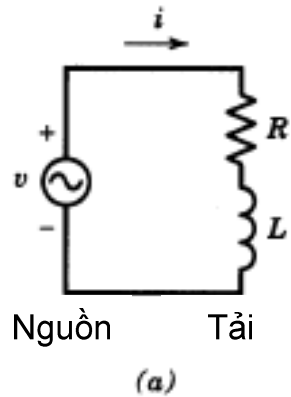
Công suất trung bình:

$$P_{AV} = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} p(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} p(t) d(\omega t)$$

Trị hiệu dụng:

$$I = I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i^2(t) d(\omega t)}$$

Mạch một pha với dòng, áp dạng sin



Mạch một pha với dòng, áp dạng sin và ở chế độ xác lập

Mạch một pha với dòng, áp dạng sin

$$v = \sqrt{2}V \cos \omega t$$

$$i = \sqrt{2}I \cos \omega t$$

$$\mathbf{V} = V e^{j0}$$

$$\mathbf{I} = I e^{-j\Phi}$$

Công suất phức (*complex power*):

$$\mathbf{S} = \mathbf{V}\mathbf{I}^* = VI e^{j\Phi} = S e^{j\Phi} = P + jQ$$

Công suất biểu kiến (*apparent power*):

$$S = VI$$

Công suất thực:

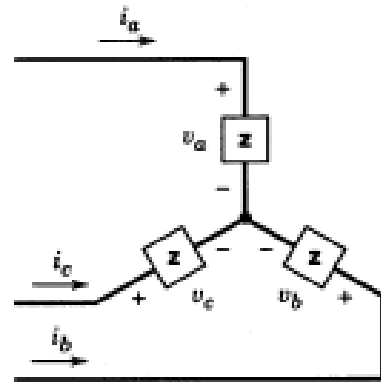
$$P = \operatorname{Re}[\mathbf{S}] = VI \cos \Phi$$

Công suất phản kháng (*reactive power*):

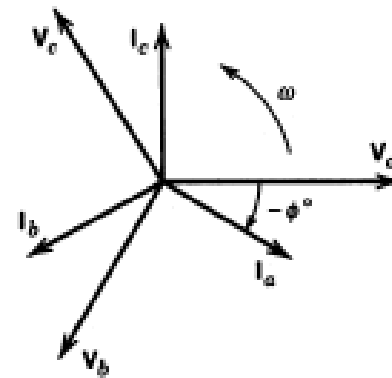
$$Q = \operatorname{Im}[\mathbf{S}] = VI \sin \Phi$$

Hệ số công suất (*power factor*): $PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{VI} = \cos \Phi$

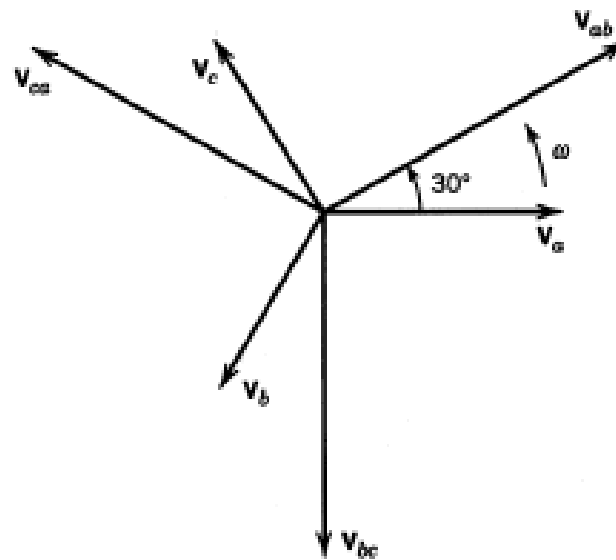
Mạch ba pha cân bằng (dòng, áp dạng sin)



(a)



(b)



(c)

Mạch 3 pha với dòng, áp dạng sin và ở chế độ xác lập

Mạch ba pha cân bằng (dòng, áp dạng sin)

Thứ tự pha: a-b-c:

$$\mathbf{I}_a = \frac{\mathbf{V}_a}{\mathbf{Z}} = \frac{V e^{j0}}{Z e^{j\Phi}} = \frac{V}{Z} e^{-j\Phi} = I e^{-j\Phi}$$

$$\mathbf{I}_b = \mathbf{I}_a e^{-j2\pi/3} = I e^{-j(\Phi+2\pi/3)}$$

$$\mathbf{I}_c = \mathbf{I}_a e^{j2\pi/3} = I e^{-j(\Phi-2\pi/3)}$$

Liên hệ giữa điện áp pha và điện áp dây:

$$V_{LL} = \sqrt{3}V$$

Mạch ba pha cân bằng (dòng, áp dạng sin)

Công suất trên 1 pha:

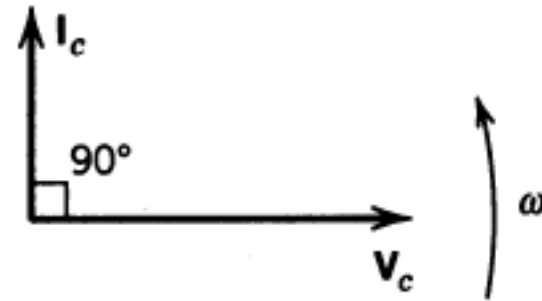
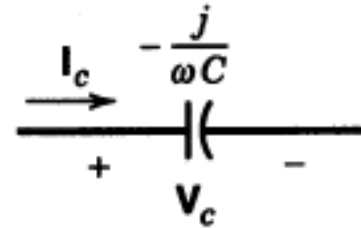
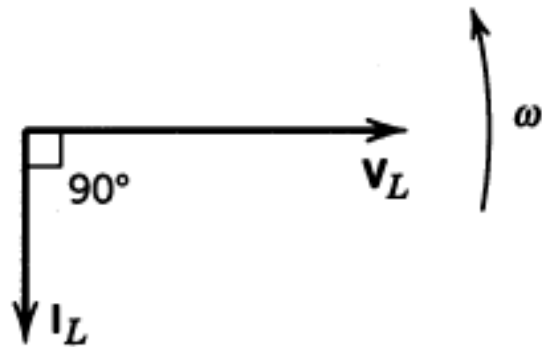
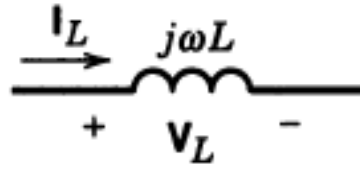
$$S_{phase} = VI \quad \text{và} \quad P_{phase} = VI \cos \Phi$$

Với mạch 3 pha cân bằng, công suất tổng trên 3 pha tính bởi:

$$S_{3-phase} = 3S_{phase} = 3VI = \sqrt{3}V_{LL}I$$

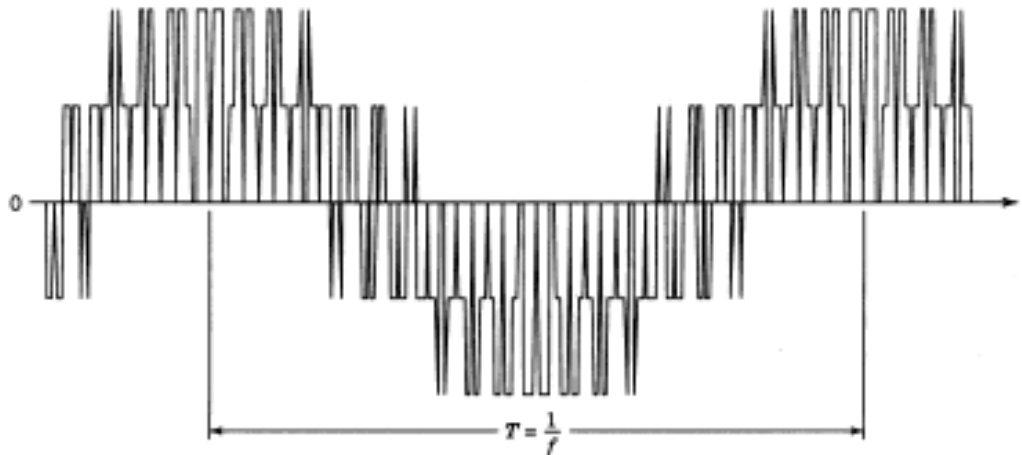
$$P_{3-phase} = 3P_{phase} = 3VI \cos \Phi = \sqrt{3}V_{LL}I \cos \Phi$$

Cuộn dây L – Tụ điện C

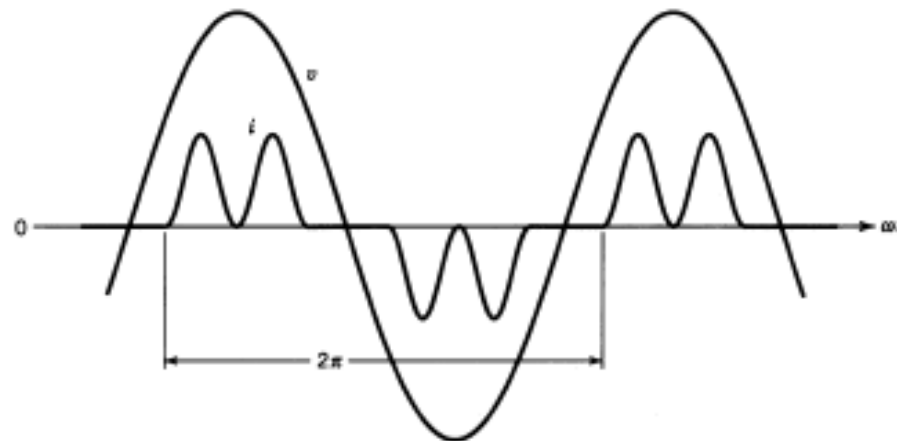


Chế độ xác lập với dòng, áp không sin

Ví dụ: Dạng sóng điện áp ngõ ra và dạng sóng dòng-áp ngõ vào của một bộ biến tần 3-pha kiểu điều rộng xung (PWM) điển hình.



a. Điện áp (pha) ngõ ra của bộ biến tần

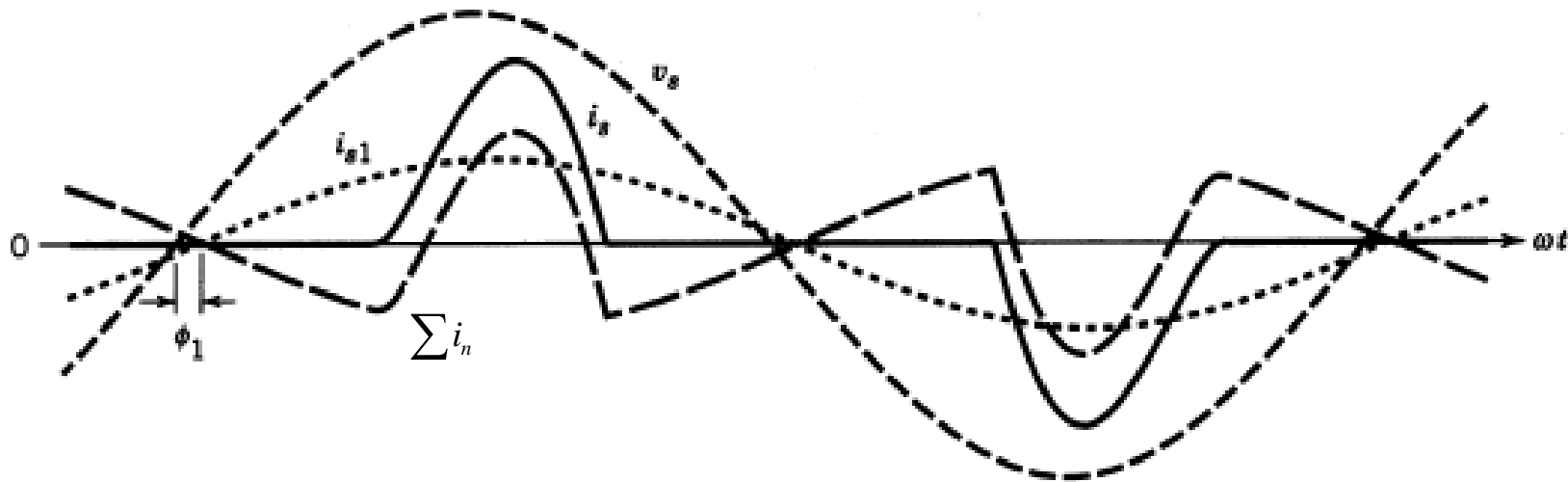


b. Điện áp và dòng ngõ vào của bộ biến tần

Dạng sóng điển hình của một bộ biến tần 3 pha

Phân tích Fourier

- Phân tích Fourier
- Hệ số méo dạng (%THD)
- Hệ số công suất



Dòng và áp ngõ vào của bộ chỉnh lưu một pha có tụ lọc ở ngõ ra

Phân tích Fourier

Đại lượng $f(t)$ tuần hoàn, không sin, biến thiên có chu kỳ có thể triển khai thành tổng các đại lượng sin theo hệ thức:

$$f(t) = F_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t) = F_{AV} + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \sin(n\omega t) + B_n \cos(n\omega t))$$

Với:

$$F_{AV} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) d(\omega t)$$

$$A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(n\omega t) d(\omega t), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(n\omega t) d(\omega t), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Phân tích Fourier

Thành phần sóng hài bậc n : $f_n(t) = A_n \sin(n\omega t) + B_n \cos(n\omega t)$

Sóng hài bậc n có thể biểu diễn qua giá trị hiệu dụng và dưới dạng:

$$\mathbf{F}_n = F_n e^{j\varphi_n}$$

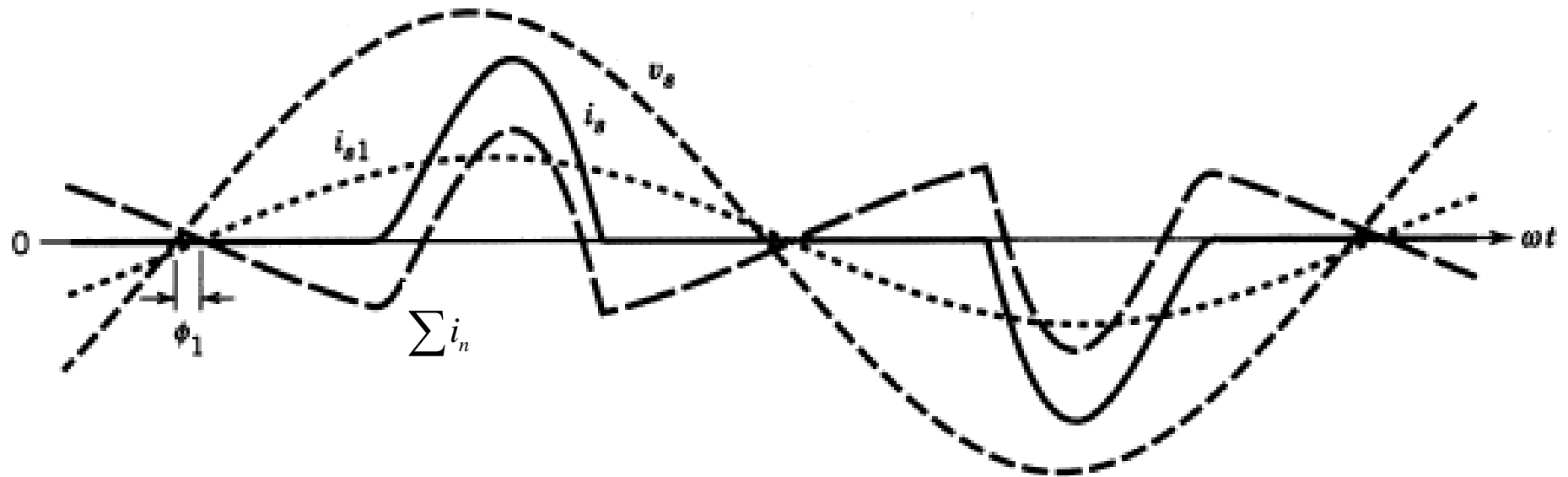
$$F_n = \frac{\sqrt{A_n^2 + B_n^2}}{\sqrt{2}}$$

$$\varphi_n = \arctan\left(\frac{B_n}{A_n}\right)$$

Trị trung bình của $f(t)$: F_{AV}

Trị hiệu dụng của $f(t)$: $F = F_{RMS} = \sqrt{F_{AV}^2 + \sum_1^{\infty} F_n^2}$

Méo dạng do sóng hài



Dòng và áp ngõ vào của bộ chỉnh lưu một pha có tụ lọc ở ngõ ra

Méo dạng do sóng hài

Dòng ngõ vào $i_s(t)$ qua phân tích Fourier:

$$i_s(t) = i_1 + \sum_{n \neq 1}^{\infty} i_n$$

Hệ số méo dạng (distortion factor - DF):

$$DF = \frac{I_1}{I}$$

Độ méo dạng tổng do hài (Total harmonic distortion – THD):

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n \neq 1}^{\infty} I_n^2}}{I_1}$$

Chương 2

CÁC LINH KIỆN BÁN DẪN

Lĩnh vực ứng dụng của ĐTCS

1. Các thiết bị gia dụng

- Tủ lạnh, tủ đông
- Gia nhiệt, sưởi
- Hệ thống điều hòa không khí
- Lò nấu
- Chiếu sáng
- Các thiết bị điện tử dân dụng (TV, máy tính, các thiết bị nghe nhìn, giải trí...)

2. Trang thiết bị cho cao ốc

- Các hệ thống sưởi, thông gió, điều hòa
- Hệ thống điều hòa trung tâm
- Máy tính và các thiết bị văn phòng
- UPS (Uninterruptible Power Supply)
- Thang máy

3. Công nghiệp

- Bơm
- Máy nén
- Quạt gió
- Máy công cụ
- Lò nấu hồ quang, Lò nấu cảm ứng
- Gia nhiệt cảm ứng (tôi cao tần...)
- Máy hàn điện

4. Giao thông vận tải

- Điều khiển động cơ xe hơi điện
- Nạp acquy xe hơi điện
- Các hệ thống tàu điện, tàu điện ngầm

5. Hệ thống điện

- Truyền tải điện DC cao áp (HVDC)
- Bộ bù tĩnh
- Hệ thống máy phát dùng nguồn năng lượng tái sinh (renewable energy): năng lượng mặt trời, năng lượng gió...
- Các hệ thống tích trữ năng lượng (energy storage systems)

6. Hàng không

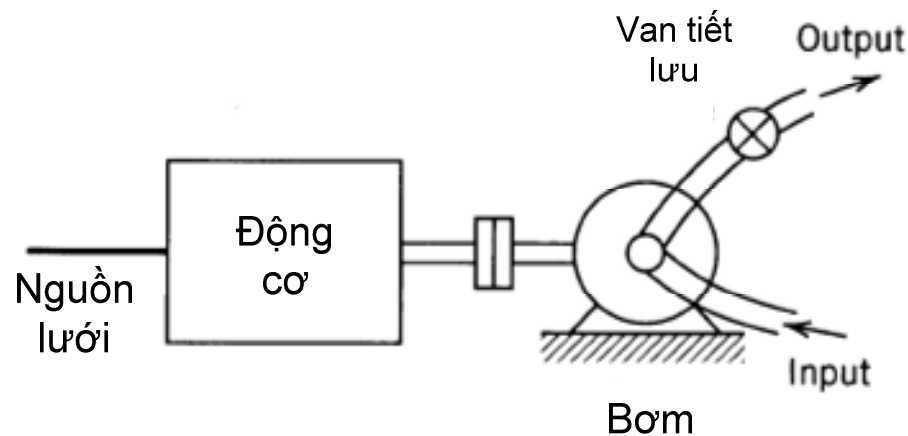
- Hệ thống điện tàu con thoi
- Hệ thống điện của các vệ tinh
- Hệ thống điện máy bay

7. Viễn thông

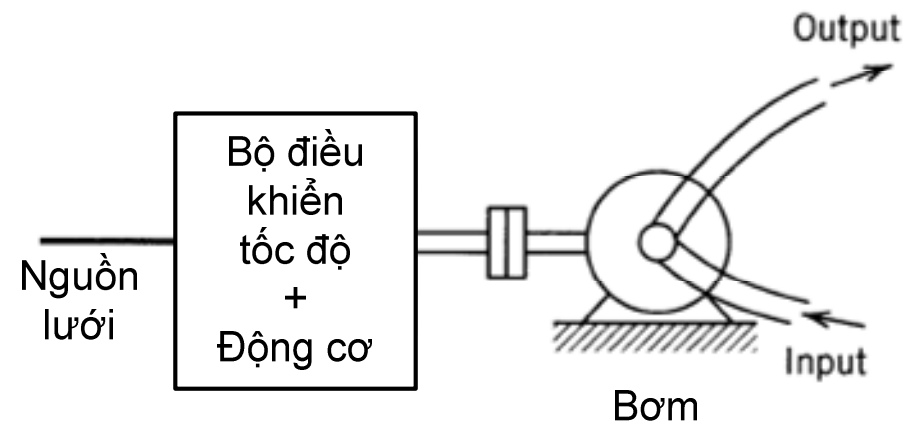
- Bộ nạp bình acquy
- Bộ nguồn (DC, UPS)

Ví dụ ứng dụng của bộ biến đổi ĐTCS

- Ứng dụng các bộ biến đổi ĐTCS giúp tiết kiệm năng lượng, nâng cao chất lượng đáp ứng của thiết bị.



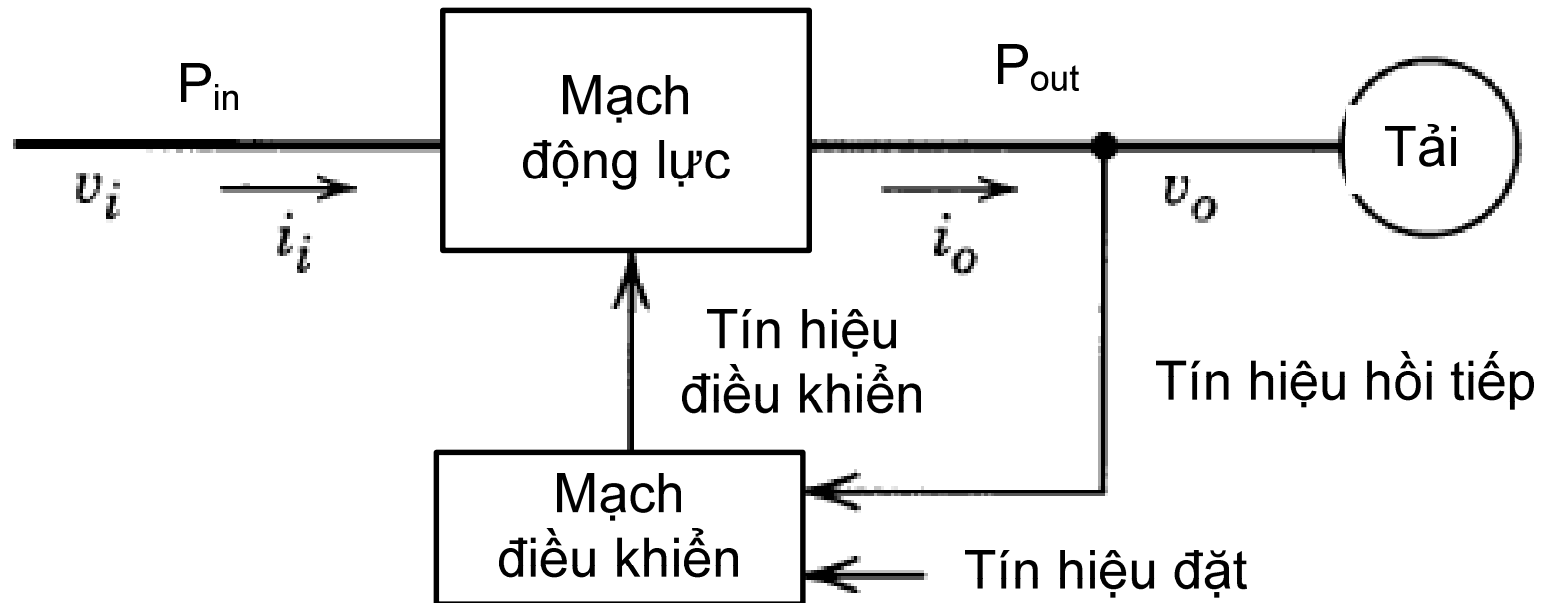
a. Hệ thống bơm kiểu truyền thống



b. Hệ thống bơm có điều chỉnh tốc độ

Tiết kiệm năng lượng tiêu thụ của hệ thống bơm khi điều chỉnh lưu lượng bằng bộ điều khiển tốc độ động cơ thay cho van tiết lưu

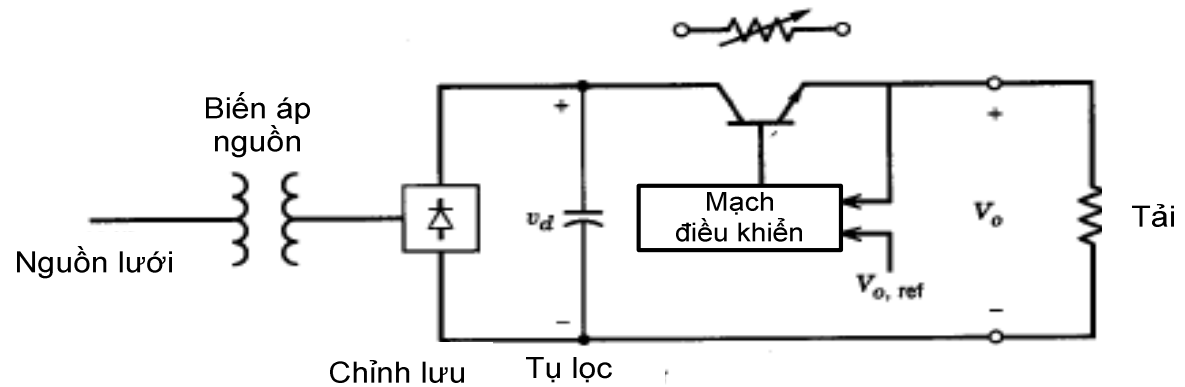
Sơ đồ khối Bộ biến đổi



Lưu ý là các mạch ĐTCS hoạt động theo chế độ đóng-ngắt (switch-mode), khác với các mạch điện tử hoạt động ở chế độ tuyến tính (linear mode) → Hiệu suất mạch ĐTCS cao hơn mạch điện tử chế độ tuyến tính.

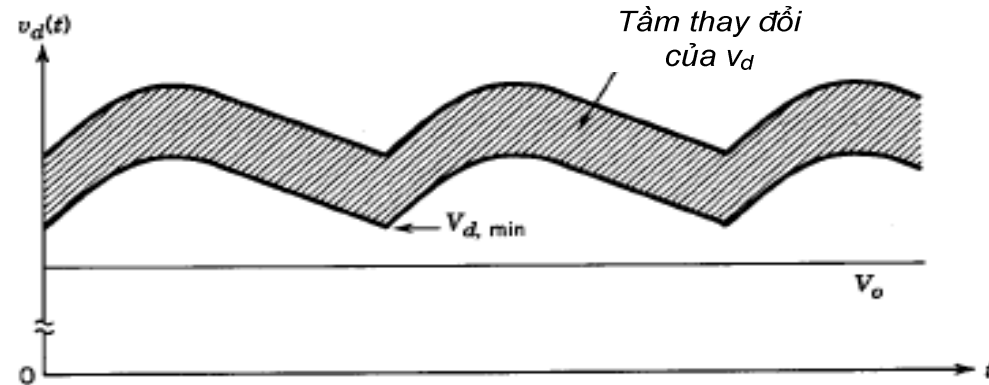
Bộ ổn áp tuyến tính

- Transistor công suất được điều khiển hoạt động tương tự như một điện trở biến đổi



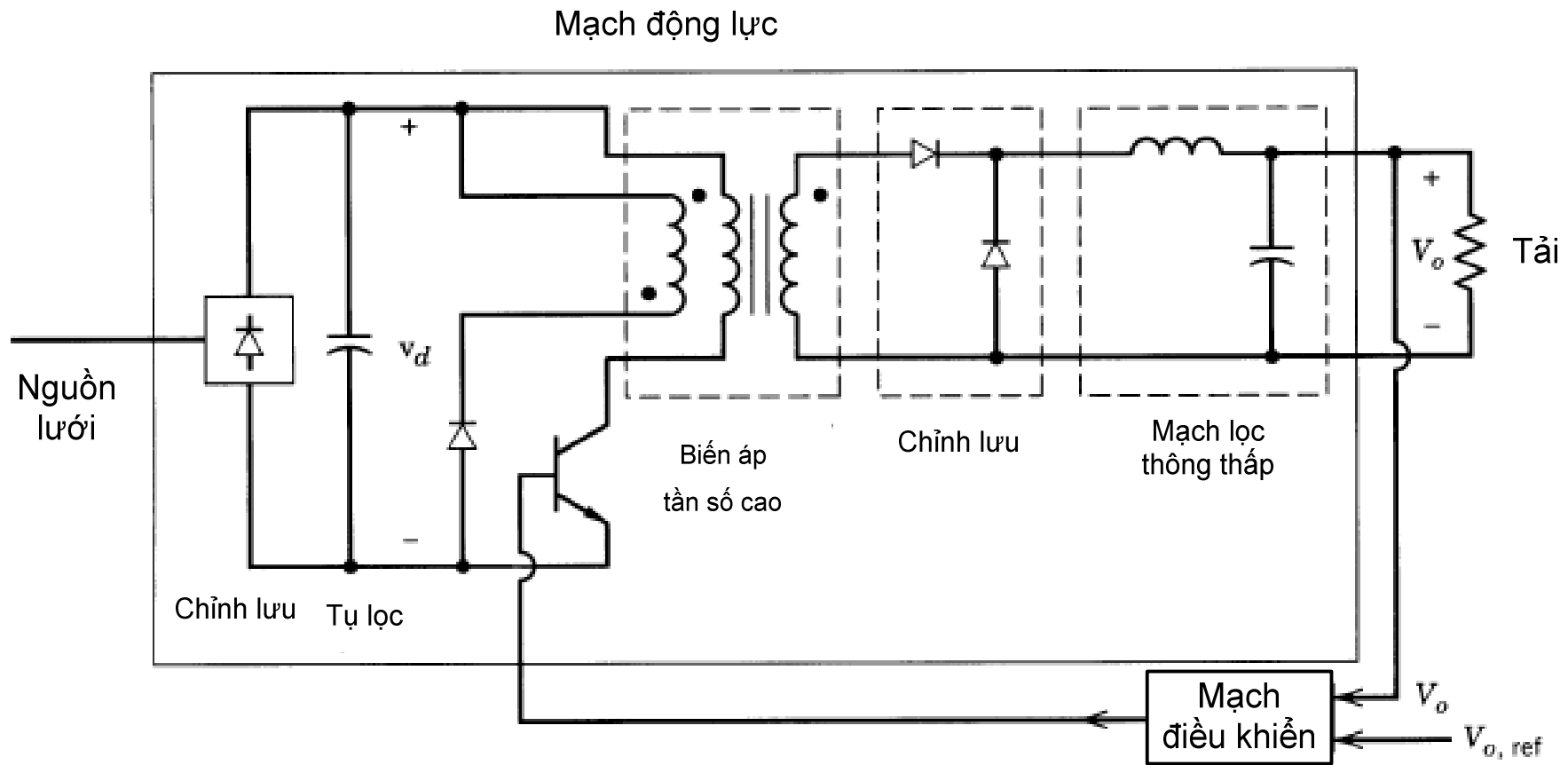
a. Sơ đồ nguyên lý

- Mạch có hiệu suất thấp và công kênh



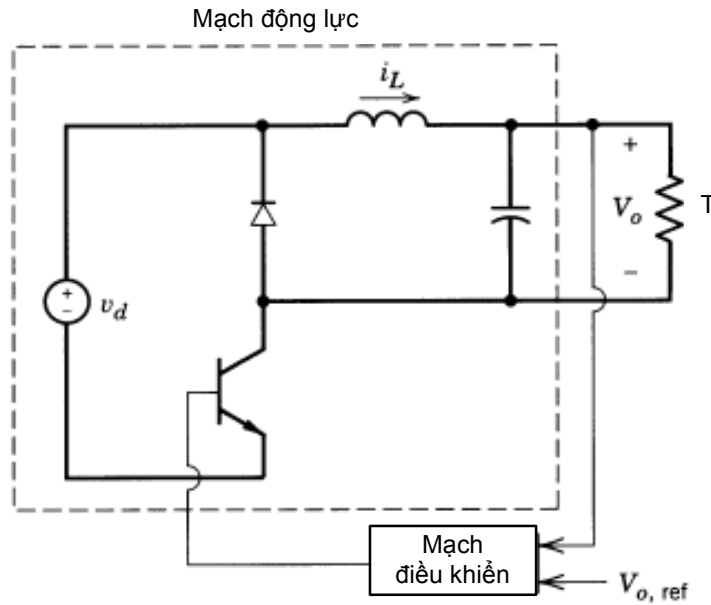
b. Dạng sóng điện áp ngõ vào v_d và ngõ ra V_o

Bộ ổn áp xung

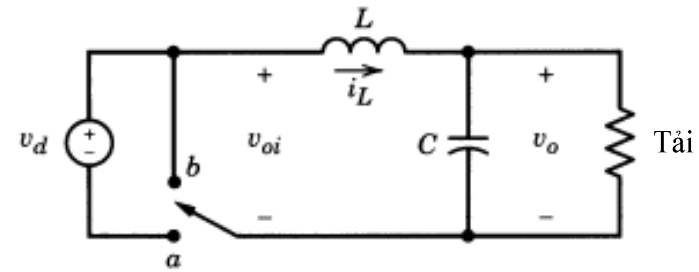


a. Sơ đồ nguyên lý bộ ổn áp xung

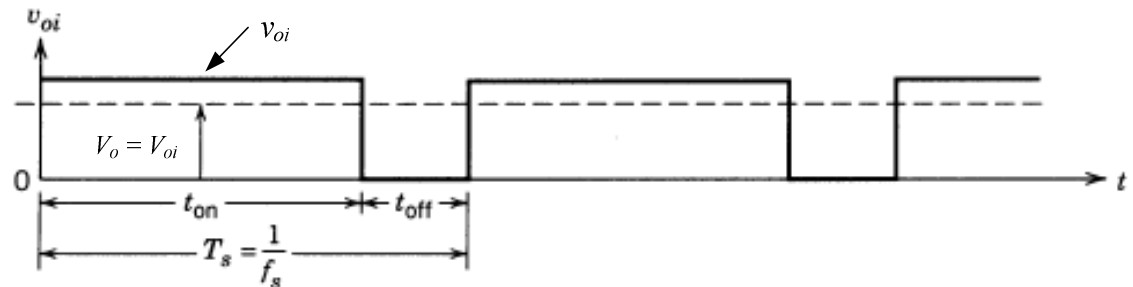
Bộ ổn áp xung



b. Mạch tương đương của bộ ổn áp xung



(a)



(b)

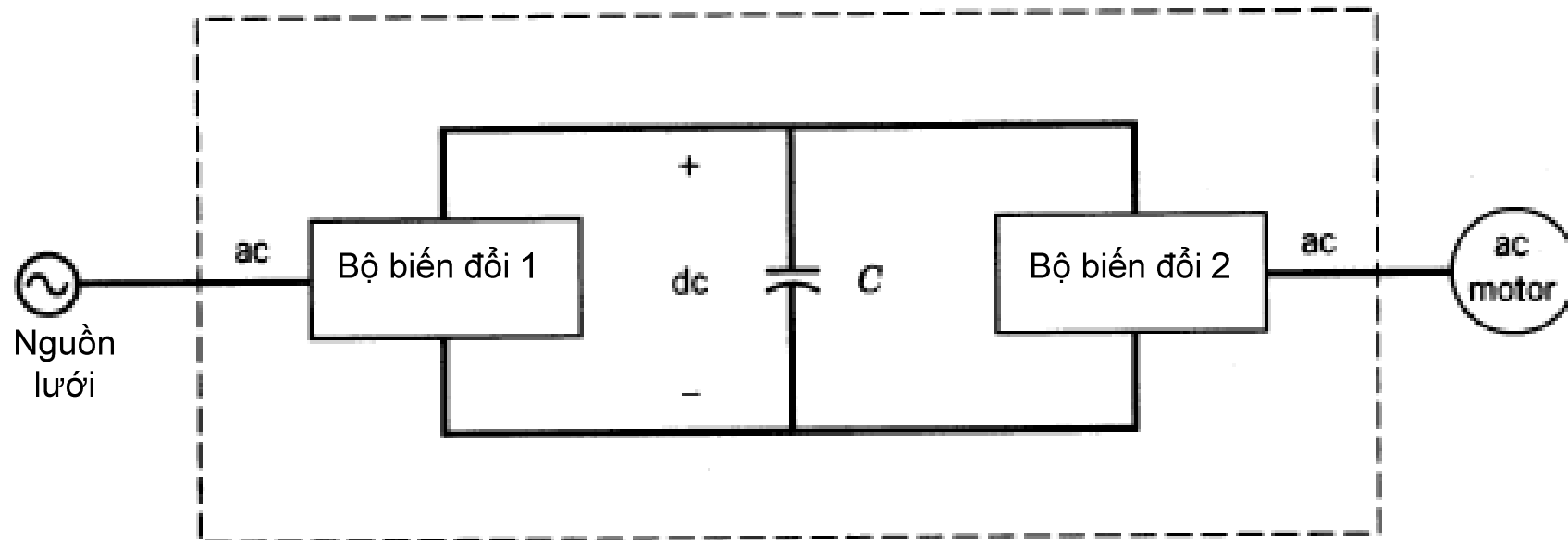
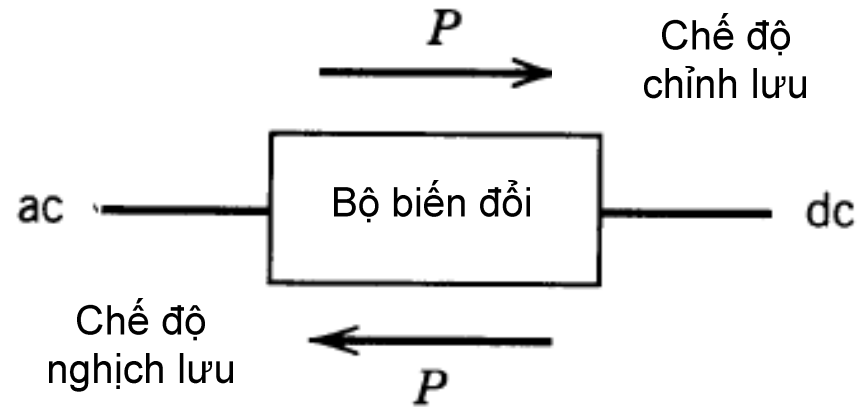
c. Điện áp ngõ ra của bộ ổn áp xung

Transistor hoạt động như một khóa đóng ngắt → hiệu suất cao

Biến áp, mạch lọc hoạt động ở tần số cao → kích thước nhỏ

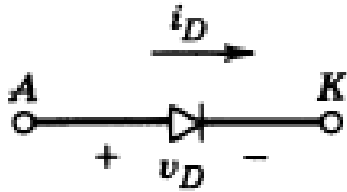
Điện áp ngõ ra thay đổi bằng cách điều khiển độ rộng xung (tỉ lệ t_{on}/T_s)

Chế độ hoạt động của BBD

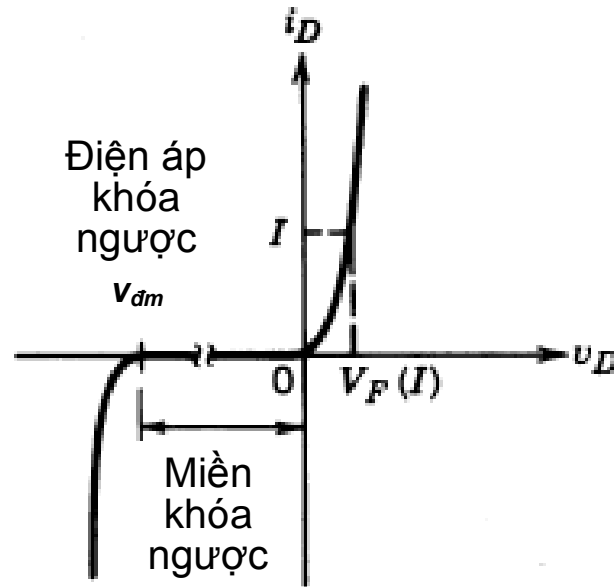


Giới thiệu các linh kiện ĐTCS thông dụng

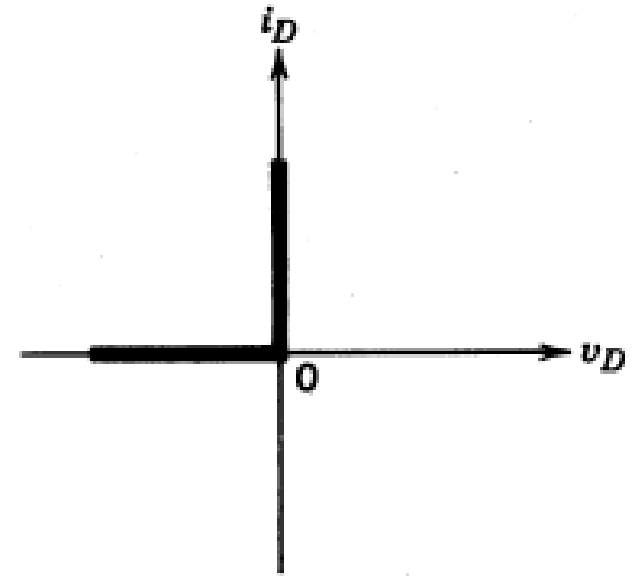
Diode



a. Ký hiệu

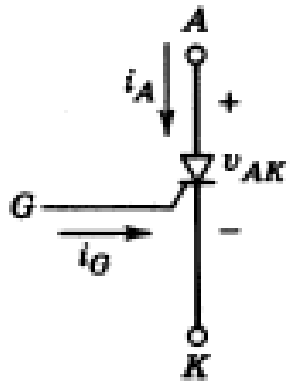


b. Đặc tuyến

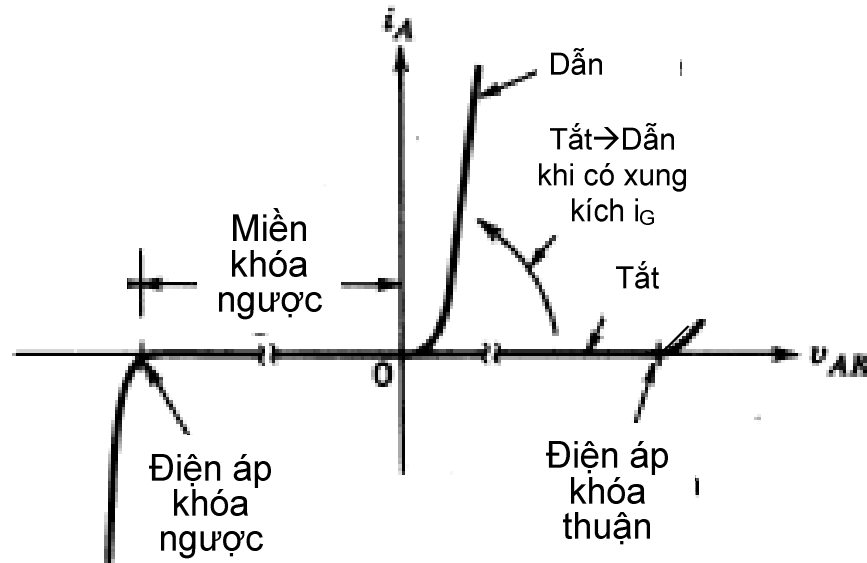


c. Đặc tuyến lý tưởng

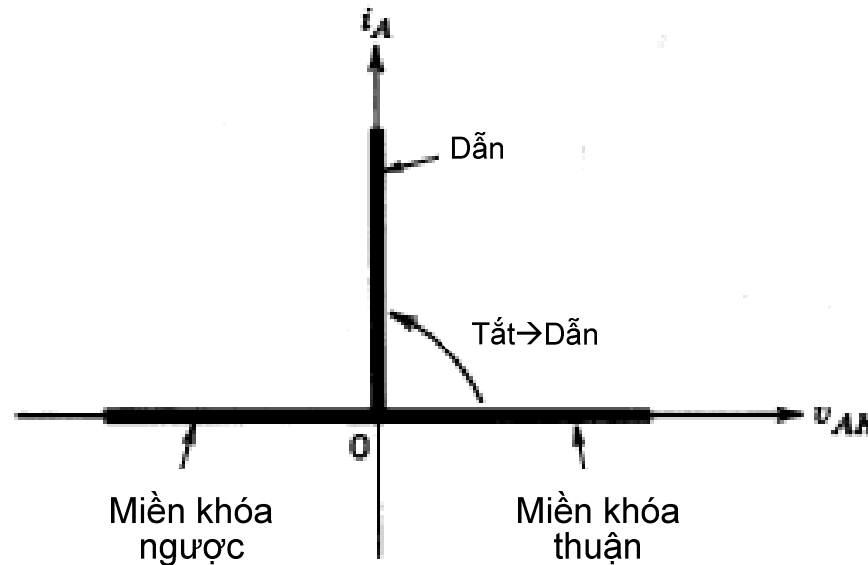
Thyristor (SCR)



a. Ký hiệu

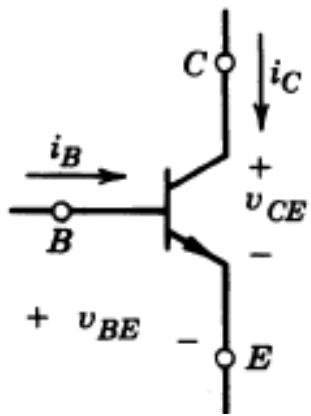


b. Đặc tuyến

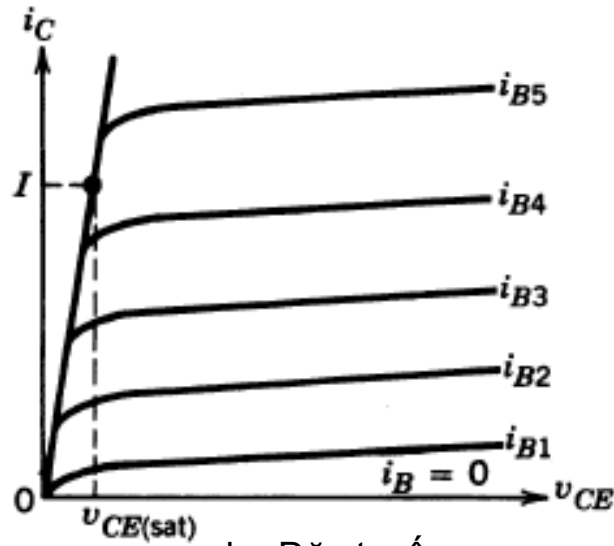


c. Đặc tuyến lý tưởng

BJT (Bipolar Junction Transistor)

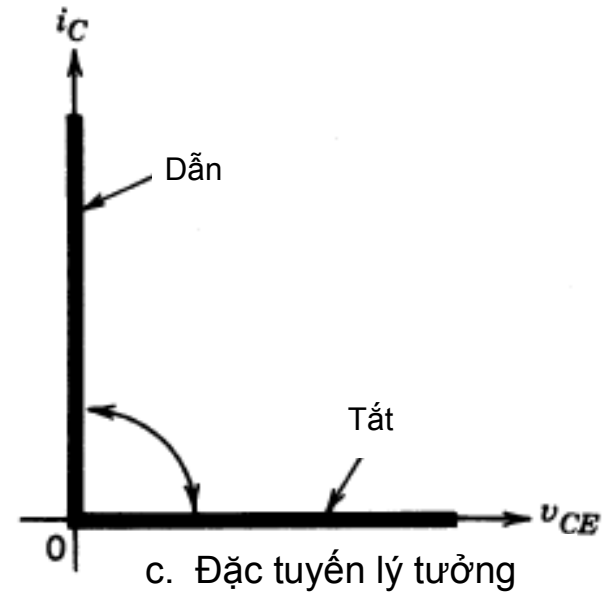


a. Ký hiệu



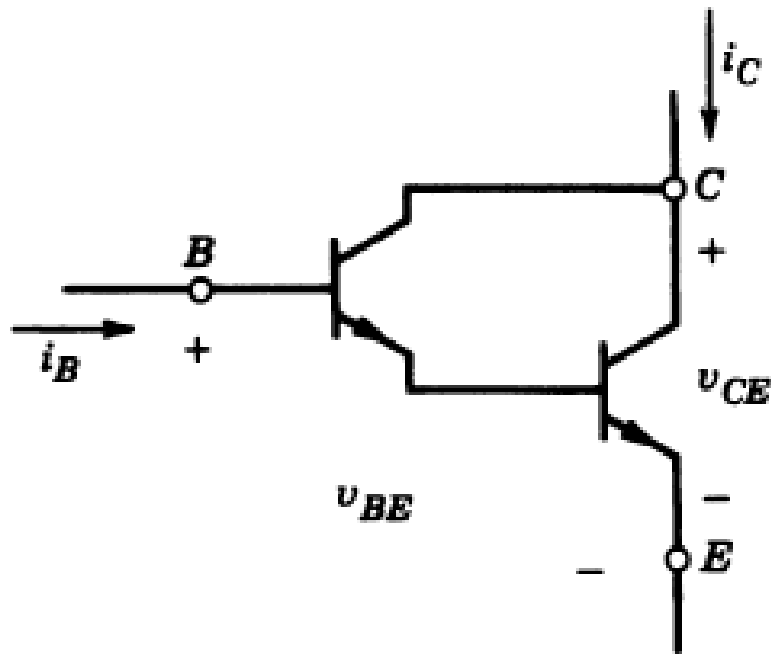
b. Đặc tuyến

BJT loại NPN

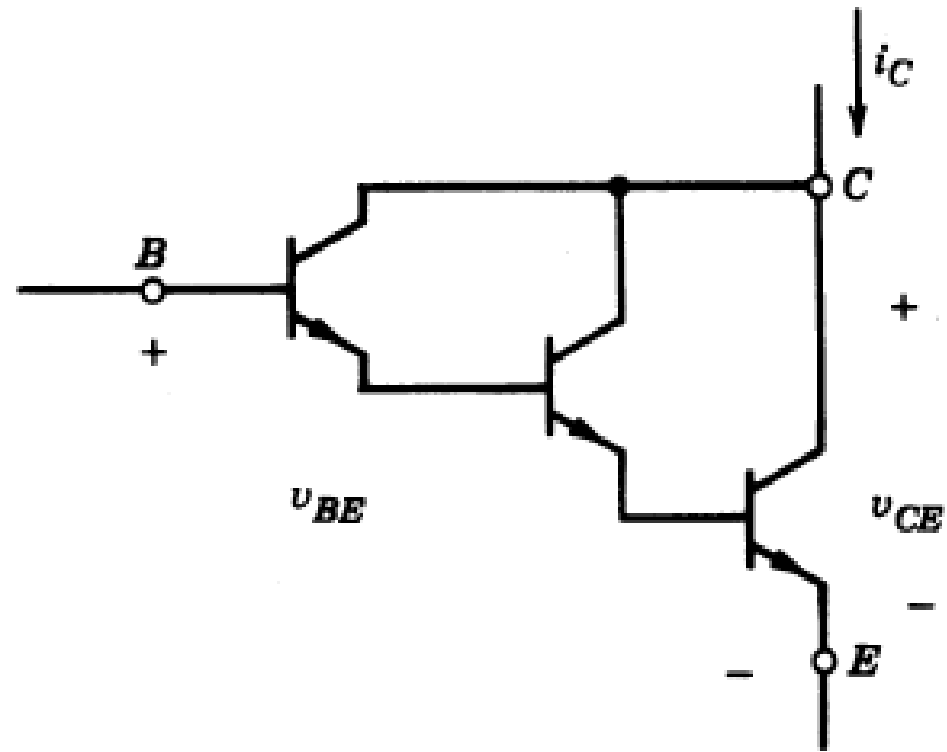


c. Đặc tuyến lý tưởng

BJT (Bipolar Junction Transistor)



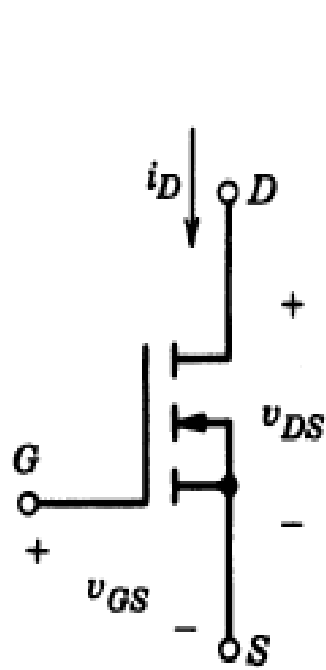
(a)



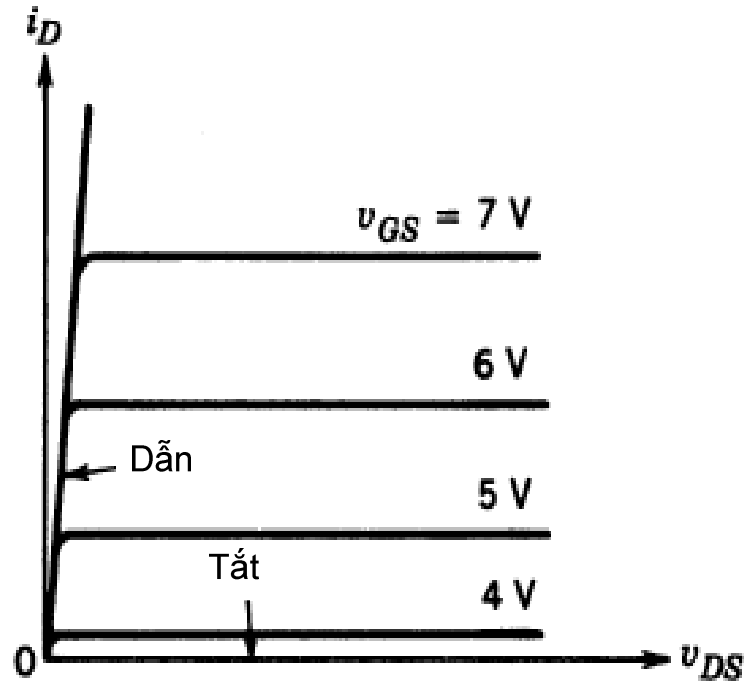
(b)

Transistor ghép Darlington

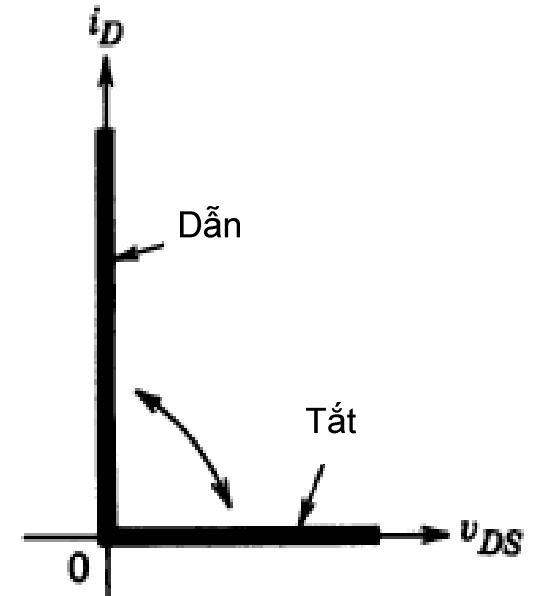
MOSFET



a. Ký hiệu



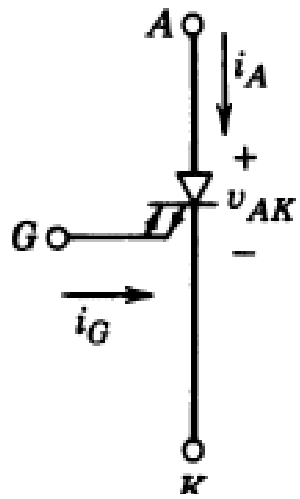
b. Đặc tuyến



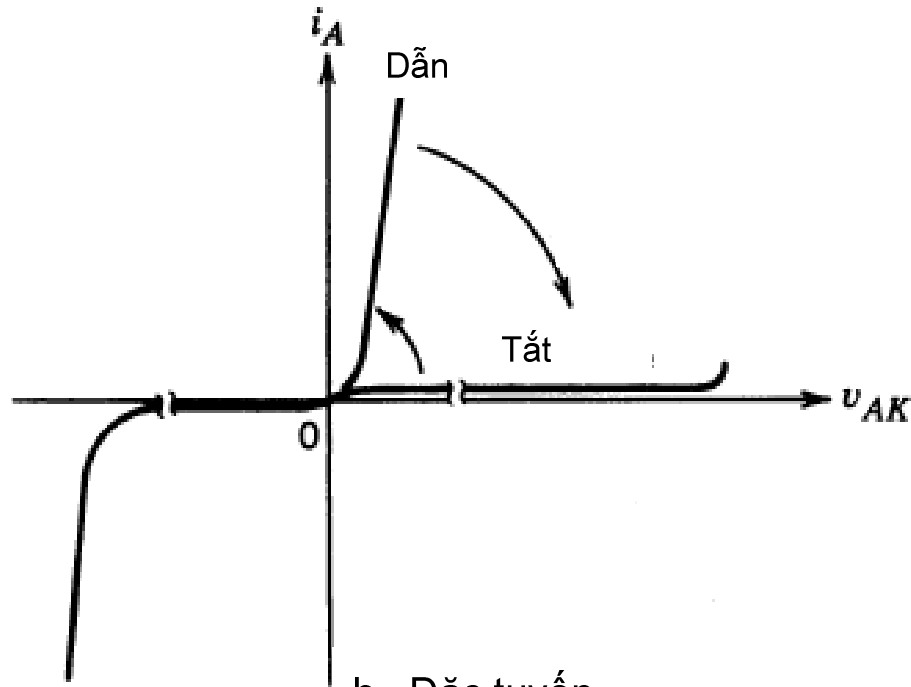
c. Đặc tuyến lý tưởng

MOSFET kênh N

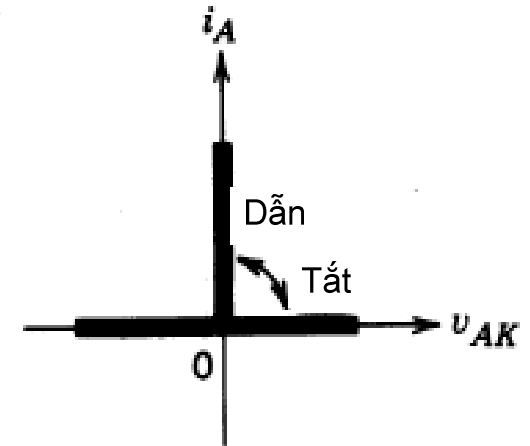
GTO (Gate Turn-Off Thyristor)



a. Ký hiệu



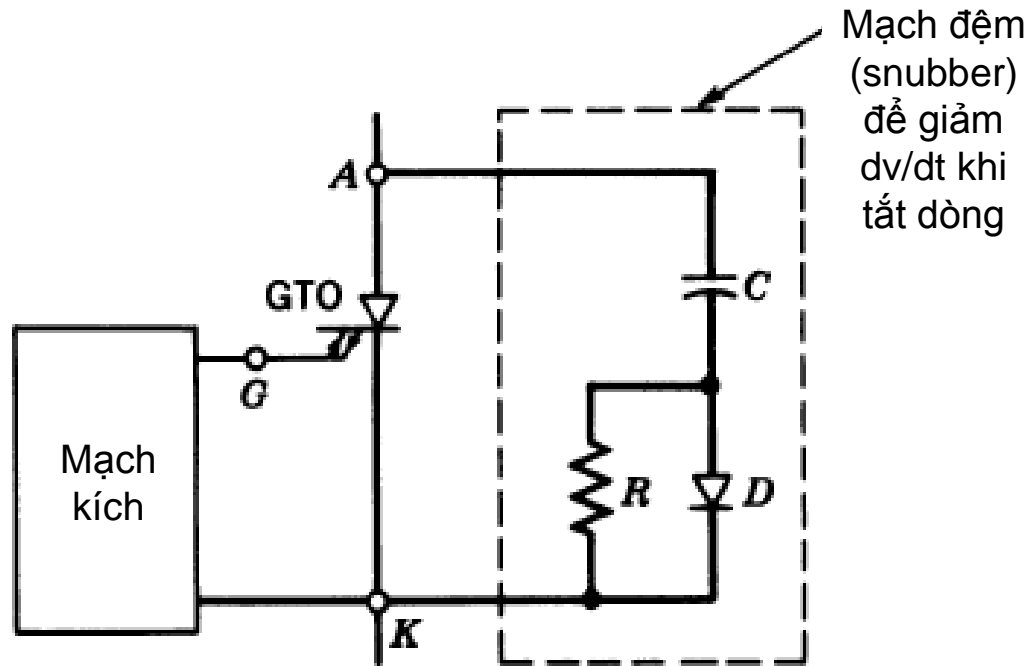
b. Đặc tuyến



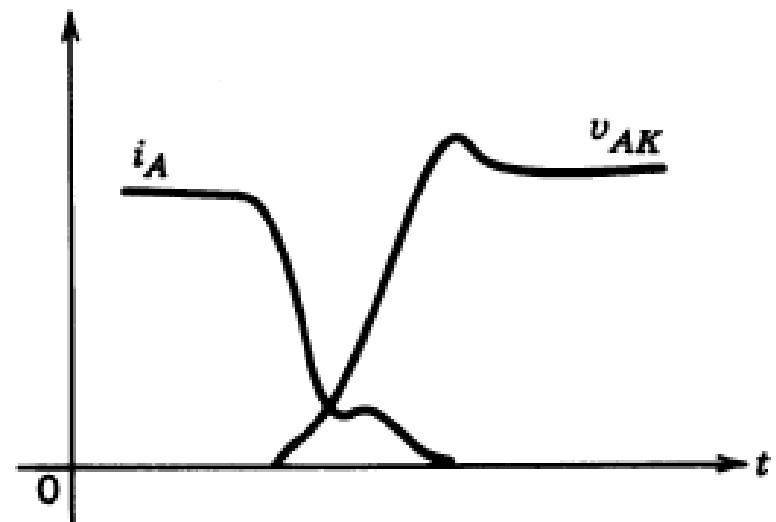
c. Đặc tuyến lý tưởng

GTO (Gate-Turn Off)

GTO (Gate Turn-Off Thyristor)

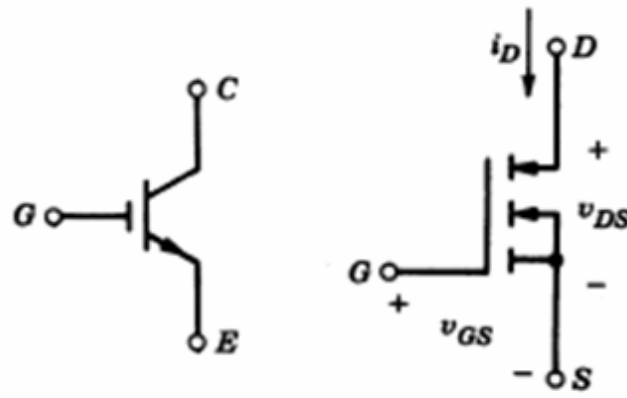


a. GTO và mạch đệm

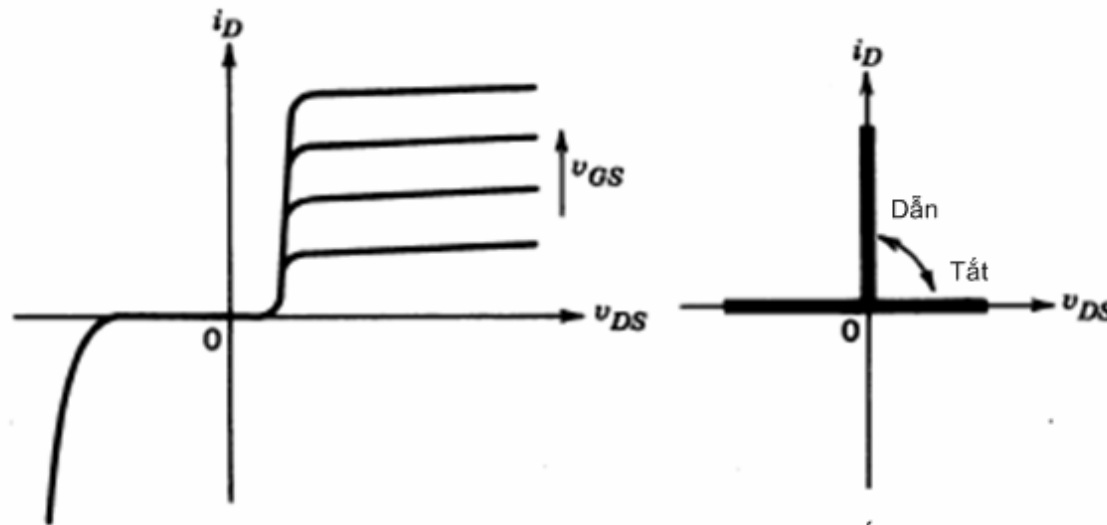


b. Chuyển trạng thái dẫn \rightarrow tắt của GTO

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)



a. Ký hiệu

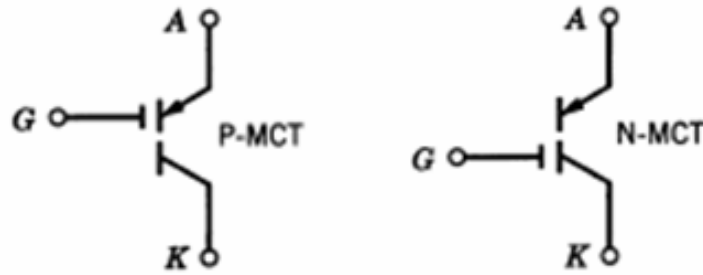


b. Đặc tuyến

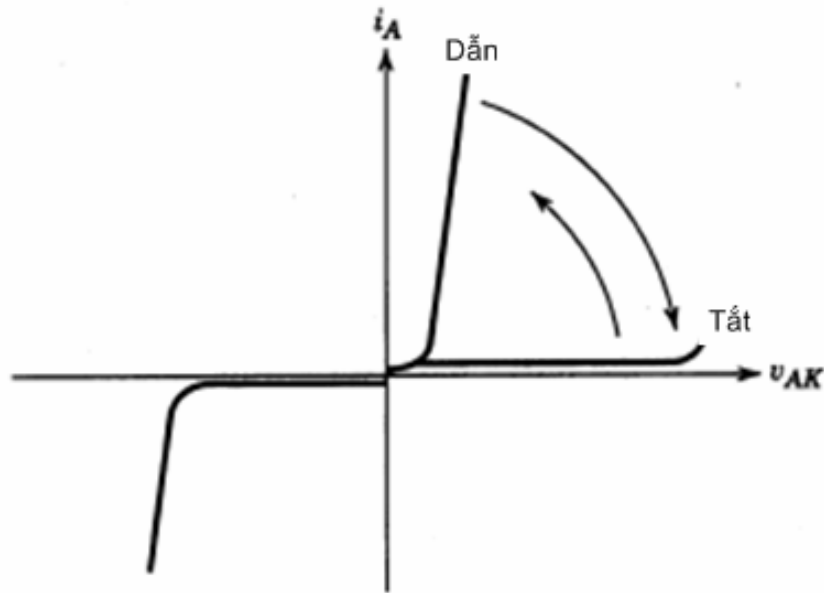
c. Đặc tuyến lý tưởng

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

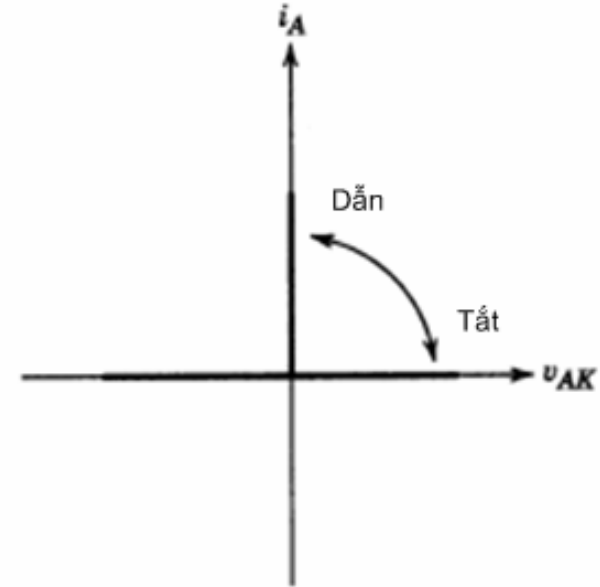
MCT (MOS-Controlled Thyristor)



a. Ký hiệu



b. Đặc tuyến

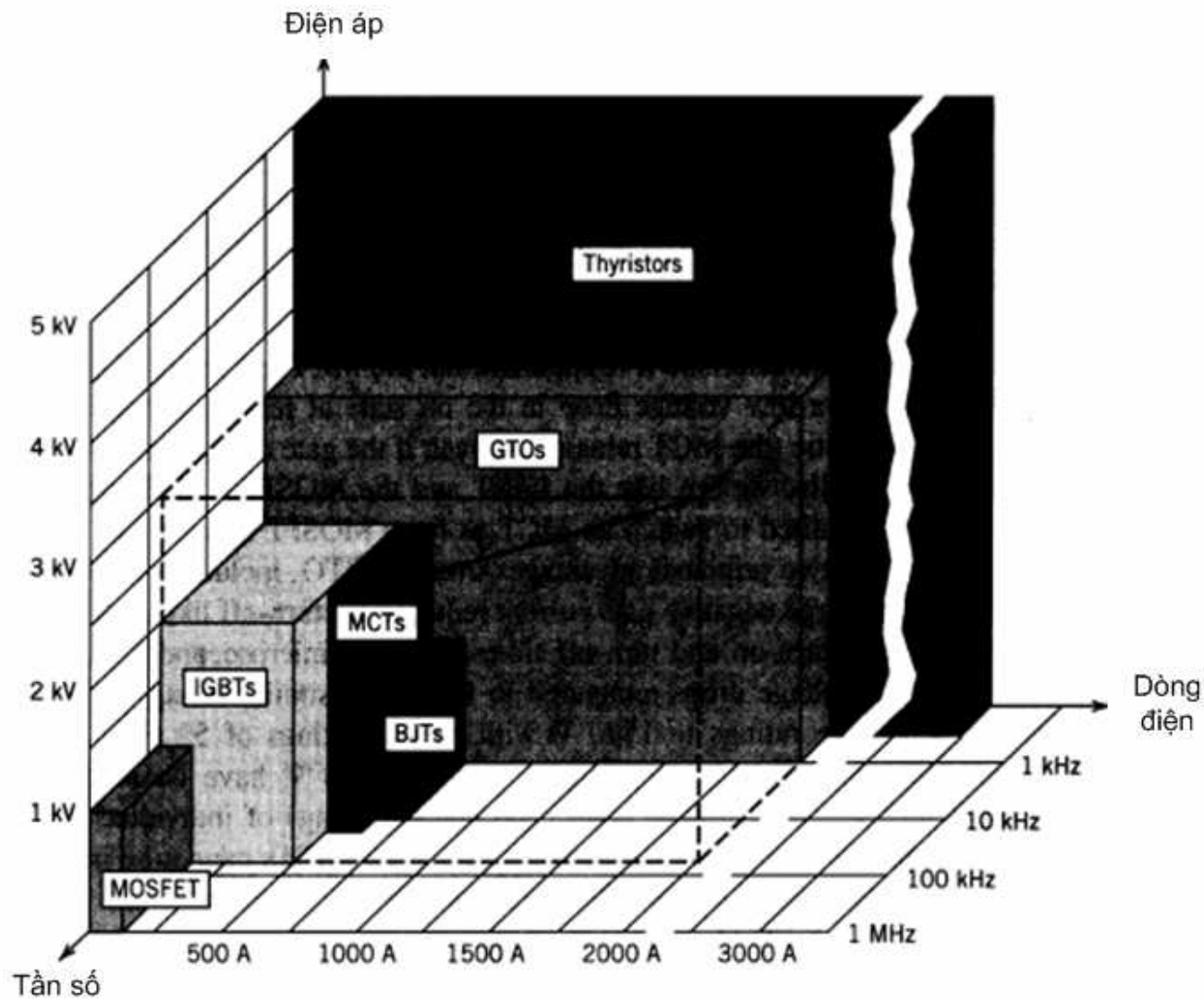


c. Đặc tuyến lý tưởng

Khả năng đóng ngắt của các khóa bán dẫn thông dụng

<i>Loại linh kiện</i>	<i>Công suất đóng ngắt</i>	<i>Tần số đóng ngắt</i>
BJT	Trung bình	Trung bình
MOSFET	Thấp	Cao
GTO	Cao	Thấp
IGBT	Trung bình	Trung bình
MCT	Trung bình	Trung bình

Khả năng tải & đóng cắt của các linh kiện ĐTCS hiện nay



Chương 3 THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI ĐIỆN ÁP

3.1 Thiết bị biến đổi điện áp một chiều DC - DC

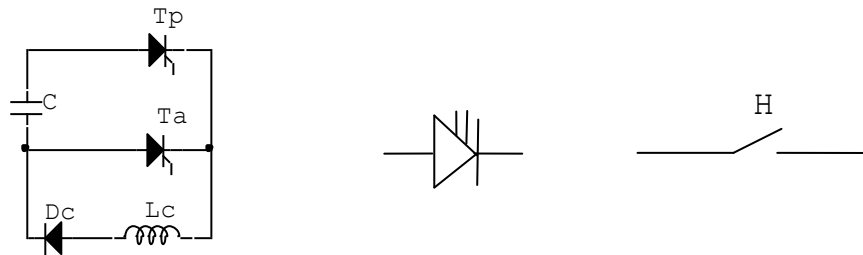
3.1.1 Thiết bị biến đổi điện áp nối tiếp

* Sơ đồ gồm: T_p, D_r phần tử chính

T_a, D_c, L_c, C phần tử chuyển mạch

Bộ biến đổi điện áp còn gọi là công tắc tơ tĩnh H, cho phép từ nguồn một chiều U_s tạo ra áp tải U_d một chiều có thể điều chỉnh được

+ Kí hiệu:

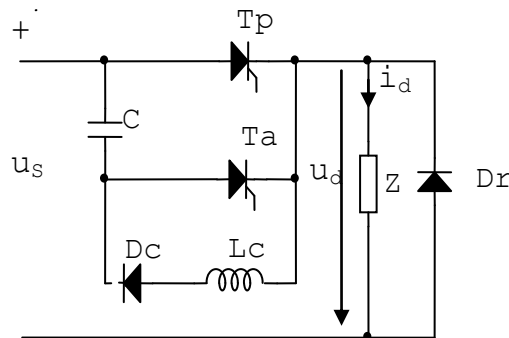


Khi T_p mở \equiv công tắc H đóng kín

T_p khóa \equiv công tắc H mở

* Sơ đồ bộ biến đổi nối tiếp:

+ Kí hiệu



* Nguyên lý làm việc

+ Trạng thái ban đầu: T_p và T_a đều bị khóa, tụ C được nạp điện (bản + ở trên)

+ Giả sử đóng áp DC bằng phẳng, tụ C nạp từ $V+ \rightarrow C \rightarrow T_a \rightarrow$ tải để lâu thì nó được nạp đầy do T_a chưa mở có dòng rò nên C đầy

+ Cho xung + vào điều khiển $T_p \rightarrow$ mở (vì T_p đã đặt áp thuận) \rightarrow

$U_d = U_s = V > 0$ dòng đi từ + nguồn $\rightarrow T_p \rightarrow$ tải \rightarrow - nguồn $\Rightarrow i_d = i_{T_p} > 0$

Tụ C phóng điện từ $+ C \rightarrow T_p \rightarrow L_c \rightarrow D_c \rightarrow - C$: tạo mạch dao động L - C

Sau khi phóng hết tụ C nạp ngược do cuộn dây L_c tích điện từ trước

+ Tại $\theta = \theta_1 \rightarrow$ kích xung + T_a , $T_a \rightarrow$ mở, tụ C đặt áp ngược lên T_p làm T_p khóa lại (dòng phóng của tụ từ + C $\rightarrow T_a \rightarrow T_p \rightarrow -C$ đến khi $i_{T_p} \leq i_H \rightarrow T_p$ khóa)

khi đó \mathcal{D}_r đặt áp thuận $\rightarrow \mathcal{D}_r$ mở nên $u_d = 0$

+ Tại $\theta = \theta_2 \rightarrow$ kích xung + $T_p \rightarrow$ mở \rightarrow đặt áp nguồn lên tải...

và dòng tăng theo hàm mũ

– Chu kỳ của bộ băm gồm 2 thành phần:

+ Giai đoạn T_1 : T_p mở, \mathcal{D}_r đóng

+ Giai đoạn T_2 : T_p khóa, \mathcal{D}_r mở

$$T = T_1 + T_2$$

T : chu kỳ của bộ băm

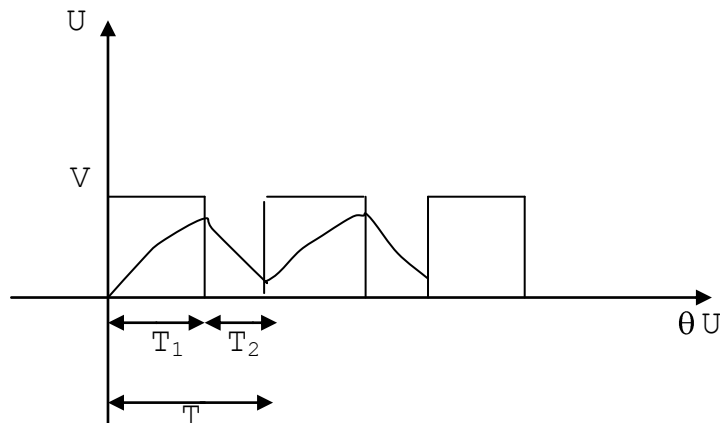
$$\text{Đặt } z = \frac{T_1}{T} : \text{ tỉ số chu kỳ băm}$$

* Giá trị trung bình:

$$+ U_d = \frac{1}{T} \int_0^T U_s d\theta = \frac{1}{T} \int_0^{T_1} V d\theta = z \cdot V : \text{ giá trị không đổi}$$

$z = (0 \div 1)$ thay đổi $z \rightarrow U_d$ thay đổi

$$+ I_d = \frac{U_d}{R}$$



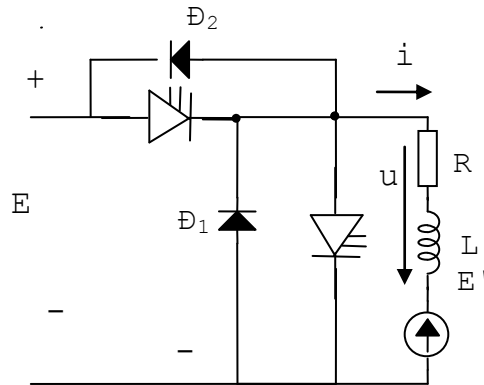
Thường thì mạch tải có chứa điện cảm L. Điện cảm L sẽ tích lũy năng lượng điện từ $W = \frac{1}{2} L i_d^2$. Khi i_d tăng hay giảm năng lượng sẽ được giải phóng qua \mathcal{D}_r điốt hoàn năng lượng

3.1.2 Thiết bị biến đổi điện áp đảo chiều

* Sơ đồ gồm: (H_1, \mathcal{D}_1) bộ biến đổi một chiều nối tiếp

(H_2, \mathcal{D}_2) bộ biến đổi một chiều song song

+ Kí hiệu:



* Máy điện một chiều có 2 chế độ làm việc:

+ Chế độ động cơ: $P_d > 0$ Năng lượng điện sinh công hữu ích

($H_1, Đ_1$) làm việc có z_1

+ Chế độ máy phát: $P_d < 0$ Hãm tái sinh đưa năng lượng phản kháng về nguồn

($H_2, Đ_2$) làm việc có z_2

Điều kiện $z_1 + z_2 = 1$

Ở chế độ động cơ: H_1 mở, H_2 khóa \leftrightarrow bộ biến đổi 1 chiều nối tiếp làm việc

$$U_d = z_1 \cdot V$$

$$E = U_d - R \cdot I_d \quad (I_d > 0)$$

Ở chế độ máy phát: H_2 mở, H_1 khóa

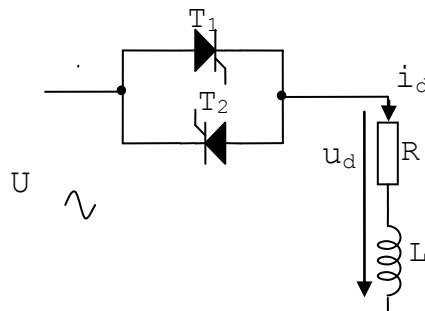
$$U_d = (1 - z_2) V$$

$$z_1 = \frac{T_1}{T}, \quad z_2 = \frac{T_2}{T}$$

3.2 Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều (AC \rightarrow AC)

3.2.1 Thiết bị biến đổi AC \rightarrow AC 1 pha

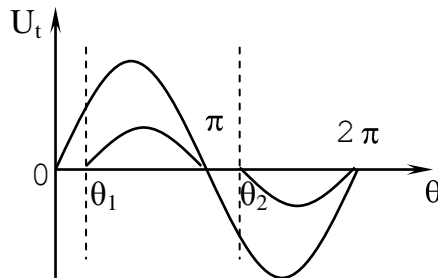
* Sơ đồ: có T_1, T_2 nối song song ngược cấp cho tải dùng điện xoay chiều



* Nguyên lý:

Khi đặt vào nguồn XC: $v = \sqrt{2}V \sin \omega t$

+ Xét tải thuần trở R:



- Nửa chu kỳ đầu: tại θ_1 ứng với góc α cho xung điều khiển $\rightarrow T_1$ mở, T_2 đóng
 - Nửa chu kỳ sau: T_1 đặt áp ngược, T_2 đặt áp thuận dòng bằng 0
- Tại θ_2 ứng với góc $\alpha + \pi$ cho xung điều khiển $\rightarrow T_2$ mở dòng qua tải theo chiều ngược lại

Áp tải, dòng tải: xoay chiều không sin có thể triển khai theo Furiê thành các sóng hài bậc 1, 3, 5... có dạng hình sin

- i_1 dòng qua tải khi T_1 dẫn
- i_2 dòng qua tải khi T_2 dẫn
- v, i xoay chiều, sin hoàn toàn

- Thành phần sóng hài bậc một sẽ lệch so với dòng điện nguồn một góc $\varphi \neq 0$
- Công suất tiêu tán trên điện trở:

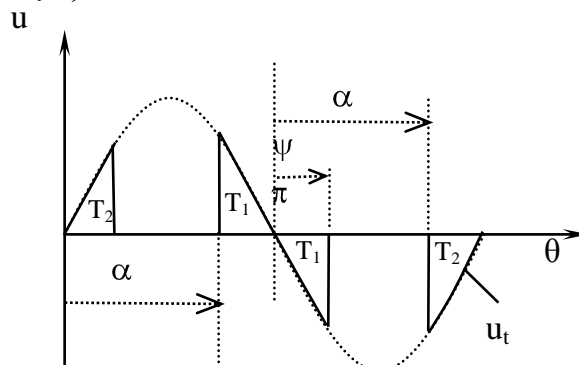
$$P = I^2 R$$

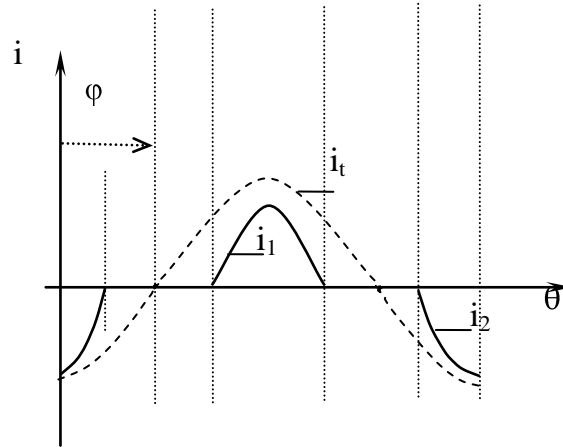
- Tải thuần trở vẫn cần công suất phản kháng Q (tức là nguồn phải cung cấp Q cho tải)

+ Xét tải thuần cảm L: L tích lũy CSPK

Khi T_1 đặt áp ngược, T_2 đặt áp thuận, thì sức điện động phản kháng sẽ phóng qua T_2 làm cho T_1 tiếp tục dẫn, dòng điện tăng, giảm chậm hơn so với điện áp

* Đồ thị u, i :





+ Xét tải R+L

- Nửa chu kỳ đầu: tại θ_1 ứng với góc α cho xung điều khiển $\rightarrow T_1$ bắt đầu dẫn
- Nửa chu kỳ sau: T_1 đặt áp ngược, nhưng vẫn tiếp tục dẫn do L tích lũy CSPK, nếu T_1 đang dẫn thì T_2 phải khóa (không điều khiển T_2 được vì áp đặt lên nó rất nhỏ) \rightarrow điều khiển T_1 khóa sau đó mới kích xung cho T_2 mở

Điều kiện: $\beta < \pi + \alpha$
 (góc khóa T_1) (góc mở T_2)
 $\rightarrow \pi + \psi < \pi + \alpha$
 $\rightarrow \psi < \alpha$

Góc ψ là góc đảm bảo cho việc điều khiển

i_t là dòng không sin \rightarrow khai triển Furiê $\rightarrow i_t$ có dạng sin và chậm sau u một góc φ

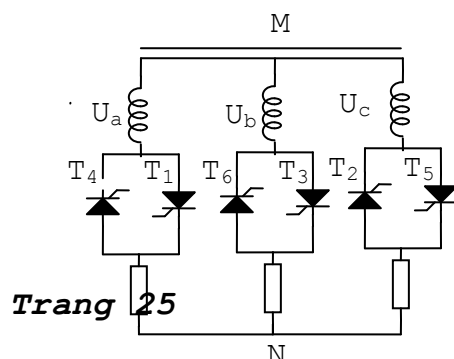
$$i_{xl} = \sqrt{2} \frac{U}{Z} \sin(\theta + \alpha - \varphi)$$

3.2.2 Thiết bị biến đổi AC \rightarrow AC 3 pha

* Sơ đồ gồm 3 cặp T_i mắc song song ngược. Mỗi cặp nối tiếp với 1 pha tải, mạch tải có thể đầu Y hay Δ

+ Tải R đầu Y:

* Sơ đồ:



$$u_a = \sqrt{2} \sin \theta$$

$$u_b = \sqrt{2} \sin(\theta - \frac{2\pi}{3})$$

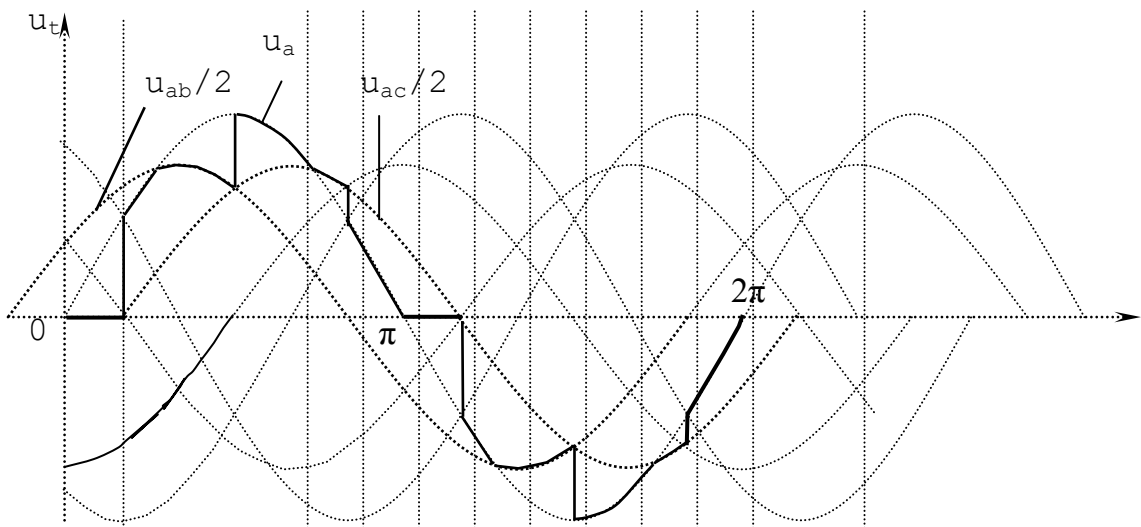
$$u_c = \sqrt{2} \sin(\theta - \frac{4\pi}{3})$$

- Điện áp dây của nguồn :

$$\frac{U_{ab}}{2} = \frac{U_a - U_b}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} U \cdot 2 \cdot \cos\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \sin \frac{2\pi}{3} = \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \cos\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right)$$

- Khi điều khiển Ti cả 3 pha đều mở thì điện áp pha tải = điện áp nguồn
- Khi chỉ có 2 Ti mở ở 2 pha thì điện áp pha tải = 1/2 điện áp dây của nguồn
- Áp trên tải phụ thuộc nhiều vào góc điều khiển α

* Nguyên lý:



Trên hình chỉ trình bày điện áp tải pha A, kí hiệu là u_a (đối với góc đo là điểm trung tính của tải) khi góc mở $\alpha = 30^\circ$. Góc điều khiển mở các Tiristo α được tính từ thời điểm khi điện áp pha của nguồn tương ứng với Tiristo đó bằng 0

+ Nếu $0 \leq \alpha < 60^\circ$: T_5 dẫn dòng từ khi nhận được xung điều khiển mở đến khi $\theta = 60^\circ$

+ Nếu $60^\circ \leq \alpha < 90^\circ$: T_5 dẫn dòng từ khi nhận được xung điều khiển mở cho đến khi T_1 bắt đầu dẫn dòng

+ Nếu $90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$: T_5 dẫn dòng từ khi nhận được xung điều khiển mở đến khi $\theta = 150^\circ$

+ Trị hiệu dụng của điện áp tải pha A:

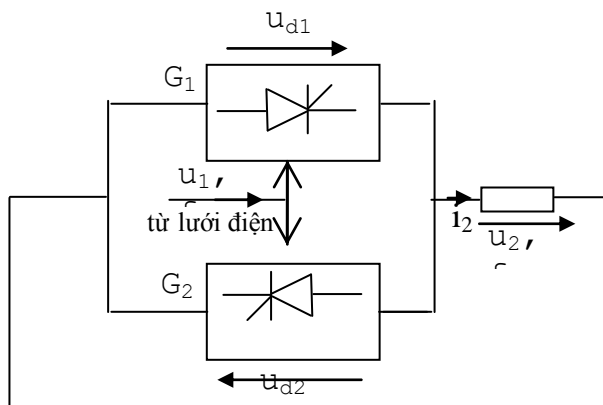
$$U_a = U \cdot \sqrt{1 - \frac{3\alpha}{2\pi} + \frac{3}{4\pi} \sin 2\alpha}$$

Chương 4

THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI TẦN SỐ

4.1. Thiết bị biến tần trực tiếp

Thiết bị biến tần trực tiếp biến đổi điện áp lưới điện u_1 có tần số f_1 cố định thành điện áp u_2 có tần số f_2 điều chỉnh được không cần sự can thiệp của khâu trung gian nào

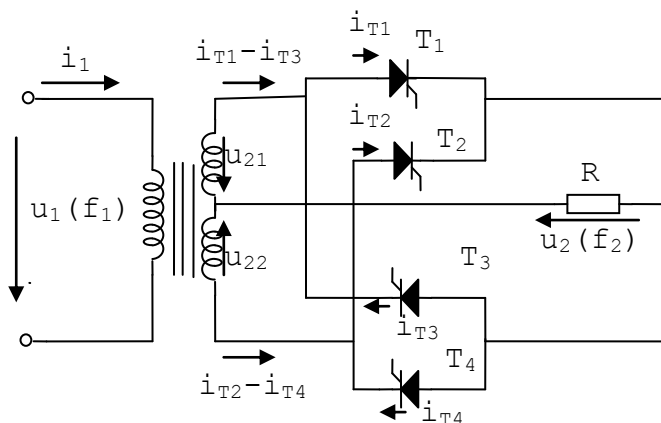


Sơ đồ nguyên tắc của bộ biến tần trực tiếp

4.1.1. Thiết bị biến tần trực tiếp 1 pha

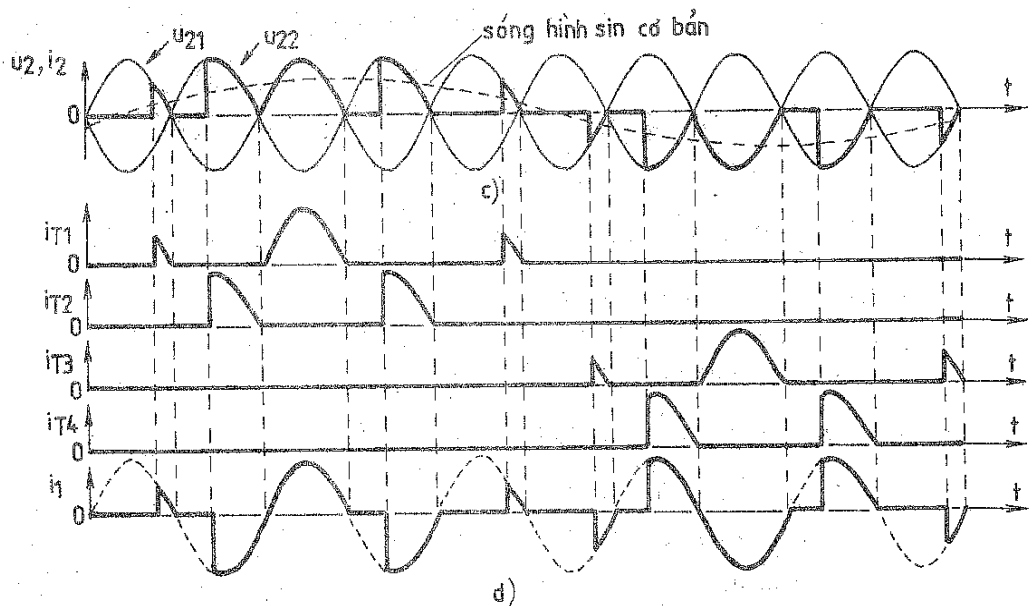
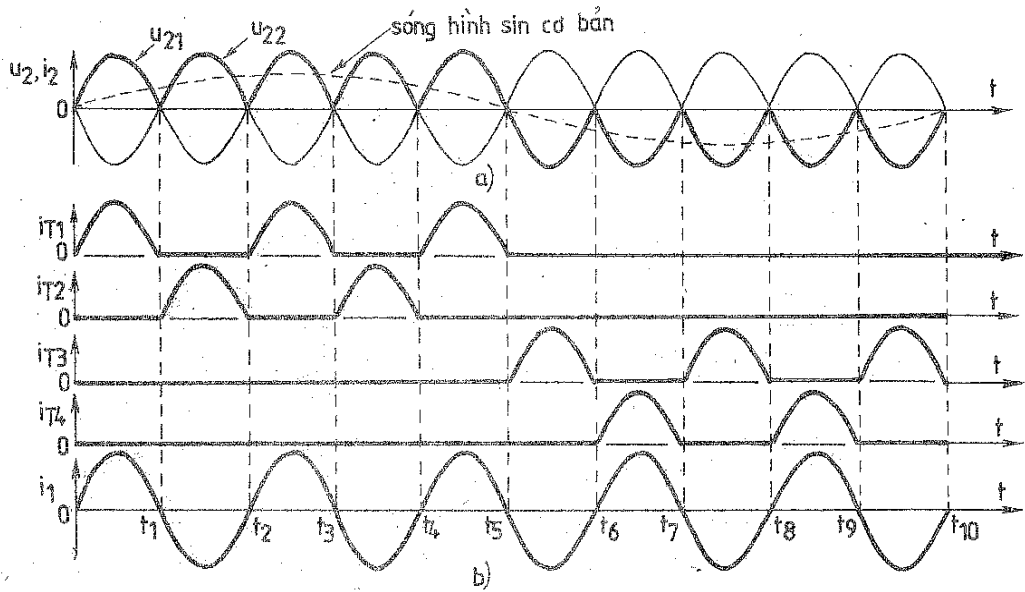
Bộ biến tần trực tiếp được tạo nên bởi hai bộ biến đổi G_1, G_2 đấu song song ngược. Bộ chỉnh lưu G_1 cung cấp cho phụ tải dòng điện i_2 dương, điện áp $u_2 = u_{d1}$. Bộ chỉnh lưu G_2 cung cấp cho phụ tải dòng i_2 âm, điện áp $u_2 = u_{d2}$. Tần số điện áp và dòng điện phụ tải f_2 luôn nhỏ hơn tần số f_1 của điện áp lưới điện

* Sơ đồ:



* Nguyên lý:

* Đồ thị điện áp, dòng điện phụ tải và dòng điện qua các tiristo



Trong đó:

- Điện áp u_2 , dòng điện i_2 của phụ tải khi góc mở $\alpha = 0$
- Dòng điện qua các tiristo $i_{T1}, i_{T2}, i_{T3}, i_{T4}$ và dòng sơ cấp máy biến áp i_1 khi $\alpha = 0$
- Điện áp u_2 , dòng điện i_2 của phụ tải khi góc mở $\alpha \neq 0$

d. Dòng điện qua các tiristo i_{T1} , i_{T2} , i_{T3} , i_{T4} và dòng sơ cấp máy biến áp i_1 khi $\alpha \neq 0$

4.1.2 Thiết bị biến tần trực tiếp 3 pha

+ Sơ đồ biến tần trực tiếp 3 pha có chỉ số chuyển mạch $m=3$ gồm 3 biến tần trực tiếp 1 pha với $m=3$ ghép lại với số tiristo= 18 để cung cấp cho phụ tải 3 pha

+ Nhược điểm của mạch biến tần 3 pha dùng nhiều tiristo nên giá thành cao, mạch điều khiển cũng rất đồ sộ và phức tạp, dải tần số hẹp $f_2 < 20$ Hz và rất nhạy với những biến động của lưới điện

- Các mạch biến tần trực tiếp 3 pha thường được sử dụng để làm nguồn cung cấp cho động cơ điện đồng bộ có công suất lớn và quay với tốc độ thấp, tần số làm việc của động cơ $f_2= 5 \div 15$ Hz nhằm giảm số đôi cực từ để đơn giản kết cấu động cơ

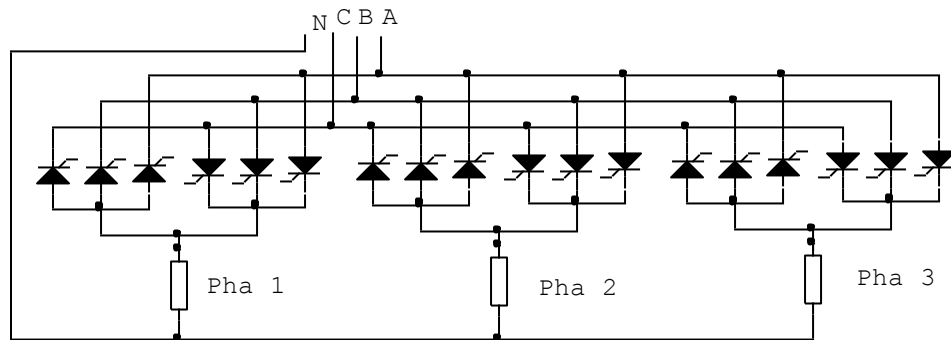
+ Ưu điểm của mạch biến tần trực tiếp là có hiệu suất cao, không cần dùng các tụ chuyển mạch như ở các mạch biến tần gián tiếp

+ Điện áp ra cực đại của bộ biến tần có chỉ số chuyển mạch m là:

$$U_{omax} = \sqrt{2} U_{pha} \sin \frac{m}{\pi}$$

+ Biên độ điện áp ra này sẽ phụ thuộc vào góc mở α :

$$U_o = \sqrt{2} U_{pha} \frac{m}{\pi} \sin \frac{m}{\pi} \cos \alpha$$



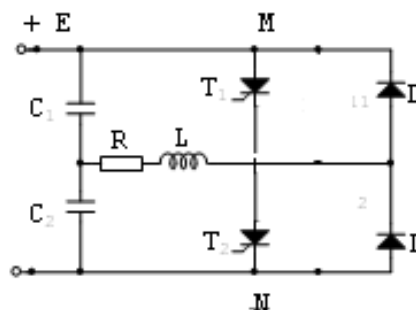
Sơ đồ biến tần trực tiếp ba pha hình tia $m=3$

4.2. Nghịch lưu

4.2.1 Nghịch lưu áp

a) Mạch nghịch lưu áp 1 pha

* Sơ đồ:



* Nguyên lý:

Vì tổng hai điện áp $u_{C1} + u_{C2} = E$

nên $C \cdot du_{C1}/dt + C \cdot du_{C2}/dt = 0$

Nghĩa là dòng điện nạp (hay phóng) của tụ C_1 bằng dòng điện phóng (hay nạp) của tụ điện C_2

Gọi i_E là dòng điện do nguồn một chiều cung cấp, ta có:

- Khi điểm O' được nối tới điểm M (T_1 hay Đ₁ dẫn)

$$i_E = i_1 + i'$$

$$i_1 = i = -2i'$$

$$i' = -i_1/2$$

$$i_E = i_1 - i_1/2 = i_1/2; \text{ kết quả } i_1 = 2i_E$$

- Khi điểm O' được nối tới điểm N (T_2 hay Đ₂ dẫn)

$$i_E = i'$$

$$2i' = -i = i_2$$

$$i' = i_2/2 = i_E$$

$$\text{kết quả } i_2 = 2i_E$$

- Khi một tiristo nào khóa (tiristo kia mở) thì điện áp trên tiristo ấy bằng +E

+ Xét trường hợp tải cảm kháng: dòng điện phụ tải i chậm sau điện áp u một khoảng thời gian t_1 , còn điện áp trên tải u là sóng xoay chiều chữ nhật

Giả thiết T_2 đang dẫn, dòng điện phụ tải có chiều chạy từ O đến O' và bằng $-i$

điện áp trên tụ C'_1, C'_2 là $u'_{C1} = E, u'_{C2} = 0$

- Tại $t = 0$ cho xung điều khiển mở T_1 nên trên tiristo T_2 xuất hiện điện áp ngược, T_2 bị khóa lại

Dòng điện phụ tải i không thể đảo chiều tức thời, mà giảm dần tới giá trị bằng 0 trong khi chiều vẫn từ O đến O'. Vì vậy Đ₁ mở để dòng điện chạy từ O đến O' qua Đ₁ về cực dương M qua nguồn một chiều về điểm O

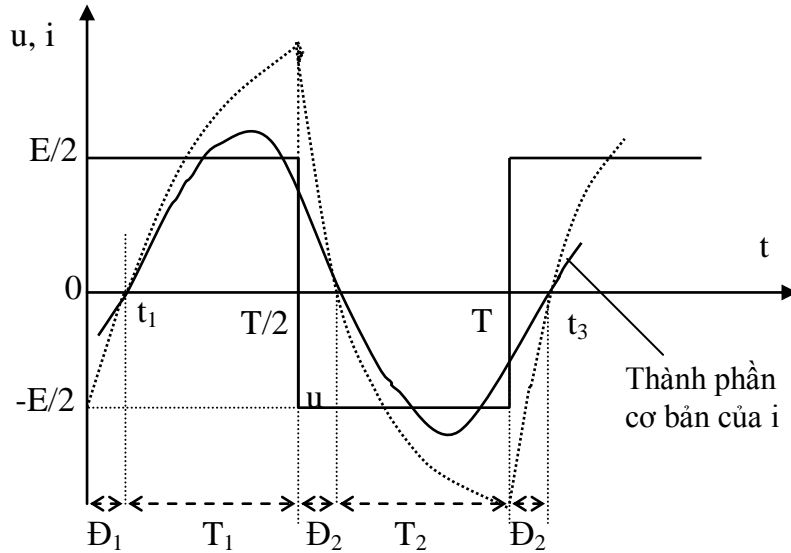
Khi T_1 mở, tụ C'_1 phóng ra dòng điện qua T_1 còn C'_2 được nạp điện

Khi T_2 khóa, Đ₁ mở ra, ta có: $u'_{C1} = 0, u'_{C2} = E$

- Đ₁ mở, T_1 tạm thời khóa lại, đến t_1 dòng điện phụ tải bị triệt tiêu $-i = 0$

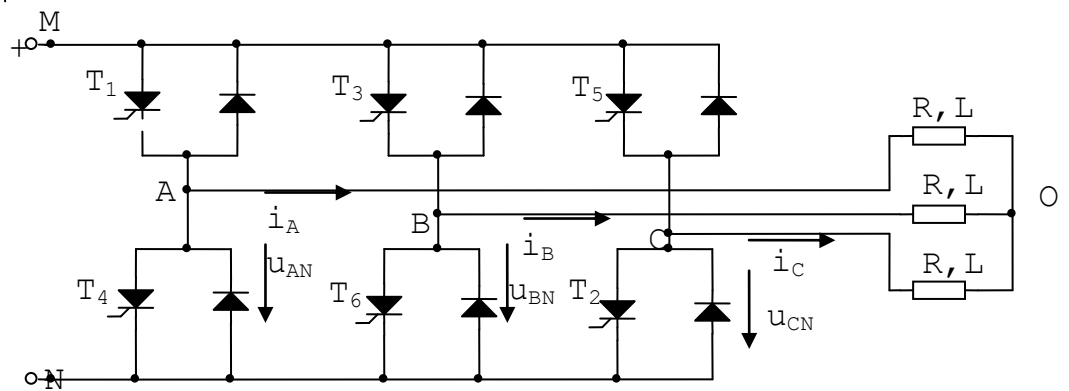
Đ₁ khóa lại lúc này T_1 vẫn dẫn dòng điện tải tăng theo chiều ngược lại từ O' → đến O → qua nguồn một chiều → đến M → qua T_1 → về O'

* Đồ thị dòng điện i và điện áp u



b) Mạch nghịch lưu áp 3 pha

* Sơ đồ: gồm 3 nghịch lưu áp 1 pha



* Nguyên lý:

Các xung dòng điện mở các tiristo $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ lệch pha nhau $T/6$ sẽ hình thành nên các điện áp u_{AN}, u_{BN}, u_{CN}

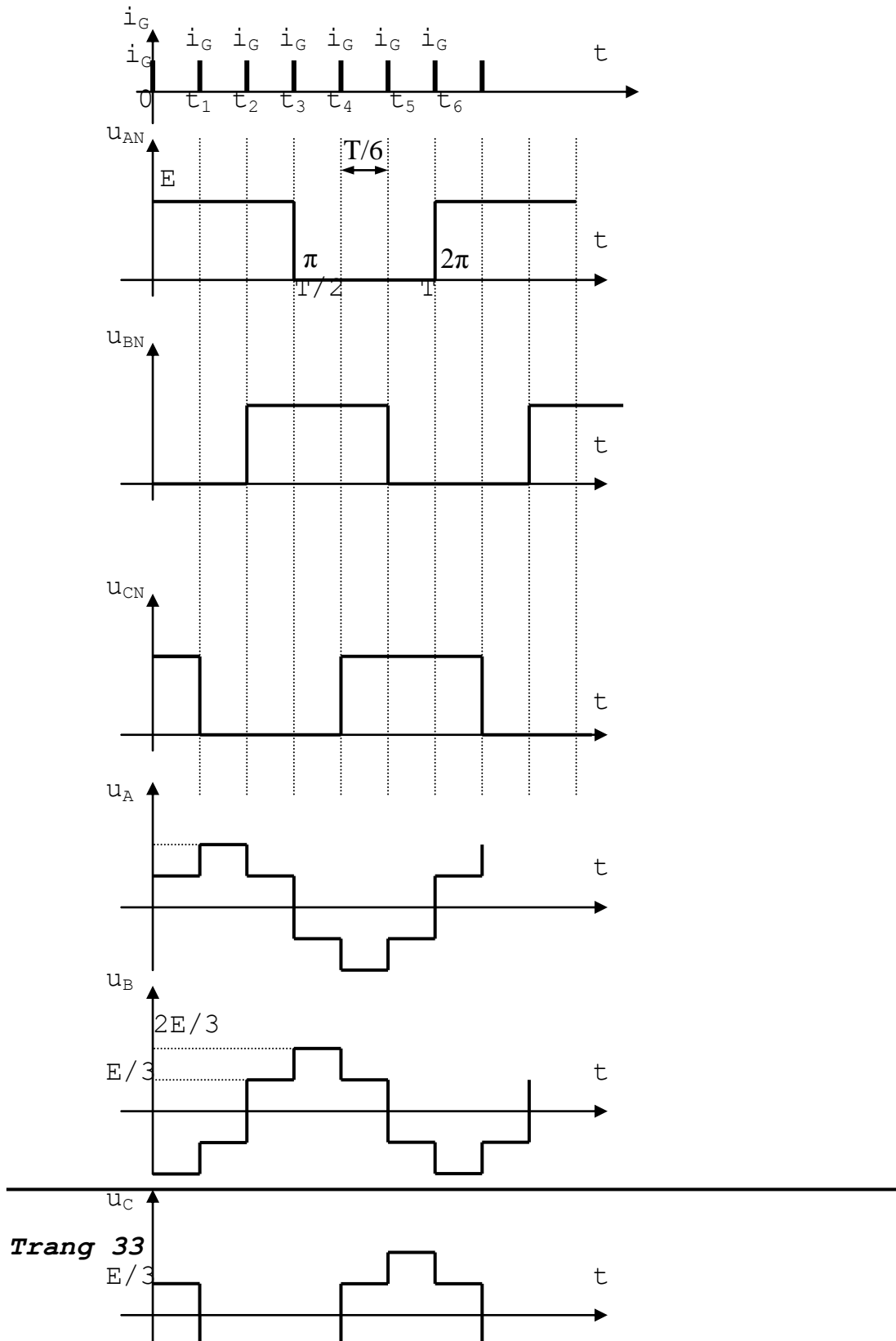
+ Xét sự hình thành điện áp u_{AN}

- Tại $t = 0$ cho xung i_{G1} để mở tiristo T_1 , T_1 dẫn nên $u_{MA} = 0$ và $u_{AN} = E$

- Đến t_3 sau khoảng thời gian $3T/6$ cho xung i_{G4} để mở T_4 , T_4 dẫn làm cho T_1 khóa lại nên $u_{AN} = 0$

+ Một cách tương tự điện áp u_{BN} xuất hiện chậm sau u_{AN} một khoảng thời gian bằng $2T/6$ còn điện áp u_{CN} xuất hiện chậm sau u_{BN} một khoảng thời gian bằng $2T/6$

* Đồ thị điện áp $u_{AN}, u_{BN}, u_{CN}, u_A, u_B, u_C$



* Từ sơ đồ có các quan hệ sau

$$u_{AB} = u_{AN} - u_{BN}$$

$$u_{BC} = u_{BN} - u_{CN}$$

$$u_{CA} = u_{CN} - u_{AN}$$

Mặt khác

$$u_{AB} = u_A - u_B$$

$$u_{BC} = u_B - u_C$$

$$u_{CA} = u_C - u_A$$

+ Khi phụ tải đấu hình sao ta có:

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

+ Khi mạch phụ tải 3 pha đối xứng:

$$u_A + u_B + u_C = 0$$

- Nên suy ra được biểu thức điện áp các pha là

$$u_A = 1/3(2u_{AN} - u_{BN} - u_{CN})$$

$$u_B = 1/3(2u_{BN} - u_{CN} - u_{AN})$$

$$u_C = 1/3(2u_{CN} - u_{AN} - u_{BN})$$

các điện áp u_A, u_B, u_C có dạng gần giống hình sin và lệch pha nhau một khoảng bằng $2T/6$ tương ứng với góc $2\pi/3$

4.2.2 Nghịch lưu dòng

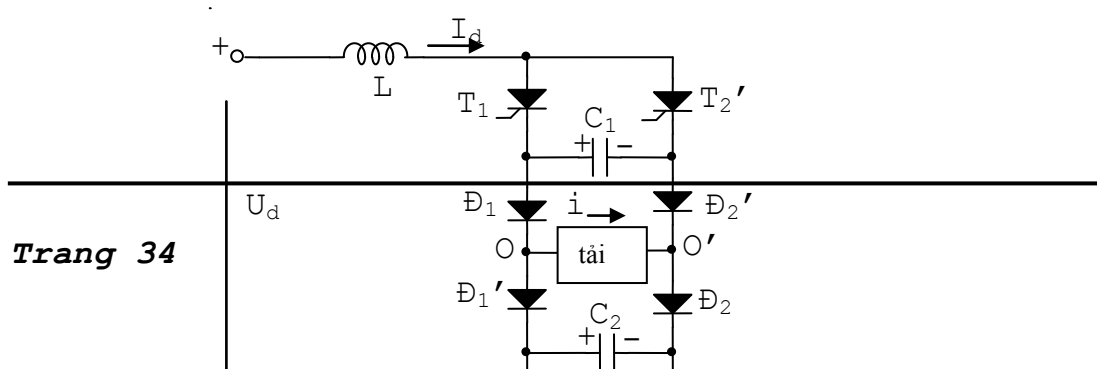
a) Mạch nghịch lưu dòng điện 1 pha

* Sơ đồ: mạch nghịch lưu dòng điện kiểu sơ đồ cầu với 4 tiristo

+ Cuộn cảm san bằng L có điện cảm lớn nên nguồn một chiều là nguồn dòng điện cung cấp 1 dòng không đổi $I_d = \text{const}$ cho mạch nghịch lưu

+ Các tụ C_1, C_2 là các tụ chuyển mạch

+ Điốt D_1, D_2, D'_1, D'_2 ngăn chặn dòng phóng của các tụ qua phụ tải

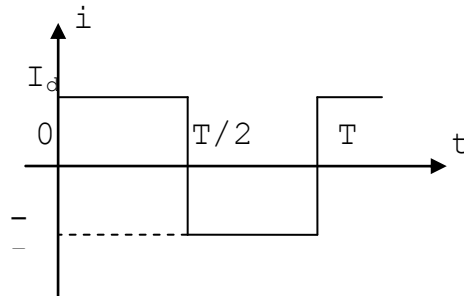


* Nguyên lý:

+ Khi cặp T_1, T_2 mở dẫn điện, dòng điện phụ tải có chiều từ O đến O' và có trị số $i = I_d > 0$. Các tụ được tích điện với bản cực dương là các bản cực ở bên trái, điện áp trên các tụ điện là u_{C1}, u_{C2}

+ Tại $t = T/2$ cho các xung dòng điện điều khiển mở cặp tiristo T'_1, T'_2 nên T_1, T_2 chịu điện áp ngược tương ứng là $-u_{C1}$ và $-u_{C2}$ do các tụ điện C_1, C_2 đặt lên chúng, T_1, T_2 bị khoá lại

Dòng điện phụ tải không thể đảo chiều ngay lập tức nên vẫn duy trì theo chiều cũ từ O đến O', lúc này dòng điện phụ tải i khép mạch theo đường từ O → đến O' → qua tụ C_2 → qua T'_1 → qua nguồn điện → qua cuộn cảm L → qua T'_2 → qua tụ C_1 → qua Đ₁ → về O. Khi dòng điện i giảm đến giá trị 0 thì Đ₁, Đ₂ khoá lại, Đ'₁, Đ'₂ mở dẫn điện để dòng phụ tải chạy theo chiều ngược lại theo đường từ O' → đến O → qua Đ'₁ → qua T'_1 → qua nguồn điện → qua cuộn cảm L → qua T'_2 → qua Đ'₂ → về O', trị số của dòng tăng đến trị số $i = -I_d < 0$, bỏ qua thời gian đảo chiều thì dòng điện phụ tải có dạng lí tưởng là dạng xoay chiều chữ nhật như hình vẽ sau

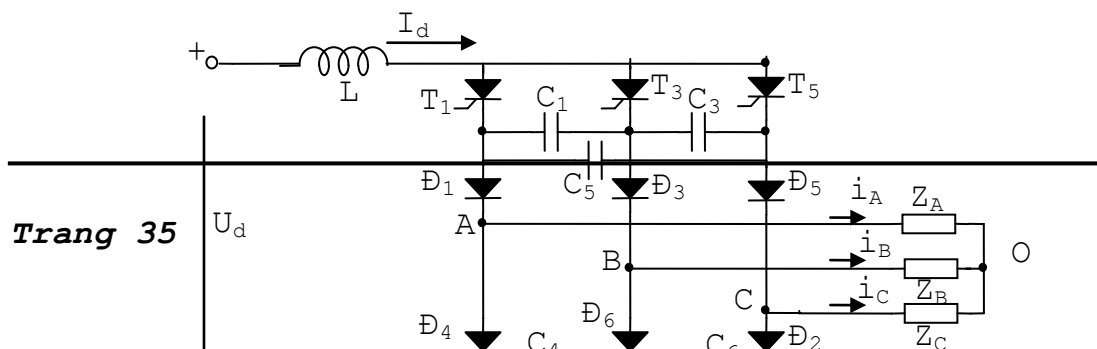


b) Mạch nghịch lưu dòng điện ba pha

* Sơ đồ: Mạch nghịch lưu dòng điện ba pha kiểu cầu, được cung cấp dòng điện không đổi $I_d = \text{const}$

+ Các tụ trên sơ đồ là các tụ chuyển mạch

+ Phụ tải là ba pha có tổng trở Z_A, Z_B, Z_C



* Nguyên lý:

- Các tiristo được điều khiển theo thứ tự $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_1, T_2 \dots$, các xung điều khiển mở các tiristo lệch nhau 1 khoảng thời gian $T/6$ tương ứng với góc lệch pha $\pi/3$

- Giả sử ở trạng thái ban đầu T_1, T_2 đang dẫn điện, trong khoảng thời gian $0 < \theta < \pi/3$ dòng điện nguồn I_d chạy từ nguồn điện qua tiristo $T_1 \rightarrow$ qua $Z_A \rightarrow$ qua $Z_C \rightarrow$ qua $T_2 \rightarrow$ về cực âm của nguồn điện

$$i_A = I_d; i_C = -I_d; i_B = 0$$

Các tụ C_1, C_2, C_3, C_5 được nạp điện với bản cực dương là các bản cực bên trái

- Tại $\theta = \pi/3$ cho xung dòng điện điều khiển mở T_3, T_3 mở làm cho điện áp trên tụ C_1 trở thành điện áp ngược lên T_1, T_1 khoá lại, sau 1 thời gian ngắn dòng điện pha A giảm về trị số 0. Lúc này dòng điện I_d chạy trong mạch từ cực dương nguồn \rightarrow qua $T_3 \rightarrow$ qua $D_3 \rightarrow$ qua $Z_B \rightarrow$ qua $Z_C \rightarrow$ qua $D_2 \rightarrow$ qua $T_2 \rightarrow$ về cực âm của nguồn điện; dòng điện i_B tăng từ trị số 0 đến I_d

$$i_A = 0; i_B = I_d; i_C = -I_d$$

- Tại $\theta = 2\pi/3$ cho xung dòng điện điều khiển mở T_4, T_4 mở làm cho điện áp trên tụ C_2 trở thành điện áp ngược lên T_2, T_2 khoá lại, sau 1 thời gian ngắn dòng điện pha C giảm về trị số 0. Dòng điện I_d chạy theo mạch từ cực dương của nguồn qua $T_3 \rightarrow$ qua $D_3 \rightarrow$ qua $Z_B \rightarrow$ qua $Z_A \rightarrow$ qua $D_4 \rightarrow$ qua $T_4 \rightarrow$ về cực âm nguồn; dòng điện i_A tăng từ trị số 0 đến $-I_d$

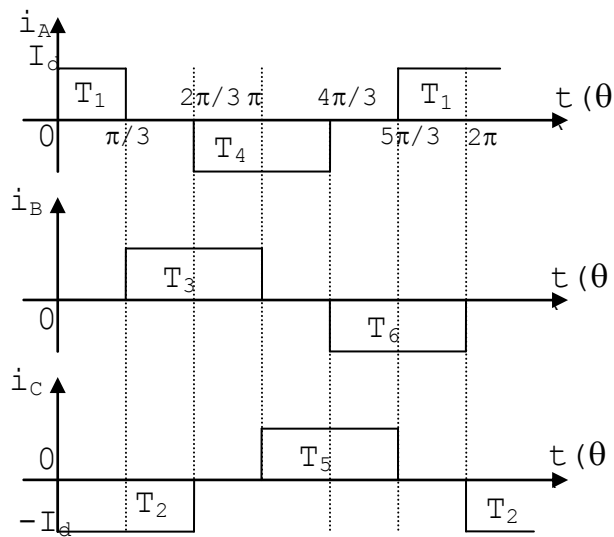
$$i_A = -I_d; i_B = I_d; i_C = 0$$

- Tại $\theta = \pi$ cho xung dòng điện điều khiển mở T_5, T_5 mở làm cho điện áp trên tụ C_3 trở thành điện áp ngược lên T_3, T_3 khoá lại, sau 1 thời gian ngắn dòng điện pha B giảm về trị số 0. Dòng điện I_d chạy theo mạch từ cực dương của nguồn qua $T_5 \rightarrow$ qua $D_5 \rightarrow$ qua $Z_C \rightarrow$ qua $Z_A \rightarrow$ qua $D_4 \rightarrow$ qua $T_4 \rightarrow$ về cực âm nguồn; dòng điện i_C tăng từ trị số 0 đến I_d

$$i_A = -I_d; i_B = 0; i_C = I_d$$

- Tương tự cho xung điều khiển mở T_6 thì T_4 bị khoá lại nên trong khoảng $4\pi/3 < \theta < 5\pi/3$ thì $i_A = 0; i_B = -I_d; i_C = I_d$

- Tương tự cho xung điều khiển mở T_1 thì T_3 bị khoá lại nên trong khoảng $5\pi/3 < \theta < 2\pi$ thì $i_A = I_d$; $i_B = -I_d$; $i_C = 0$
- Khi các tiristo T_1, T_3, T_5 mở dẫn điện sẽ hình thành nửa sóng dương của các dòng điện i_A, i_B, i_C , khi các tiristo T_2, T_4, T_6 mở dẫn điện sẽ hình thành nửa sóng âm tương ứng
- Các dòng điện i_A, i_B, i_C lệch pha nhau một góc là $2\pi/3$ và có biên độ bằng dòng điện I_d của nguồn một chiều
- Tần số $f = 1/T$ của dòng điện phụ tải có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi thời gian mở dẫn điện của các tiristo nhờ thay đổi nhịp xung dòng điện điều khiển

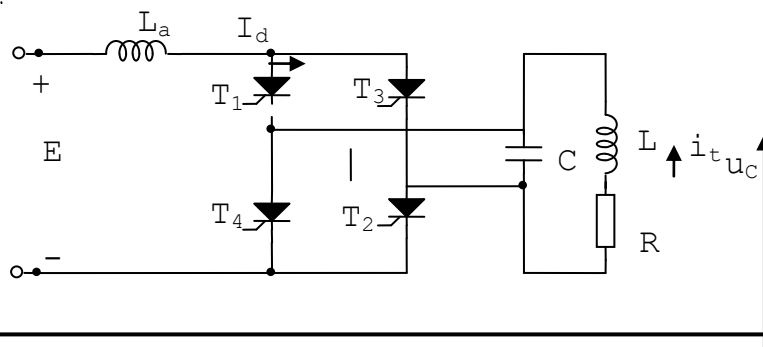


4.2.3 Nghịch lưu cộng hưởng (NLCH)

NLCH song song

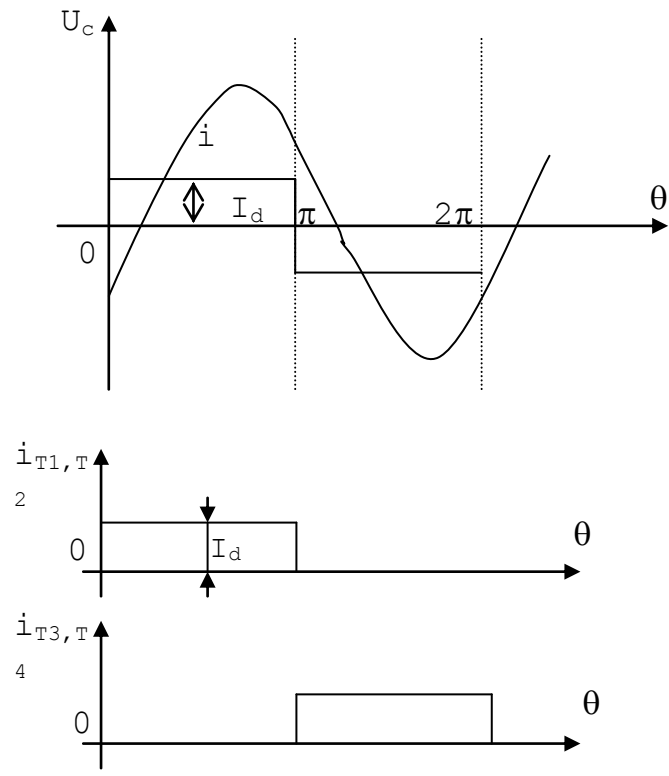
* Sơ đồ:

- Phụ tải trở cảm với hệ số công suất rất thấp cỡ 0,1 đến 0,5
- Tụ C nối song song với phụ tải tạo mạch vòng dao động song song
- Điện cảm L_a có giá trị lớn nên đầu vào có thể coi là nguồn dòng, khi đó dòng nghịch lưu có dạng xung chữ nhật, còn điện áp có dạng gần sin

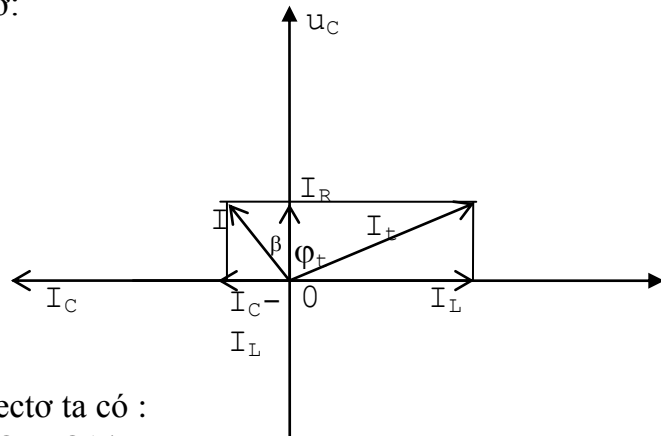


Ở chế độ xác lập, điện áp trên tải có dạng gần sin, vì vậy khi tính toán có thể sử dụng phương pháp sóng hài bậc nhất

* Đồ thị điện áp trên tải và dòng điện các tiristo



* Đồ thị vector:



+ Từ đồ thị vector ta có :

$$\text{tg}\beta = (Q_C - Q_t) / P_t$$

+ Điện áp đầu vào nghịch lưu có giá trị trung bình là:

$$U_{ab} = \frac{2U_{cm}}{\pi} \cos\beta$$

+ Nếu bỏ qua tổn thất trên cuộn cảm L_a thì điện áp trung bình trên $L_a = 0$, nghĩa là $E = U_{ab}$

Bỏ qua các tổn thất trên sơ đồ thì công suất phía một chiều bằng công suất phía xoay chiều trên tải:

$$P_d = E \cdot I_d = P_t$$

4.3. Thiết bị biến tần gián tiếp

* Thiết bị biến tần gián tiếp thường gồm ba khâu:

+ Khâu chỉnh lưu: biến đổi năng lượng điện xoay chiều thành năng lượng điện một chiều

+ Khâu trung gian: làm nhiệm vụ giữ cho điện áp ra hoặc dòng điện của khâu chỉnh lưu là hằng số nhằm tạo ra nguồn áp hay nguồn dòng một chiều để cung cấp cho mạch biến đổi tần số ở phía sau

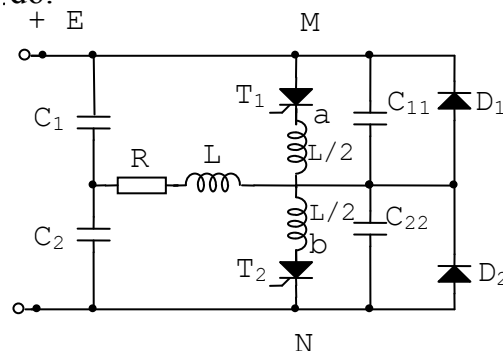
+ Khâu nghịch lưu: làm nhiệm vụ tạo ra tần số f_2 (của điện áp hay dòng điện trên phụ tải) có thể điều chỉnh được

* Tùy theo khâu trung gian là nguồn áp hay nguồn dòng ta có thiết bị biến tần áp gián tiếp hay thiết bị biến tần dòng gián tiếp. Để tạo ra nguồn dòng điện một chiều I_d , thường ở khâu trung gian là cuộn san bằng L , có điện cảm lớn đặt nối tiếp ở đầu ra của khâu chỉnh lưu. Còn khi sử dụng khâu trung gian là một tụ điện lọc C đặt song song ở đầu ra khâu chỉnh lưu ta có nguồn điện áp một chiều E

4.3.1 Thiết bị biến tần 1 pha

Thiết bị biến tần áp 1 pha kiểu 2 Tiristo nối tiếp

* Sơ đồ:



T_1, T_2 biến nguồn 1C E thành XC đặt lên tải

C_1, C_2 để phân đôi nguồn 1C $u_{C1} = u_{C2} = \frac{1}{2} E$

$C_{11}, C_{22}, L/2$ là phần tử tham gia vào quá trình chuyển mạch

D_1, D_2 hoàn trả năng lượng dòng phản kháng

* Nguyên lý:

Giả sử T_1 đang dẫn dòng đi từ $+E \rightarrow T_1 \rightarrow \frac{1}{2} L \rightarrow O' \rightarrow O$

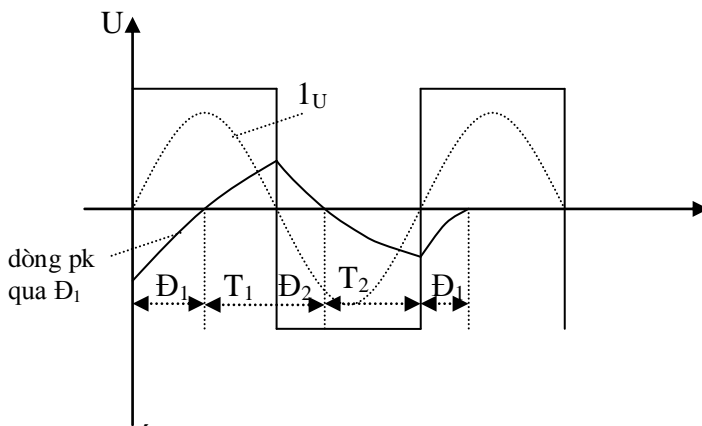
$$i = i_{T1} = i_1 > 0 \text{ (với chiều dương từ } O' \text{ đến } O)$$

$$u_{\text{tải}} = u_{C1} > 0$$

$$u_{C22} = E$$

$$u_{C11} = 0$$

+ Đồ thị theo thời gian



* Đến $T/2$ cho xung dương vào $T_2 \rightarrow T_2$ mở chưa hoàn toàn ?

tụ C_{22} phóng từ bản $+$ qua $\frac{1}{2} L \rightarrow T_2 \rightarrow$ bản $-$ (đường 1) cảm ứng sang $\frac{1}{2} L (O'a)$

$$\rightarrow e_{O'a} = E (a+, O'-)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Từ } a \rightarrow N \text{ có } u_{aN} = 2E \\ u_{MN} = 1E \end{array} \right\} \text{ a dương hơn M } \rightarrow T_1 \text{ đóng}$$

Sau khi T_1 khóa do điện cảm trên tải khác 0 nên có dòng phản kháng theo chiều cũ nạp lại cho tụ C_2

$$O' \rightarrow O \rightarrow C_2 \rightarrow Đ_2 \rightarrow O'$$

$Đ_2$ mở $u_{Đ2} = 0$, mặc dù T_2 đặt áp thuận, nhỏ $u_{T2} = u_{Đ2} = 0 \rightarrow$ chưa mở hoàn toàn

Khi $i_{pk} = 0$ thì $Đ_2$ khóa $\rightarrow T_2$ mở hoàn toàn

Dòng $+$ nguồn \rightarrow tải $\rightarrow \frac{1}{2} L \rightarrow T_2 \rightarrow -$ nguồn

Trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ thì C_2 cung cấp cho tải

$$U = U_{C2} < 0$$

$$i = i_{T2} = i_2 < 0$$

$$U_{C11} = E$$

$$U_{C22} = 0$$

Nếu điều khiển T_1, T_2 theo chu kỳ thì $U_{\text{tải}}$ có dạng sin chữ nhật khai triển Furiê có sóng hài bậc 1 ($1u$) dòng điện $i_{\text{tải}}$ có dạng hàm mũ (vì tải có điện cảm)

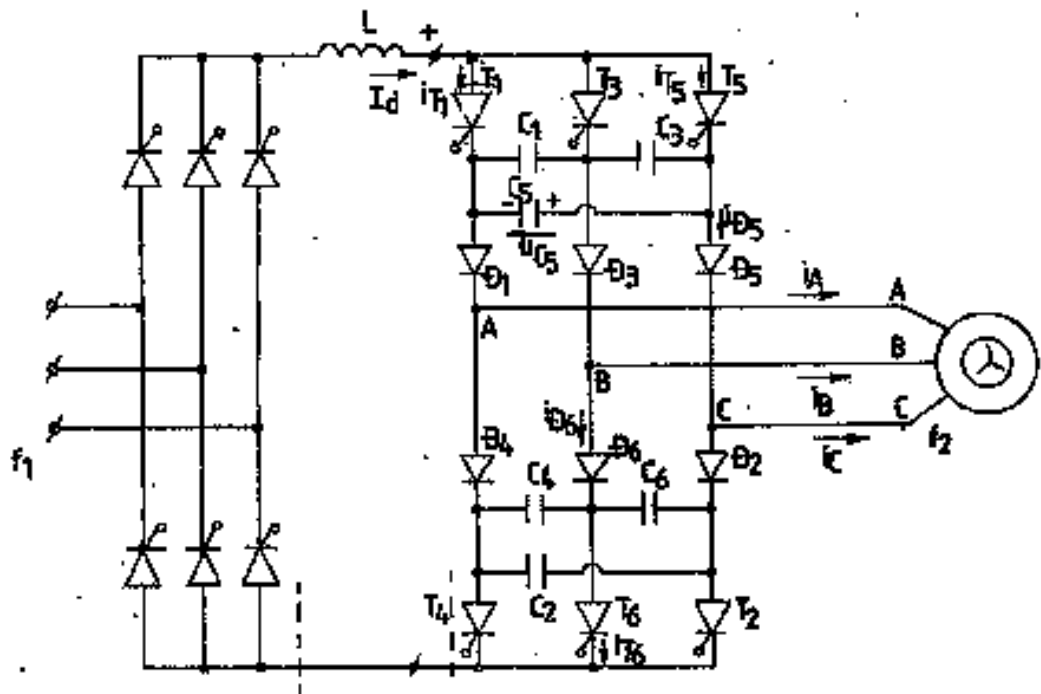
* Đến T → cho xung + vào điều khiển T₁ tương tự như trên

4.3.2 Thiết bị biến tần 3 pha

Sơ đồ mạch điện của một thiết bị biến tần dòng ba pha gián tiếp gồm:

- Khâu chỉnh lưu điều khiển là một cầu ba pha
- Khâu trung gian giữ cho dòng điện ra của khâu chỉnh lưu không đổi ($I_d = \text{const}$) nhờ cuộn cảm san bằng L để cung cấp cho cầu nghịch lưu ba pha
- Khâu nghịch lưu là một cầu biến tần 3 pha. Trong khâu này mỗi tiristo được nối tiếp thêm với một điôt. Các điôt này bảo đảm sự liên tục của dòng điện các pha phụ tải khi có sự chuyển mạch dòng điện giữa các pha. Ở mỗi nửa cầu có ba tụ điện nối giữa các pha A, B, C để làm nhiệm vụ là các tụ chuyển mạch.

* Sơ đồ biến tần dòng 3 pha gián tiếp:



Chỉnh lưu Trung gian Nghịch lưu

* Nguyên lý:

Giả thiết ở trạng thái ban đầu các tiristo T₁, T₆ đang mở dẫn điện. Dòng điện nguồn I_d sẽ qua T₁ chạy vào pha A của phụ tải sang pha B, qua T₆ về nguồn chỉnh lưu. Ta có:

$$i_A = I_d; i_B = -I_d; i_C = 0$$

+ Tại thời điểm θ_1 cho xung dòng điện i_{G2} để điều khiển mở tiristo T_2 . Nhờ tụ chuyển mạch C_6 khi T_2 mở ra sẽ khóa tiristo T_6 lại. Kết quả là T_1, T_2 cùng mở dẫn điện. Dòng điện nguồn I_d qua T_1 đi vào pha A sang pha C về nguồn chỉnh lưu. Ta có:

$$i_A = I_d; i_B = 0; i_C = -I_d$$

+ Tại thời điểm θ_2 cho xung dòng điện i_{G3} để điều khiển mở tiristo T_3 . Khi T_3 mở ra tiristo T_1 bị khóa lại, nên T_2 và T_3 cùng mở dẫn điện. Ta có:

$$i_A = 0; i_B = I_d; i_C = -I_d$$

+ Tại thời điểm θ_3 cho xung dòng điện i_{G4} để điều khiển mở tiristo T_4 . Khi T_4 mở ra tiristo T_2 bị khóa lại, nên T_3 và T_4 cùng mở dẫn điện. Ta có:

$$i_A = -I_d; i_B = I_d; i_C = 0$$

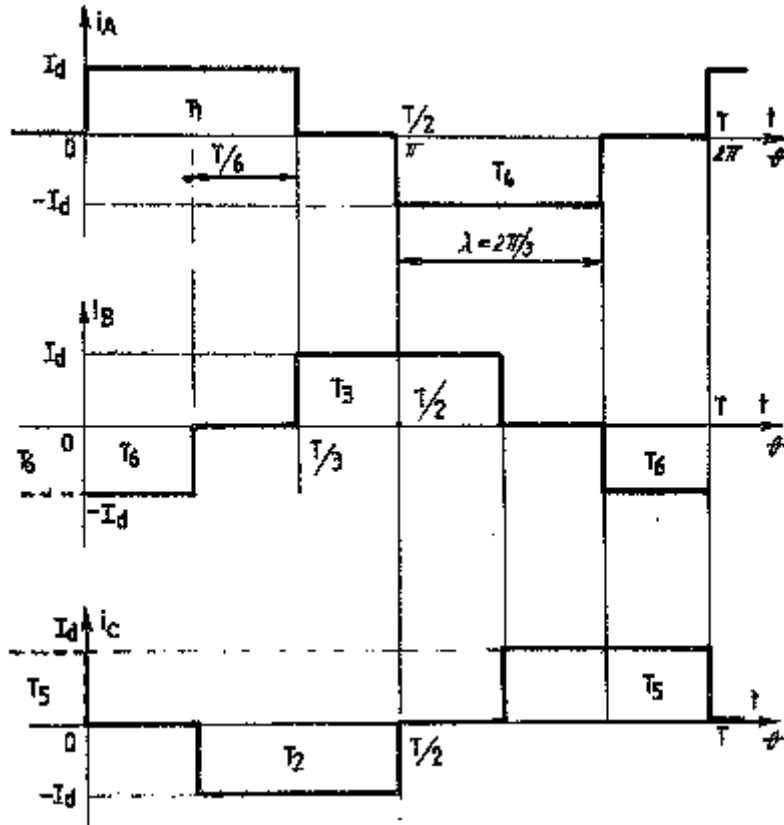
+ Tại thời điểm θ_4 cho xung dòng điện i_{G5} để điều khiển mở tiristo T_5 . Khi T_5 mở ra tiristo T_3 bị khóa lại, nên T_4 và T_5 cùng mở dẫn điện. Ta có:

$$i_A = -I_d; i_B = 0; i_C = I_d$$

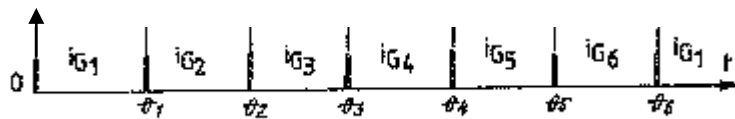
+ Tại thời điểm θ_5 cho xung dòng điện i_{G6} để điều khiển mở tiristo T_6 . Khi T_6 mở ra tiristo T_4 bị khóa lại, nên T_5 và T_6 cùng mở dẫn điện. Ta có:

$$i_A = 0; i_B = -I_d; i_C = I_d$$

Theo các phân tích trên ta vẽ được đồ thị biến thiên theo thời gian của dòng điện i_A, i_B, i_C của các pha phụ tải như hình vẽ sau:



Đồ thị dòng điện phụ tải 3 pha i_A, i_B, i_C



Đồ thị các xung dòng điện điều khiển mở các Tiristo

* Nhận xét:

- Các tiristo được điều khiển mở theo thứ tự $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ cách nhau $1/6$ chu kỳ T của dòng điện các pha của phụ tải i_A, i_B, i_C
- Điều chỉnh nhịp của xung dòng điện điều khiển mở các tiristo có thể thay đổi tần số f_2 của dòng điện phụ tải i_A, i_B, i_C
- Tại bất kỳ thời điểm nào cũng có 2 tiristo thuộc hai nhóm khác nhau mở dẫn điện (một thuộc nhóm catot chung, một thuộc nhóm anot chung), khoảng dẫn điện của mỗi Tiristo là $2\pi/3$
- Dòng điện một chiều của nguồn $I_d = \text{const}$ qua các pha của phụ tải, nhờ các tiristo đã bị cắt thành 2 khối chữ nhật, 1 khối dương, 1 khối âm, mỗi khối kéo dài một khoảng dẫn bằng $2\pi/3$, khối nọ cách khối kia một khoảng $\pi/3$
- Thực tế do động cơ điện là phụ tải điện cảm nên khi điều khiển mở một tiristo của biến tần thì dòng điện nguồn I_d không chuyển mạch đột ngột từ

pha này sang pha kia mà quá trình chuyển mạch của dòng điện sẽ xảy ra liên tục

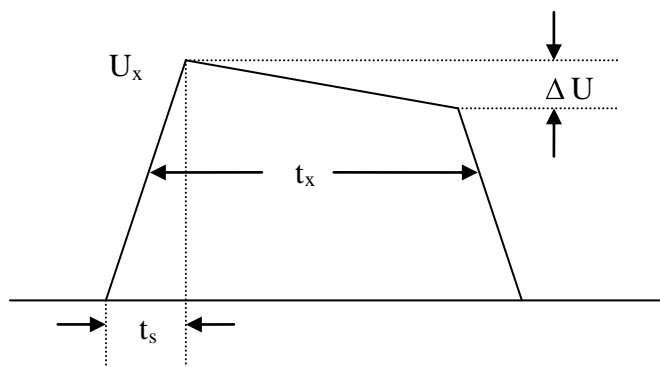
Chương 5 HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI

5.1. Yêu cầu của hệ thống điều khiển

5.1.1 Đảm bảo phát xung với đủ các yêu cầu để mở van

- + Đủ biên độ U_x
- + Đủ độ rộng t_x
- + Sườn xung ngắn ($t_s = 0.5 \div 1 \mu s$)

Các thông số liên quan đến hình dạng một xung điều khiển được minh họa như hình sau:



5.1.2 Đảm bảo tính đối xứng với các kênh điều khiển: độ lệch cho phép của các xung điều khiển ở các kênh khác nhau phải ở trong phạm vi từ $1^\circ \div 3^\circ$ ứng với cùng một giá trị điện áp điều khiển

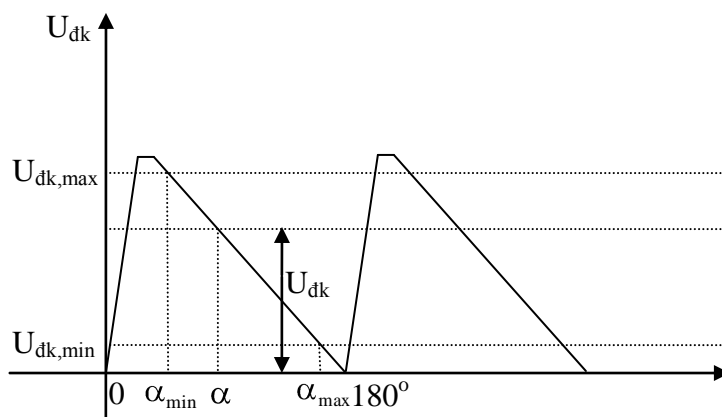
5.1.3 Đảm bảo cách ly giữa mạch điều khiển và mạch động lực

5.1.4 Đảm bảo đúng quy luật thay đổi về pha của xung điều khiển: yêu cầu này để đảm bảo phạm vi điều chỉnh của góc điều khiển α , chẳng hạn trong chỉnh lưu có điều khiển góc điều khiển α phải thay đổi được trong phạm vi $10^\circ \div 170^\circ$

5.1.5 Có thể hạn chế được phạm vi điều chỉnh góc α , không phụ thuộc sự thay đổi của điện áp lưới

5.1.6 Không gây nhiễu đối với các hệ thống điều khiển điện tử khác ở xung quanh

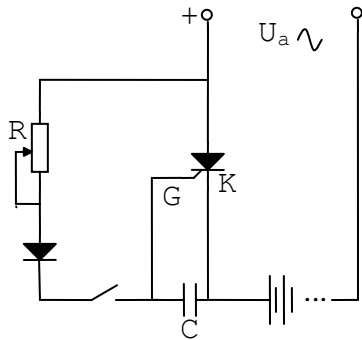
5.1.7 Có khả năng bảo vệ quá áp, quá dòng, mất pha...và báo tín hiệu khi có sự cố



Giới hạn góc điều khiển α

5.2 Các nguyên tắc điều khiển

5.2.1 Điều khiển theo biên độ:



$U_a > 0$, $U_G > 0$, điều chỉnh biến trở R từ đó thay đổi độ lớn điện áp điều khiển đặt vào Tiristo, mở rộng biên độ điều khiển nhờ vào tụ C

5.2.2 Điều khiển theo chiều đứng: là nguyên tắc so sánh

a) Kiểu tuyến tính: theo nguyên tắc này người ta dùng 2 điện áp

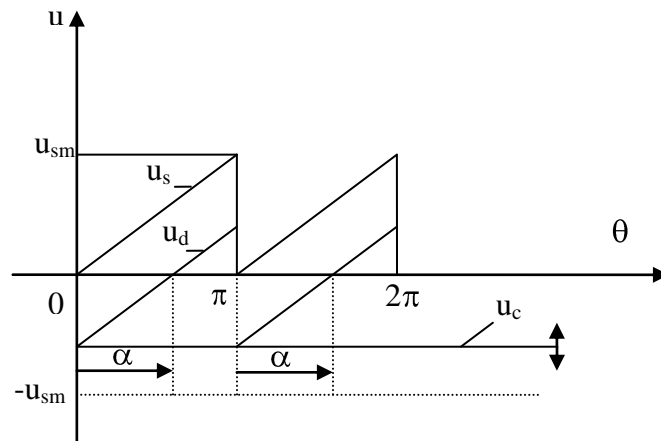
- Điện áp đồng bộ, kí hiệu là u_s , đồng bộ với điện áp đặt trên anôt-catôt của tiristo thường đặt vào đầu đảo của khâu so sánh, có dạng răng cưa
- Điện áp điều khiển, kí hiệu là u_c (điện áp một chiều có thể điều chỉnh được biên độ) thường đặt vào đầu không đảo của khâu so sánh
- Do vậy, hiệu điện thế của đầu vào khâu so sánh là:

$$u_d = u_c + u_s.$$

u_c , u_s là 2 điện áp ngược cực tính, ngược chiều nhau

$u_s > 0$ thì $u_c < 0$, điều chỉnh được

Khi $u_d = 0$ thì khâu so sánh lật trạng thái, ta nhận được xung điều khiển ra khâu so sánh. Bằng cách thay đổi u_c người ta có thể điều chỉnh thời điểm xuất hiện xung ra, tức điều chỉnh được góc α



Khi $u_d = 0$ là thời điểm so sánh

$$u_c = 0 \rightarrow \alpha = 0$$

$$u_c = -u_{sm} \rightarrow \alpha = \pi$$

Điều khiển u_c lên, xuống theo chiều đứng, α thay đổi tuyến tính theo $u_{dk}(u_c)$, khoảng điều khiển $u_c \leq (0 \div -U_{sm})$

$$\alpha = \pi \cdot \frac{-U_c}{U_{sm}}$$

b) Kiểu Arccos: theo nguyên tắc này dùng 2 điện áp

- Điện áp đồng bộ u_s , vượt trước $u_{AK} = U_m \sin \omega t$ của tiristo 1 góc $\pi/2$

$$u_s = U_m \cos \omega t$$

- Điện áp điều khiển u_c là điện áp một chiều, có thể điều chỉnh được biên độ theo 2 chiều (dương và âm)

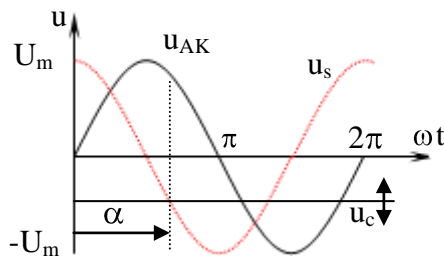
- Do vậy, hiệu điện thế của đầu vào khâu so sánh là:

$$u_d = u_c + u_s.$$

- Nếu đặt u_s vào cổng đảo và u_c vào cổng không đảo của khâu so sánh thì khi $u_d = 0$ nhận được xung ở đầu ra khâu so sánh điều khiển Tiristo

$$\rightarrow u_c + u_s = 0 \rightarrow u_c + U_m \cos \omega t = 0$$

$$\rightarrow u_c + U_m \cos \alpha = 0 \rightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{-u_c}{U_m}\right)$$



$$\text{Khi } u_c = 0 \rightarrow \alpha = \arccos(0) \rightarrow \alpha = \pi/2$$

$$u_c = -U_m \rightarrow \alpha = \arccos(1) \rightarrow \alpha = 0$$

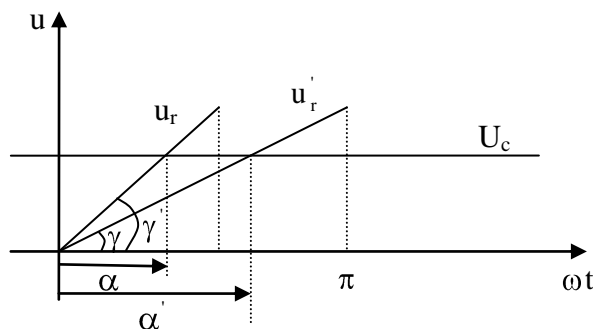
$$u_c = U_m \rightarrow \alpha = \arccos(-1) \rightarrow \alpha = \pi$$

Điều khiển u_c : ($-U_m \div 0 \div U_m$) thì góc α thay đổi từ ($0 \div \pi/2 \div \pi$)

5.2.3 Điều khiển theo chiều ngang: dùng 2 điện áp

- Điện áp một chiều U_c không điều chỉnh được

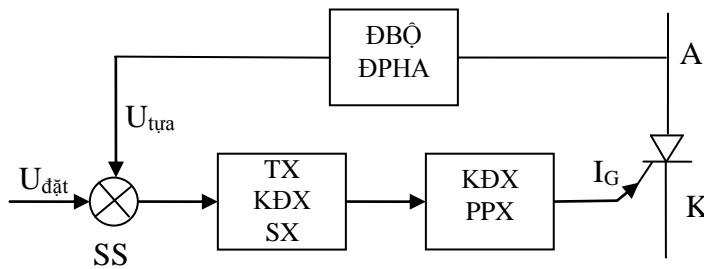
- Điện áp u_r dạng răng cưa được tạo ra trong mạch có tụ tuyến tính hoá



Với γ : là góc tã ($\gamma' > \gamma$) điểm so sánh dịch chuyển ngang

Để thay đổi u_r (dạng răng cưa) thì người ta thay đổi chu kỳ phóng nạp của tụ C (τ)

5.3 Hệ thống điều khiển chỉnh lưu



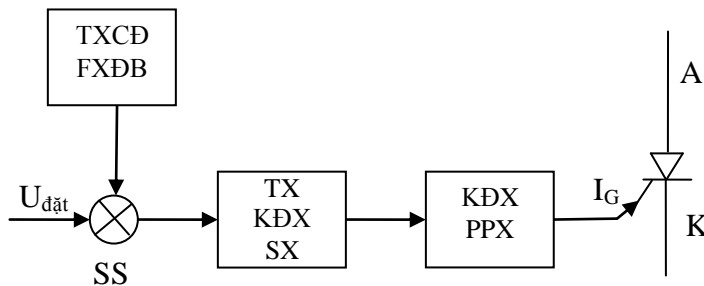
KĐX, PPX: là khâu khuếch đại xung, phân phối xung dùng biến áp xung để biến đổi xung từ sơ cấp sang thứ cấp đưa đến điều khiển Tiristo. Các xung qua BAX không được biến dạng nhiều, giữ được độ dốc của sườn xung, độ lớn không bị tổn thất nhiều. BAX có nhiệm vụ cách ly về mặt điện từ giữa mạch động lực có áp cao với mạch điều khiển có áp thấp để bảo vệ cho người sử dụng và mạch điện

TX, KĐX, SX: là khâu tạo xung, khuếch đại xung, sửa xung

SS: là khâu so sánh

ĐBỘ, ĐPHA: là khâu tạo điện áp tựa có dạng với điện áp nguồn

5.4 Hệ thống điều khiển nghịch lưu



KĐX, PPX: là khâu khuếch đại xung, phân phối xung

TX, KĐX, SX: là khâu tạo xung, khuếch đại xung, sửa xung

SS: là khâu so sánh

TXCĐ, FXĐB: là khâu tạo xung chủ đạo, phát xung đồng bộ

Hệ thống điều khiển nghịch lưu có thể không có khâu so sánh

Chương 6 PHƯƠNG PHÁP BẢO VỆ CÁC THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI

Các linh kiện điện tử công suất cần được bảo vệ chống quá dòng, quá điện áp và quá tốc độ biến thiên dòng điện di/dt , tốc độ biến thiên điện áp du/dt

6.1 Bảo vệ dòng điện

* Sự cố gây nguy hiểm nhất cần chú ý bảo vệ là linh kiện bán dẫn công suất gây ngắn mạch nguồn cung cấp

I_{nm} rất lớn so với định mức $\rightarrow t^0$ tại đó tăng vọt \rightarrow cháy thiết bị
 I_{nm} tăng \rightarrow sức từ động $F \uparrow \uparrow$ nên có sự va đập mạnh làm hư kết cấu

- Vì vậy phải bảo vệ ngắn mạch bằng cách dùng cầu chì, role dòng điện, aptomat (1 pha, 3 pha)...mắc nối tiếp với phần tử cần bảo vệ để loại bỏ vùng ngắn mạch ra khỏi lưới điện, không được mắc thiết bị bảo vệ ở dây trung tính hay dây nối mass. Điện áp hồ quang của cầu chì phải tương đối lớn để giảm nhanh dòng điện và tiêu tán dòng điện trong mạch.

- Khi cầu chì đứt điện áp phục hồi phải đủ lớn để không làm hồ quang cháy lại giữa các cực của cầu chì

- Để bảo vệ các linh kiện điện tử chặt chẽ, người ta có xu hướng bảo vệ từng linh kiện bằng một cầu chì riêng, đôi khi phải thêm điện cảm để hạn chế tốc độ tăng của dòng ngắn mạch

* Khi $I_{lv} = (1,2 \div 1,4)I_{dm} = I_{qt}$ (I_{qt} : dòng điện quá tải)

$I_{qtnh} = (1,4 \div 1,6)I_{dm}$

$I_{qtdh} > I_{qtnh}$ khoảng 10^7 sẽ làm giảm tuổi thọ, hư cách điện của thiết bị nên phải bảo vệ quá dòng, quá tải, quá nhiệt cho thiết bị

- Để bảo vệ quá tải dài hạn thường người ta dùng role nhiệt, aptomat, role dòng, bán dẫn.

- Để bảo vệ quá tải ngắn hạn thì sử dụng aptomat, role dòng, bán dẫn mắc nối tiếp với phần tử bảo vệ

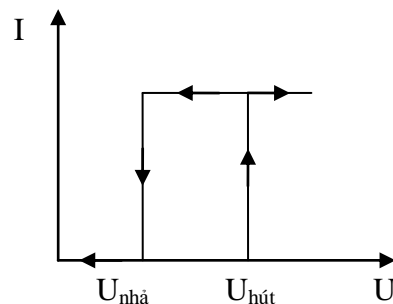
* Khi $\frac{di}{dt} \gg \frac{di}{dt}^{cp} \rightarrow$ thiết bị hư hỏng ngay, tiếp giáp bị đánh thủng. Để

khống chế tốc độ tăng, giảm dòng ($\frac{di}{dt} \leq \frac{di}{dt}^{cp}$) người ta mắc thêm cuộn dây nối tiếp với phần tử cần bảo vệ

6.2 Bảo vệ điện áp

* Khi $U > U_{dm} \rightarrow I$ tăng, bảo vệ bằng role điện áp RA

Đặc tính của RA



* $\frac{du}{dt} \gg \frac{du}{dt}_{cp}$ do ảnh hưởng bên ngoài như sự đổi chiều của các công tắc tơ, sóng sét, dao động điện áp nguồn và do nguyên nhân bên trong bộ biến đổi khi có sự chuyển mạch của các linh kiện.

- Để chống lại các nguồn điện áp quá độ, cần bảo vệ riêng rẽ từng thiết bị, dùng tụ C mắc song song với phần tử cần bảo vệ

Đối với Ti: khi Ti khoá $U_{AK} \approx U_{nguồn}$

Ti mở $U_{AK} \approx 0$

Ti từ mở chuyển sang khoá $\rightarrow u$ tăng đột ngột, $du/dt \gg$, đánh thủng Ti. Vì vậy để hạn chế tốc độ du/dt người ta mắc tụ C song song với Ti khi đó $U_{AK} \approx U_C$

Ti mở thì tụ C sẽ phóng qua Ti làm U_{AK} giảm dần,

Ti khoá thì tụ C sẽ nạp làm U_{AK} tăng dần.

- Để hạn chế dòng phóng mắc R nối tiếp C $I_{Ti} = I_a + i_f \leq I_{cp}$

- Để cải thiện hơn nữa và bảo vệ chống tốc độ tăng của du/dt , có thể mắc điốt song song với điện trở R.

- Thông số của mạch bảo vệ C, R, L thường được chọn

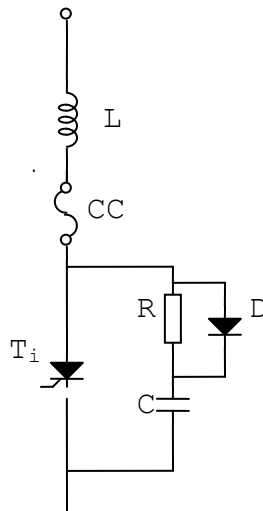
với $C = 0,01 \div 1 \mu F$

$R = 10 \div 1000 \Omega$

$L = 50 \div 100 \mu H$

- Trị số chính xác phụ thuộc vào điện áp mạch, vào năng lượng tích lũy trong các nguồn quá độ, theo công thức kinh nghiệm.

- Bảo vệ điện áp có thể đặt ở phía nguồn hay dây dẫn phía tải hoặc cả hai phía, đối với bộ biến đổi công suất lớn thường đặt ở cả 2 phía





Bài tập lớn
Điện tử công suất



CHƯƠNG I

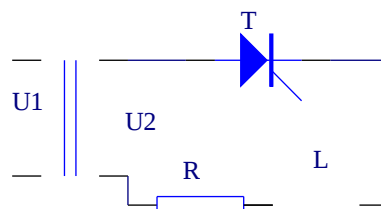
GIỚI THIỆU KHÁI QUÁT VỀ CHỈNH LƯU

Để cấp nguồn cho tải một chiều, chúng ta cần thiết kế các bộ chỉnh lưu mục đích biến đổi năng lượng điện xoay chiều thành một chiều. Các loại bộ biến đổi này có thể là chỉnh lưu không điều khiển và chỉnh lưu có điều khiển. Với mục đích giảm công suất vô công, người ta thường mắc song song ngược với tải một chiều một điôt (loại sơ đồ này được gọi là sơ đồ có điôt ngược). Trong các sơ đồ chỉnh lưu có điôt ngược, khi có và không có điều khiển, năng lượng được truyền từ phía lưới xoay chiều sang một chiều, nghĩa là các loại chỉnh lưu đó chỉ có thể làm việc ở chế độ chỉnh lưu. Các bộ chỉnh lưu có điều khiển, không điôt ngược có thể trao đổi năng lượng theo cả hai chiều. Khi năng lượng truyền từ lưới xoay chiều sang tải một chiều, bộ nguồn làm việc ở chế độ chỉnh lưu, khi năng lượng truyền theo chiều ngược lại (nghĩa là từ phía tải một chiều về lưới xoay chiều) thì bộ nguồn làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới.

Theo dạng nguồn cấp xoay chiều, chúng ta có thể chia chỉnh lưu thành một hay ba pha. Các thông số quan trọng của sơ đồ chỉnh lưu là: dòng điện và điện áp tải; dòng điện chạy trong cuộn dây thứ cấp biến áp; số lần đập mạch trong một chu kỳ. Dòng điện chạy trong cuộn dây thứ cấp biến áp có thể là một chiều, hay xoay chiều, có thể phân loại thành sơ đồ có dòng điện biến áp một chiều hay, xoay chiều. Số lần đập mạch trong một chu kỳ là quan hệ của tần số sóng hài thấp nhất của điện áp chỉnh lưu với tần số điện áp xoay chiều.

Theo hình dạng các sơ đồ chỉnh lưu, với chuyển mạch tự nhiên chúng ta có thể phân loại chỉnh lưu thành các loại sơ đồ sau.

1. Chỉnh lưu một nửa chu kỳ.



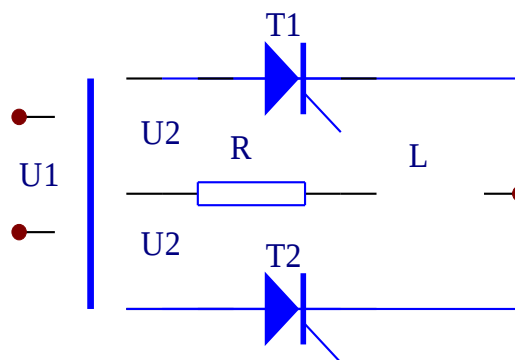
Hình 1. Sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ.

Ở sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ hình 1 sóng điện áp ra một chiều sẽ bị gián đoạn trong một nửa chu kỳ khi điện áp anod của van bán dẫn âm, do vậy khi sử dụng sơ đồ chỉnh lưu một nửa chu kỳ, chúng ta có chất lượng điện áp xấu. Với chất lượng điện áp rất xấu và cũng cho ta hệ số sử dụng biến áp xấu.

Đánh giá chung về loại chỉnh lưu này chúng ta có thể nhận thấy, đây là loại chỉnh lưu cơ bản, sơ đồ nguyên lý mạch đơn giản. Tuy vậy các chất lượng kỹ thuật như: chất lượng điện áp một chiều; hiệu suất sử dụng biến áp quá xấu. Do đó loại chỉnh lưu này ít được ứng dụng trong thực tế.

Khi cần chất lượng điện áp khá hơn, người ta thường sử dụng sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ theo các phương án sau.

2. Chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính.



Hình 2. Sơ đồ chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính.

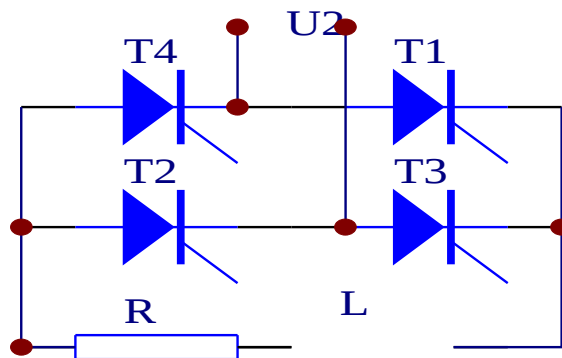
Theo hình dạng sơ đồ, thì biến áp phải có hai cuộn dây thứ cấp với thông số giống hệt nhau, ở mỗi nửa chu kỳ có một van dẫn cho dòng điện chạy qua. Cho nên ở cả hai nửa chu kỳ sóng điện áp tải trùng với điện áp cuộn dây có van dẫn. Trong sơ đồ này điện áp tải đập mạch trong cả hai nửa chu kỳ, với tần số đập mạch bằng hai lần tần số điện áp xoay chiều.

Mỗi van dẫn thông trong một nửa chu kỳ, do vậy dòng điện mà van bán dẫn phải chịu tối đa bằng 1/2 dòng điện tải, trị hiệu dụng của dòng điện chạy

tập lớn điện tử công suất

qua van $I_{hd} = 0,71.I_d$

So với chỉnh lưu nửa chu kỳ, thì loại chỉnh lưu này có chất lượng điện áp tốt hơn. Dòng điện chạy qua van không quá lớn, tổng điện áp rơi trên van nhỏ. Đối với chỉnh lưu có điều khiển, thì sơ đồ hình 2 nói chung và việc điều khiển các van bán dẫn ở đây tương đối đơn giản. Tuy vậy việc chế tạo biến áp có hai cuộn dây thứ cấp giống nhau, mà mỗi cuộn chỉ làm việc có một nửa chu kỳ, làm cho việc chế tạo biến áp phức tạp hơn và hiệu suất sử dụng biến áp xấu hơn, mặt khác điện áp ngược của các van bán dẫn phải chịu có trị số lớn nhất.

3. Chỉnh lưu cầu một pha.

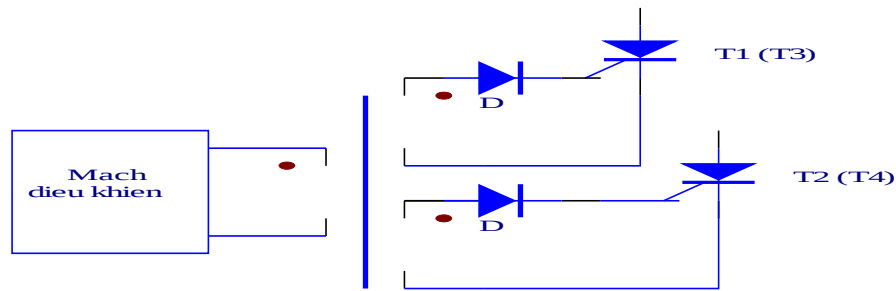
Hình 3. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng.

Hoạt động của sơ đồ này khái quát có thể mô tả như sau. Trong nửa bán kỳ điện áp anod của Tiristo T1 dương (+) (lúc đó catod T2 âm (-)), nếu có xung điều khiển cho cả hai van T1, T2 đồng thời, thì các van này sẽ được mở thông để đặt điện áp lưới lên tải, điện áp tải một chiều còn bằng điện áp xoay chiều chừng nào các Tiristo còn dẫn (khoảng dẫn của các Tiristo phụ thuộc vào tính chất của tải). Đến nửa bán kỳ sau, điện áp đổi dấu, anod của Tiristo T3 dương (+) (catod T4 âm (-)), nếu có xung điều khiển cho cả hai van T3, T4 đồng thời, thì các van này sẽ được mở thông, để đặt điện áp lưới lên tải, với điện áp một chiều trên tải có chiều trùng với nửa bán kỳ trước.

Chỉnh lưu cầu một pha hình 3 có chất lượng điện áp ra hoàn toàn giống như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính, như sơ đồ hình 2. Việc điều khiển đồng thời các Tiristo T1, T2 và T3, T4 có thể thực hiện bằng nhiều

tập lớn điện tử công suất

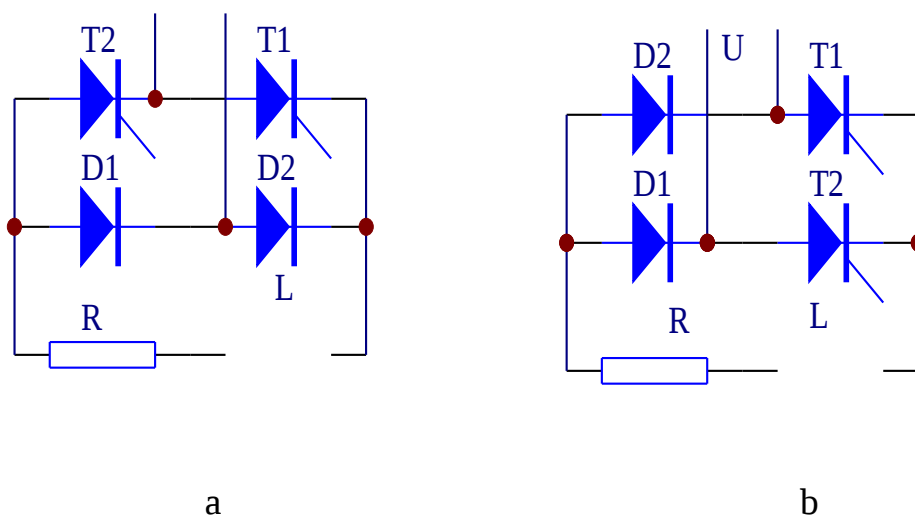
cách, một trong những cách đơn giản nhất là sử dụng biến áp xung có hai cuộn thứ cấp như hình 4:



Hình 4. Phương án cấp xung chỉnh lưu cầu một pha

Điều khiển các Tiristo trong sơ đồ hình 3, nhiều khi gặp khó khăn cho trong khi mở các van điều khiển, nhất là khi công suất xung không đủ lớn. Để tránh việc mở đồng thời các van như ở trên, mà chất lượng điện áp chùng mực nào đó vẫn có thể đáp ứng được, người ta có thể sử dụng chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng có thể thực hiện bằng hai phương án khác nhau như hình 5. Giống nhau ở hai sơ đồ này là: chúng đều có hai Tiristo và hai điôt; mỗi lần cấp xung điều khiển chỉ cần một xung; điện áp một chiều trên tải có hình dạng và trị số giống nhau; đường cong điện áp tải chỉ có phần điện áp dương nên sơ đồ không làm việc với tải có nghịch lưu trả năng lượng về lưới. Sự khác nhau giữa hai sơ đồ trên được thể hiện rõ rệt khi làm việc với tải điện cảm lớn, lúc này dòng điện chạy qua các van điều khiển và không điều khiển sẽ khác nhau.



Hình 5. Sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha điều khiển không đối xứng.

tập lớn điện tử công suất

Trên sơ đồ hình 5a, khi điện áp anod T1 dương và catod D1 âm có dòng điện tải chạy qua T1, D1 đến khi điện áp đổi dấu (với anod T2 dương) mà chưa có xung mở T2, năng lượng của cuộn dây tải L được xả ra qua D2, T1. Như vậy việc chuyển mạch của các van không điều khiển D1, D2 xảy ra khi điện áp bắt đầu đổi dấu. Tiristo T1 sẽ bị khoá khi có xung mở T2, kết quả là chuyển mạch các van có điều khiển được thực hiện bằng việc mở van kế tiếp. Từ những giải thích trên chúng ta thấy rằng, các van bán dẫn được dẫn thông trong một nửa chu kỳ (các điôt dẫn từ đầu đến cuối bán kỳ điện áp âm catod, còn các Tiristo được dẫn thông tại thời điểm có xung mở và bị khoá bởi việc mở Tiristo ở nửa chu kỳ kế tiếp). Về trị số, thì dòng điện trung bình chạy qua van bằng $I_{tb} = (1/2) I_d$, dòng điện hiệu dụng của van $I_{hd} = 0,71.I_d$.

Theo sơ đồ hình 5b, khi điện áp lưới đặt vào anod và catod của các van bán dẫn thuận chiều và có xung điều khiển, thì việc dẫn thông các van hoàn toàn giống như sơ đồ hình 5a. Khi điện áp đổi dấu năng lượng của cuộn dây L được xả ra qua các điôt D1, D2, các van này đóng vai trò của điôt ngược. Chính do đó mà các Tiristo sẽ tự động khoá khi điện áp đổi dấu. Có thể thấy rằng, ở sơ đồ này dòng điện qua Tiristo nhỏ hơn dòng điện qua các điôt.

Nhìn chung các loại chỉnh lưu cầu một pha có chất lượng điện áp tương đương như chỉnh lưu cả chu kỳ với biến áp có trung tính, chất lượng điện một chiều như nhau, dòng điện làm việc của van bằng nhau, nên việc ứng dụng chúng cũng tương đương nhau. Mặc dù vậy ở chỉnh lưu cầu một pha có ưu điểm hơn ở chỗ: điện áp ngược trên van bé hơn; biến áp dễ chế tạo và có hiệu suất cao hơn. Thế nhưng chỉnh lưu cầu một pha có số lượng van nhiều gấp hai lần, làm giá thành cao hơn, sụt áp trên van lớn gấp hai lần, chỉnh lưu cầu điều khiển đối xứng thì việc điều khiển phức tạp hơn.

Các sơ chỉnh lưu một pha cho ta điện áp với chất lượng chưa cao, biên độ đập mạch điện áp quá lớn, thành phần hài bậc cao lớn điều này không đáp ứng được cho nhiều loại tải. Muốn có chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta phải sử dụng các sơ đồ có số pha nhiều hơn.

4. Chỉnh lưu tia ba pha.

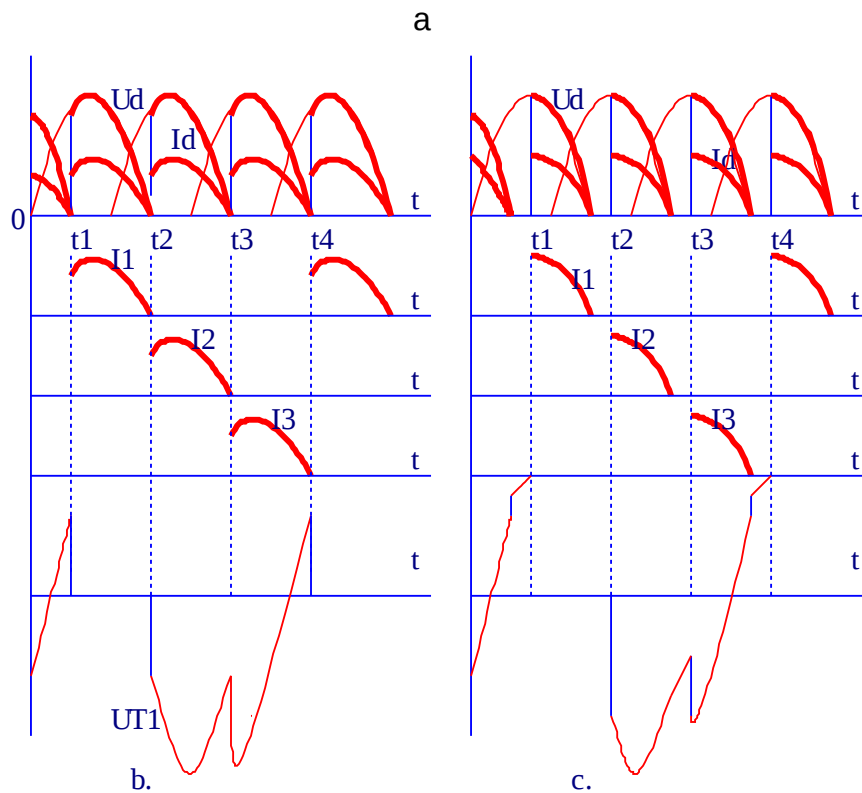
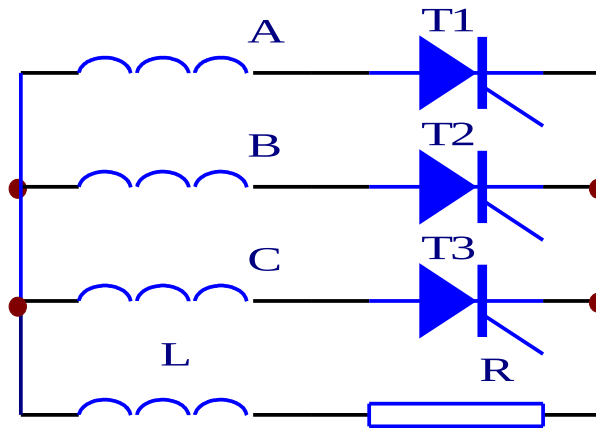
Khi biến áp có ba pha đấu sao (Y) trên mỗi pha A,B,C ta nối một van như hình 6.a, ba catod đấu chung cho ta điện áp dương của tải, còn trung tính biến áp sẽ là điện áp âm. Ba pha điện áp A,B,C dịch pha nhau một góc là 120° theo các đường cong điện áp pha, chúng ta có điện áp của một pha dương hơn điện áp của hai pha kia trong khoảng thời gian $1/3$ chu kỳ (120°). Từ đó thấy rằng, tại mỗi thời điểm chỉ có điện áp của một pha dương hơn hai pha kia.

Nguyên tắc mở thông và điều khiển các van ở đây là khi anod của van nào dương hơn van đó mới được kích mở. Thời điểm hai điện áp của hai pha giao nhau được coi là góc thông tự nhiên của các van bán dẫn. Các Tiristor chỉ

tập lớn điện tử công suất

được mở thông với góc mở nhỏ nhất tại thời điểm góc thông tự nhiên (như vậy trong chỉnh lưu ba pha, góc mở nhỏ nhất $\alpha = 0^\circ$ sẽ dịch pha so với điện áp pha một góc

là 30°).



Hình 6 Chỉnh lưu tia ba pha

a. Sơ đồ động lực; b- Giải đồ đường các cong khi góc mở $\alpha = 30^\circ$ tải thuần trở; c- Giải đồ các đường cong khi $\alpha = 60^\circ$ các đường cong gián đoạn.

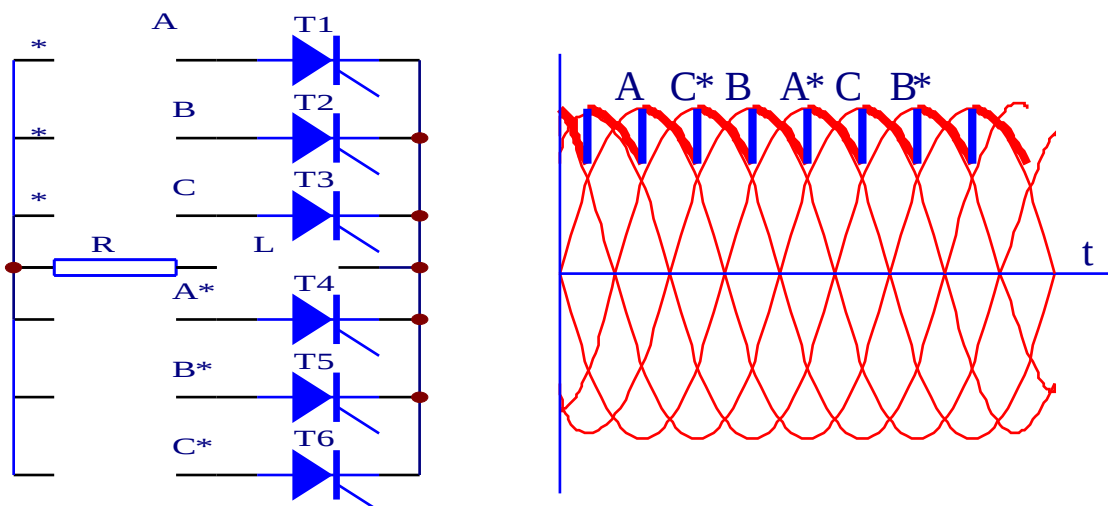
tập lớn điện tử công suất

Từ sơ đồ ,ta thấy ở một thời điểm nào đó chỉ có một van dẫn, như vậy mỗi van dẫn thông trong 1/3 chu kỳ nếu điện áp tải liên tục,còn nếu điện áp tải gián đoạn thì thời gian dẫn thông của các van nhỏ hơn. Tuy nhiên trong cả hai trường hợp dòng điện trung bình của các van đều bằng $1/3.I_d$. Trong khoảng thời gian van dẫn dòng điện của van bằng dòng điện tải, trong khoảng van khoá dòng điện van bằng 0. Điện áp của van phải chịu bằng điện dây giữa pha có van khoá với pha có van đang dẫn. Khi tải thuần trở dòng điện và điện áp tải liên tục hay gián đoạn phụ thuộc góc mở của các Tiristo. Nếu góc mở Tiristo nhỏ hơn $\alpha \leq 30^\circ$, các đường cong Ud, Id liên tục, khi góc mở lớn hơn $\alpha > 30^\circ$ điện áp và dòng điện tải gián đoạn .

So với chỉnh lưu một pha, thì chỉnh lưu tia ba pha có chất lượng điện một chiều tốt hơn, biên độ điện áp đập mạch thấp hơn, thành phần sóng hài bậc cao bé hơn, việc điều khiển các van bán dẫn trong trường hợp này cũng tương đối đơn giản. Với việc dòng điện mỗi cuộn dây thứ cấp là dòng một chiều, nhờ có biến áp ba pha ba trụ mà từ thông lõi thép biến áp là từ thông xoay chiều không đối xứng làm cho công suất biến áp phải lớn .Nếu ở đây biến áp được chế tạo từ ba biến áp một pha thì công suất các biến áp còn lớn hơn nhiều. Khi chế tạo biến áp động lực các cuộn dây thứ cấp phải được đấu Y với dây trung tính phải lớn hơn dây pha vì theo sơ đồ hình 6a thì dây trung tính chịu dòng điện tải.

5. Chỉnh lưu tia sáu pha.

Sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha ở trên có chất lượng điện áp tải chưa thật tốt lắm. Khi cần chất lượng điện áp tốt hơn chúng ta sử dụng sơ đồ nhiều pha hơn. Một trong những sơ đồ đó là chỉnh lưu tia sáu pha. Sơ đồ động lực mô tả trên hình vẽ:



tập lớn điện tử công suất

a

b

Hình 7 Chỉnh lưu tia sáu pha

a- Sơ đồ động lực; b- Đường cong điện áp tải

Sơ đồ chỉnh lưu tia sáu pha được cấu tạo bởi sáu van bán dẫn nối tới biến áp ba pha với sáu cuộn dây thứ cấp, trên mỗi trụ biến áp có hai cuộn giống nhau và ngược pha. Điện áp các pha dịch nhau một góc là 60° , dạng sóng điện áp tải ở đây là phần dương hơn của các điện áp pha với đập mạch bậc sáu. Với dạng sóng điện áp như trên, ta thấy chất lượng điện áp một chiều được coi là tốt nhất.

Theo dạng sóng điện áp ra, chúng ta thấy rằng mỗi van bán dẫn dẫn thông trong khoảng $1/6$ chu kỳ. So với các sơ đồ khác, thì ở chỉnh lưu tia sáu pha dòng điện chạy qua van bán dẫn bé nhất. Do đó sơ đồ chỉnh lưu tia sáu pha rất có ý nghĩa khi dòng tải lớn. Trong trường hợp đó chúng ta chỉ cần có van nhỏ có thể chế tạo bộ nguồn với dòng tải lớn.

6. Chỉnh lưu cầu ba pha.**a/Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.**

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng hình 8.a có thể coi như hai sơ đồ chỉnh lưu tia ba pha mắc ngược chiều nhau, ba Tiristo T1, T3, T5 tạo thành một chỉnh lưu tia ba pha cho điện áp (+) tạo thành nhóm anod, còn T2, T4, T6 là một chỉnh lưu tia cho ta điện áp âm tạo thành nhóm catod, hai chỉnh lưu này ghép lại thành cầu ba pha.

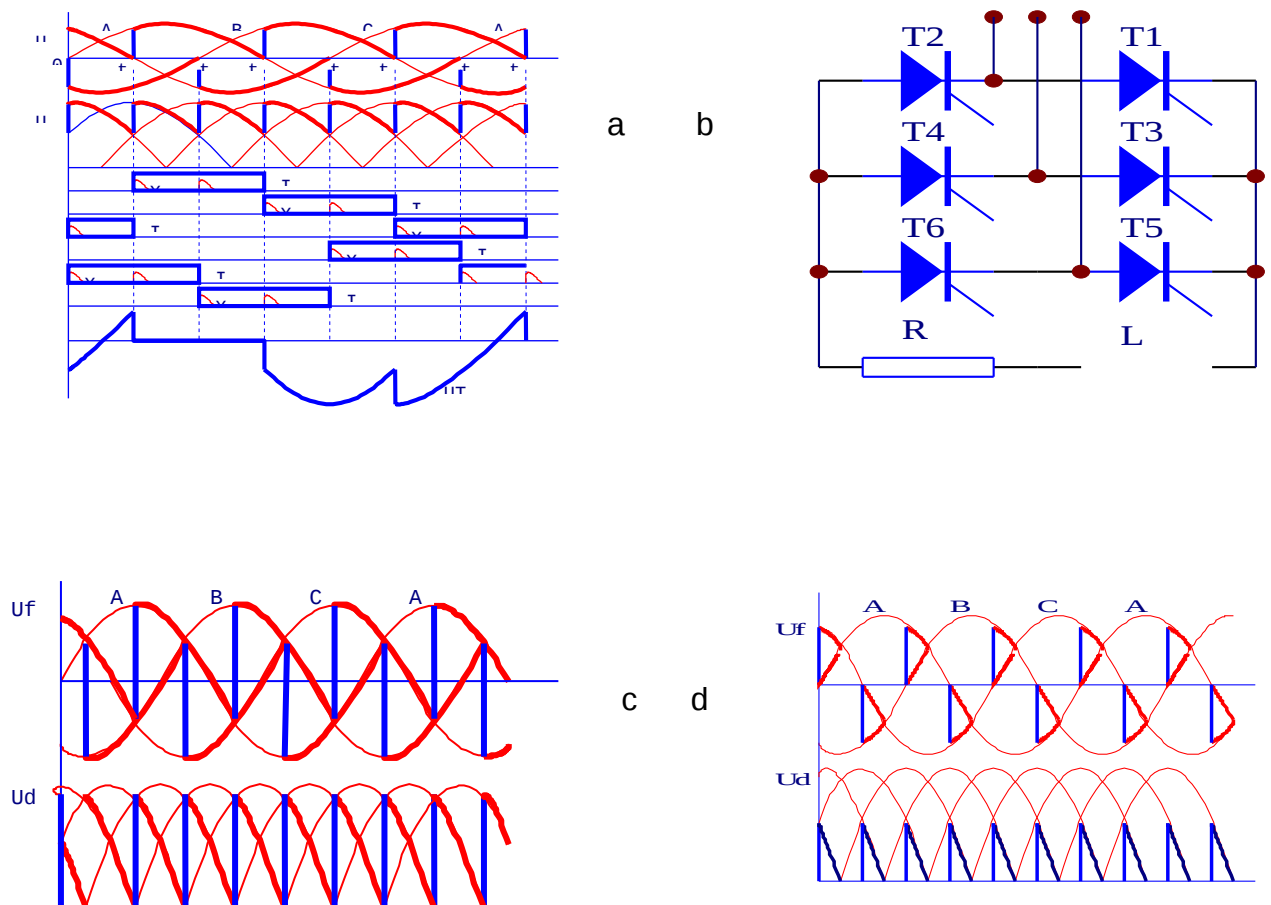
Theo hoạt động của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, dòng điện chạy qua tải là dòng điện chạy từ pha này về pha kia, do đó tại mỗi thời điểm cần mở Tiristo chúng ta cần cấp hai xung điều khiển đồng thời (một xung ở nhóm anod (+), một xung ở nhóm catod (-)).

Khi chúng ta cấp đúng các xung điều khiển, dòng điện sẽ được chạy từ pha có điện áp dương hơn về pha có điện áp âm hơn. Khi góc mở van nhỏ hoặc điện cảm lớn, trong mỗi khoảng dẫn của một van của nhóm này (anod hay catod) thì sẽ có hai van của nhóm kia đổi chỗ cho nhau. Điện áp ngược các

tập lớn điện tử công suất

van phải chịu ở chỉnh lưu cầu ba pha sẽ bằng 0 khi van dẫn và bằng điện áp dây khi van khoá.

Sự phức tạp của chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng như đã nói trên là cần phải mở đồng thời hai van theo đúng thứ tự pha, do đó gây không ít khó khăn khi chế tạo vận hành và sửa chữa. Để đơn giản hơn người ta có thể sử dụng điều khiển không đối xứng.



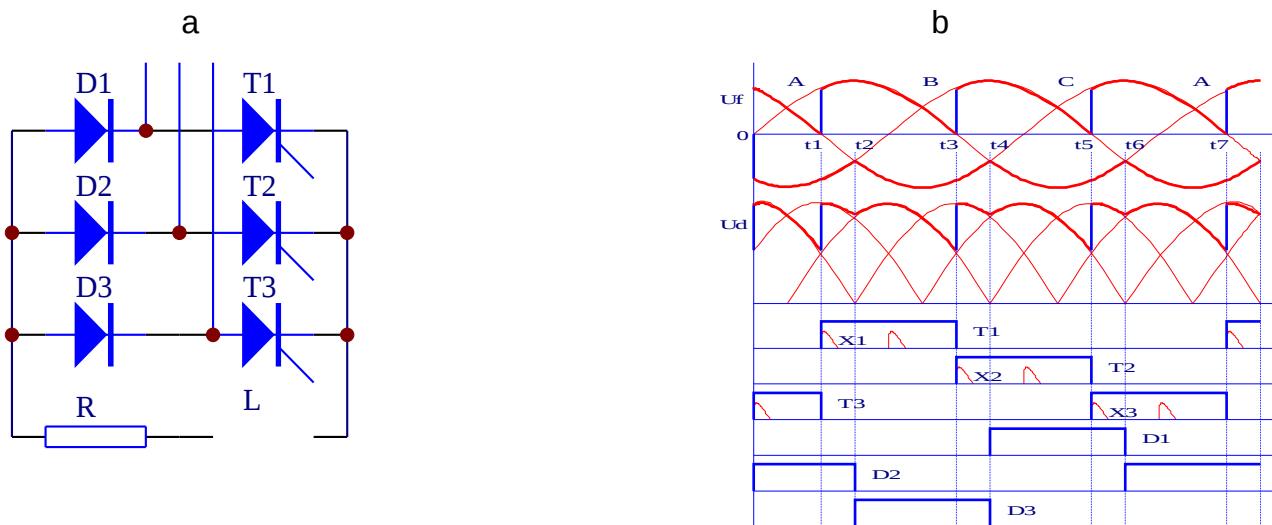
Hình 8. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng.

a- sơ đồ động lực; b- giản đồ các đường cong cơ bản

c,d - điện áp tải khi $\alpha = 60^\circ$ $\alpha = 90^\circ$

b/Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng.

Loại chỉnh lưu này được cấu tạo từ một nhóm (anod hoặc catod) điều khiển và một nhóm không điều khiển như mô tả trên hình vẽ:



Hình 9. Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng.

a- sơ đồ động lực; b- giản đồ các đường cong cơ bản

Chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng có dòng điện và điện áp tải liên tục khi góc mở các van bán dẫn nhỏ hơn 60° , khi góc mở tăng lên và thành phần điện cảm của tải nhỏ, dòng điện và điện áp sẽ gián đoạn.

Theo dạng sóng điện áp tải ở trên trị số điện áp trung bình trên tải bằng 0 khi góc mở đạt tới 180° . Người ta có thể coi điện áp trung bình trên tải là kết quả của tổng hai điện áp chỉnh lưu tia ba pha

$$U_{tb} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} U_f(\max)(1 + \cos\alpha) = \frac{3}{2\pi} U_{day}(\max)(1 + \cos\alpha) \quad (1-6)$$

Việc kích mở các van điều khiển trong chỉnh lưu cầu ba pha có điều khiển dễ dàng hơn, nhưng các điều hoà bậc cao của tải và của nguồn lớn hơn.

So với chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng, thì trong sơ đồ này

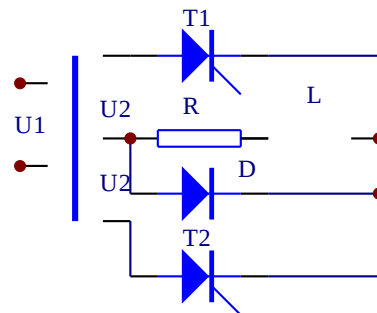
tập lớn điện tử công suất

việc điều khiển các van bán dẫn được thực hiện đơn giản hơn. Ta có thể coi mạch điều khiển của bộ chỉnh lưu này như điều khiển một chỉnh lưu tia ba pha.

Chỉnh lưu cầu ba pha hiện nay là sơ đồ có chất lượng điện áp tốt nhất, hiệu suất sử dụng biến áp tốt nhất. Tuy vậy, đây cũng là sơ đồ phức tạp nhất.

7. Chỉnh lưu khi có điôt ngược.

Hình 10. chỉnh lưu một pha với biến áp trung tính



Như đã nêu ở trên, khi chỉnh lưu làm việc với tải điện cảm lớn, năng lượng của cuộn dây tích lũy sẽ được xả ra khi điện áp nguồn đổi dấu. Trong trường hợp này như mô tả trên hình 10 khi điện áp nguồn đổi dấu do điôt D đặt ngược điện áp lên các tiristo (trong các khoảng $0(t_1, p_1(t_2, p_2(t_3))$, nên các tiristo bị khoá điện áp tải bằng 0. Dòng điện chạy qua các tiristo I_1, I_2 chỉ tồn tại trong khoảng $(t_1(p_1, t_2(p_2, t_3(p_3))$ tiristo được phân cực thuận. Khi điện áp đổi dấu, năng lượng của cuộn dây tích lũy xả qua điôt, để tiếp tục duy trì dòng điện I_D trong mạch tải.

Chỉnh lưu một pha thường được chọn khi nguồn cấp là lưới điện một pha, hoặc công suất không quá lớn so với công suất lưới (làm mất đối xứng điện áp lưới, và tải không có yêu cầu quá cao về chất lượng điện áp một chiều).

Trong chỉnh lưu một pha, nếu tải có dòng điện lớn và điện áp thấp, thì sơ đồ chỉnh lưu một pha cả chu kỳ với biến áp có trung tính có ưu điểm hơn. Bởi vì trong sơ đồ này tổn hao trên van bán dẫn ít hơn, nên công suất tổn hao trên van so với công suất tải nhỏ hơn, hiệu suất thiết bị cao hơn, điện áp ngược của van lớn (nếu điện áp cao mà chọn sơ đồ này có thể không chọn được van bán dẫn). Nếu tải có điện áp cao và dòng điện nhỏ, thì việc chọn sơ đồ cầu chỉnh lưu một pha hợp lý hơn, bởi vì hệ số điện áp ngược của van trong sơ đồ cầu nhỏ hơn, do đó chúng ta dễ chọn van hơn.

Khi sử dụng sơ đồ chỉnh lưu cầu một pha, đối với những loại tải không cần làm việc ở chế độ nghịch lưu hoàn trả năng lượng về lưới, nên chọn sơ đồ chỉnh lưu cầu điều khiển không đối xứng. Vì trong sơ đồ này tại mỗi thời điểm phát xung điều khiển chúng ta chỉ cần cấp một xung (ở chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng chúng ta phải cấp hai xung điều khiển cho hai

tập lớn điện tử công suất

Tiristo đồng thời), sơ đồ mạch điều khiển đơn giản hơn.

Chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng được dùng nhiều đối với các loại tải có làm việc ở chế độ nghịch lưu hoàn trả năng lượng về lưới, như động cơ điện một chiều chẳng hạn.

Đối với các loại tải có điện cảm lớn (ví dụ như cuộn dây kích từ của máy điện), để lợi dụng năng lượng của cuộn dây xả ra và bảo vệ van khi mất điện đột ngột, người ta hay chọn phương án mắc thêm một điôt ngược song song với tải.

Các sơ đồ chỉnh lưu ba pha thường được chọn, khi nguồn cấp là lưới ba pha công nghiệp và khi tải có yêu cầu cao về chất lượng điện áp một chiều.

Chỉnh lưu tia ba pha thường được lựa chọn, khi công suất tải không quá lớn so với biến áp nguồn cấp (để tránh gây mất đối xứng cho nguồn lưới), và khi tải có yêu cầu không quá cao về chất lượng điện áp một chiều. Đối với các loại tải có điện áp một chiều định mức là 220V, sơ đồ tia ba pha có ưu điểm hơn tất cả. Bởi vì theo sơ đồ này, khi chỉnh lưu trực tiếp từ lưới chúng ta có điện áp một chiều là $220V \cdot 1,17 = 257,4V$. Để có điện áp 220V không nhất thiết phải chế tạo biến áp, mà chỉ cần chế tạo ba cuộn kháng anod của van là đủ.

Chỉnh lưu cầu ba pha nên chọn, khi cần chất lượng điện áp một chiều tốt, vì đây là sơ đồ có chất lượng điện áp ra tốt nhất, trong các sơ đồ chỉnh lưu thường gặp. Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển không đối xứng có mạch điều khiển đơn giản hơn, nên trong đa số các trường hợp người ta hay chọn phương án cầu ba pha điều khiển không đối xứng. Ví dụ làm nguồn cho máy hàn một chiều, điều khiển kích từ máy phát xoay chiều công suất nhỏ, các bộ nguồn cho các thiết bị điện hoá như mạ điện, điện phân....

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha điều khiển đối xứng được dùng nhiều trong các trường hợp tải có yêu cầu về việc hoàn trả năng lượng về lưới, ví dụ như điều khiển động cơ điện một chiều.

Để giảm tiết diện dây quấn thứ cấp biến áp, các cuộn dây thứ cấp biến áp có thể đấu tam giác (Δ).

Sơ đồ tia sáu pha, với việc chế tạo biến áp phức tạp và phải làm thêm cuộn

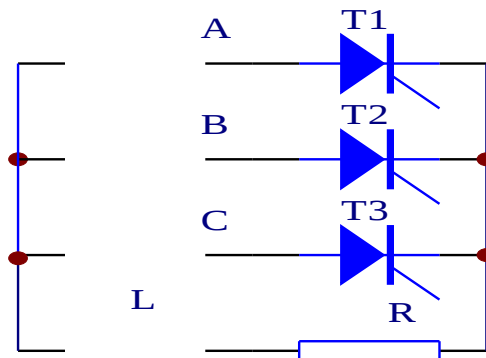
sơ đồ cầu ba pha chúng ta không chọn được van theo dòng điện.

Cùng một trị số điện áp và dòng điện tải như nhau, sử dụng sơ đồ càng nhiều pha dòng điện làm việc của van bán dẫn càng nhỏ. Các sơ đồ cầu bao giờ cũng có điện áp làm việc của van nhỏ hơn so với sơ đồ tia cùng loại.

CHƯƠNG II

CHỈNH LƯU TIA III PHA

Chỉnh lưu tia ba pha thường được lựa chọn, khi công suất tải không quá lớn so với biến áp nguồn cấp (để tránh gây mất đối xứng cho nguồn lưới), và khi tải có yêu cầu không quá cao về chất lượng điện áp một chiều.



Hình 11. Sơ đồ động lực

Khi biến áp có ba pha đấu sao (Y) trên mỗi pha A,B,C ta nối một van như hình vẽ ba catod đấu chung cho ta điện áp dương của tải, còn trung tính biến áp sẽ là điện áp âm. Ba pha điện áp A,B,C dịch pha nhau một góc là 120° theo các đường cong điện áp pha, chúng ta có điện áp của một pha dương hơn điện áp của hai pha kia trong khoảng thời gian $1/3$ chu kỳ (120°). Từ đó thấy rằng, tại mỗi thời điểm chỉ có điện áp của một pha dương hơn hai pha kia.

Nguyên tắc mở thông và điều khiển các van ở đây là khi anod của van nào dương hơn van đó mới được kích mở. Thời điểm hai điện áp của hai pha giao nhau được coi là góc thông tự nhiên của các van bán dẫn. Các Tiristor chỉ được mở thông với góc mở nhỏ nhất tại thời điểm góc thông tự nhiên (như vậy trong chỉnh lưu ba pha, góc mở nhỏ nhất $\alpha = 0^\circ$ sẽ dịch pha so với điện áp pha một góc là 30°).

Theo hình vẽ tại mỗi thời điểm nào đó chỉ có một van dẫn, như vậy mỗi van dẫn thông trong $1/3$ chu kỳ nếu điện áp tải liên tục (đường cong I1,I1,I3 trên hình vẽ), còn nếu điện áp tải gián đoạn thì thời gian dẫn thông của các van nhỏ hơn.

Tuy nhiên trong cả hai trường hợp dòng điện trung bình của các van đều bằng $1/3.I_d$. Trong khoảng thời gian van dẫn dòng điện của van bằng dòng điện tải, trong khoảng van khoá dòng điện van bằng 0. Điện áp của van phải chịu bằng điện dây giữa pha có van khoá với pha có van đang dẫn.

tập lớn điện tử công suất

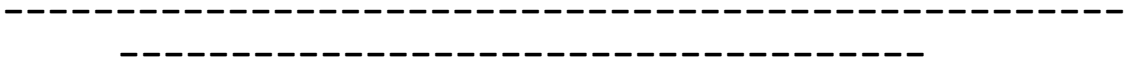
Ví dụ trong khoảng $t_2 \div t_3$ van T1 khoá còn T2 dẫn do đó van T1 phải chịu một điện áp dây U_{AB} , đến khoảng $t_3 \div t_4$ các van T1, T2 khoá, còn T3 dẫn lúc này T1 chịu điện áp dây U_{AC} .

Khi tải điện cảm (nhất là điện cảm lớn) dòng điện, điện áp tải là các đường cong liên tục, nhờ năng lượng dự trữ trong cuộn dây đủ lớn để duy trì dòng điện khi điện áp đổi dấu, như đường cong nét đậm trên hình 11.

So với chỉnh lưu một pha, thì chỉnh lưu tia ba pha có chất lượng điện một chiều tốt hơn, biên độ điện áp đập mạch thấp hơn, thành phần sóng hài bậc cao bé hơn, việc điều khiển các van bán dẫn trong trường hợp này cũng tương đối đơn giản.

Với việc dòng điện mỗi cuộn dây thứ cấp là dòng một chiều, nhờ có biến áp ba pha ba trụ mà từ thông lõi thép biến áp là từ thông xoay chiều không đối xứng làm cho công suất biến áp phải lớn. Nếu ở đây biến áp được chế tạo từ ba biến áp một pha thì công suất các biến áp còn lớn hơn nhiều.

Khi chế tạo biến áp động lực các cuộn dây thứ cấp phải được đấu Y với dây trung tính phải lớn hơn dây pha vì theo sơ đồ hình 11 thì dây trung tính chịu dòng điện tải.



CHƯƠNG III

TÍNH TOÁN VAN ĐỘNG LỰC

Hai thông số cần quan tâm nhất khi chọn van bán dẫn cho chỉnh lưu là điện áp và dòng điện, các thông số còn lại là những thông số tham khảo khi lựa chọn. Khi đã đáp ứng được hai thông số cơ bản trên các thông số còn lại có thể tham khảo theo gợi ý sau:

Loại van nào có sụt áp ΔU nhỏ hơn sẽ có tổn hao nhiệt ít hơn.

Dòng điện rò của loại van nào nhỏ hơn thì chất lượng tốt hơn.

Nhiệt độ cho phép của loại van nào cao hơn thì khả năng chịu nhiệt tốt hơn.

Điện áp và dòng điện điều khiển của loại van nào nhỏ hơn, công suất điều khiển thấp hơn.

Loại van nào có thời gian chuyển mạch bé hơn sẽ nhạy hơn. Tuy nhiên trong

tập lớn điện tử công suất

đa số các van bán dẫn thời gian chuyển mạch thường tỷ lệ nghịch với tổn hao công suất.

Các van động lực được lựa chọn dựa vào các yếu tố cơ bản là: dòng tải, sơ đồ đã chọn, điều kiện toả nhiệt, điện áp làm việc.

Các thông số cơ bản của van động lực được tính như sau:

Điện áp ngược của van được tính:

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot U_2 \quad (1)$$

với $U_2 = U_d/k_u$ thay vào (1) lúc đó U_{lv} có thể tính

$$U_{lv} = k_{nv} \cdot U_d / k_u$$

Trong đó: U_d , U_2 , U_{lv} - điện áp tải, nguồn xoay chiều, ngược của van;
 k_{nv} , k_u - các hệ số điện áp ngược và điện áp tải. Các hệ số này tra từ bảng:

$$K_{nv} = 2,45$$

$$K_u = 1,17$$

Thay số vào ta có:

$$U_{lv} = 2,45 \cdot \frac{100}{1,17} = 209,4 \text{ (V)}$$

Để có thể chọn van theo điện áp hợp lý, thì điện áp ngược của van cần chọn phải lớn hơn điện áp làm việc được tính từ công thức (1), qua một hệ số dự trữ k_{dtU}

$$U_{nv} = k_{dtU} \cdot U_{lv} \quad (8-3)$$

k_{dtU} thường được chọn lớn hơn 1,6 (Chọn $k_{dtU} = 2$)

$$\text{Suy ra: } U_{nv} = 2 \cdot 209,4 = 418,8 \text{ (V)}$$

Tính dòng điện của van.

Dòng điện làm việc của van được chọn theo dòng điện hiệu dụng chạy qua van theo sơ đồ đã chọn ($I_{lv} = I_{hd}$). Dòng điện hiệu dụng được tính:

$$\text{được tính: } I_{hd} = k_{hd} \cdot I_d$$

Trong đó: I_{hd} , I_d - Dòng điện hiệu dụng của van và dòng điện tải;

$$k_{hd} = 0,58 \text{ - Hệ số xác định dòng điện hiệu dụng (tra bảng).}$$

$$\text{Vậy ta có: } I_{lv} = I_{hd} = 0,58 \cdot 22 = 12,76 \text{ (A)}$$

Để van bán dẫn có thể làm việc an toàn, không bị chọc thủng về nhiệt, cần phải chọn và thiết kế hệ thống toả nhiệt hợp lý. Chọn điều kiện có cánh toả nhiệt với đủ diện tích bề mặt cho phép van làm việc tới $40\% I_{dmv}$ ($I_{dmv} >$

2,5.I_{lv})

Hay chọn : $I_{lv} = 25\% I_{đmv}$

Ta có $I_{đmv} = 4.12,76 = 51,04$ (A)

Để có thể chọn được van cho làm việc với các thông số định mức cơ bản trên, chúng ta tra bảng thông số một số Tiristor chọn các van có thông số điện áp ngược (U_{nv}), dòng điện định mức ($I_{đmv}$) lớn hơn gần nhất với thông số đã tính được ở trên.

Theo cách đó có thể chọn :

Tiristor loại T60N600BOC có các thông số định mức:

- Dòng điện định mức của van $I_{đmv} = 60$ A.
- Điện áp ngược cực đại của van $U_{nv} = 600$ V.
- Độ sụt áp trên van $\Delta U = 1,8$ V.
- Dòng điện rò $I_r = 25$ mA.
- Điện áp điều khiển $U_{đk} = 1,4$ V.
- Dòng điện điều khiển $I_{đk} = 150$ mA.

CHƯƠNG IV TÍNH TOÁN BIẾN ÁP

Chọn máy biến áp 3 pha 3 trụ sơ đồ đấu dây Δ/Y làm mát bằng không khí tự nhiên .

Tính các thông số cơ bản :

Điện áp pha sơ cấp máy biến áp : $U_p = 380$ (V)

Điện áp pha thứ cấp của máy biến áp

Phương trình cân bằng điện áp khi có tải :

tập lớn điện tử công suất

$$U_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} = U_d + 2 \cdot \Delta U_v + \Delta U_{dn} + \Delta U_{ba}$$

Trong đó : $\alpha_{\min} = 10^\circ$ là góc dự trữ khi có sự suy giảm điện lưới

$$\Delta U_v = 1,8(\text{V}) \text{ là sụt áp trên Thyristor}$$

$$\Delta U_{dn} \approx 0 \text{ là sụt áp trên dây nối}$$

$$\Delta U_{ba} = \Delta U_r + \Delta U_x \text{ là sụt áp trên điện trở và điện kháng máy}$$

biến áp .

$$\text{Chọn sơ bộ : } \Delta U_{ba} = 10\% \cdot U_d = 10\% \cdot 100 = 10(\text{V})$$

Từ phương trình cân bằng điện áp khi có tải ta có :

$$U_{d0} = \frac{U_d + 2 \cdot \Delta U_v + \Delta U_{dn} + \Delta U_{ba}}{\cos \alpha_{\min}} = \frac{100 + 2 \cdot 1,8 + 10}{\cos 10^\circ} = 115,35 (\text{V})$$

Điện áp pha thứ cấp pha máy biến áp :

$$U_2 = \frac{U_d}{k_u} = \frac{100}{1,17} = 85,47 (\text{V})$$

Dòng điện hiệu dụng thứ cấp của máy biến áp :

$$I_2 = k_2 \cdot I_d = 0,58 \cdot 22 = 12,76 (\text{A})$$

Dòng điện hiệu dụng sơ cấp máy biến áp :

$$I_1 = K_{ba} I_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2 = \frac{100}{1,17 \cdot 380} \cdot 12,76 = 2,87 (\text{A})$$

Tính tiết diện dây dẫn:

$$S_{Cu} = \frac{I}{J} (\text{mm}^2)$$

Trong đó : I - dòng điện chạy qua cuộn dây [A];

J - mật độ dòng điện trong biến áp thường chọn $2 \div 2,75$ [A/mm²]

$$\text{Vật tiết diện dây dẫn sơ cấp: } S_{Cu1} = \frac{2,87}{2} = 1,4357 (\text{mm}^2).$$

$$\text{Tiết diện dây dẫn thứ cấp: } S_{Cu2} = \frac{12,76}{2,5} = 5,1 (\text{mm}^2)$$

Nếu chọn dây quấn tròn thì đường kính dây được tính:

$$d = \sqrt{\frac{4S_{Cu}}{\pi}}$$

Suy ra : $d_1 = 1,35 \text{ mm}$ (chuẩn hóa)

$$\Rightarrow D_{n1} = 1,44 \text{ mm (cả vỏ cách điện)}$$

$$d_2 = 2,83 \text{ mm (chuẩn hóa)}$$

tập lớn điện tử công suất

$$\Rightarrow D_{n2} = 2,95 \text{ mm (cả vỏ cách điện)}$$

Xác định công suất tối đa của tải ví dụ với tải chỉnh lưu xác định

$$P_{dmax} = U_{do} \cdot I_d = 115,35 \cdot 22 = 2537,7 \text{ (W)}$$

Công suất biến áp nguồn cấp được tính

$$S_{ba} = k_s \cdot P_{dmax}$$

Trong đó : S_{ba} - công suất biểu kiến của biến áp [W];

k_s - hệ số công suất theo sơ đồ mạch động lực

$$\text{Suy ra } S_{ba} = 1,345 \cdot 2537,7 = 3413,21 \text{ (VA)}$$

Tính toán sơ bộ mạch từ

$$Q_{Fe} = k_Q \sqrt{\frac{S_{ba}}{m \cdot f}} \quad [cm^2]$$

Tiết diện trụ Q_{Fe} của lõi thép biến áp được tính từ công suất:

Với $k_Q = 5 \div 6$ - máy biến áp khô (chọn $k_Q = 6$)

$m = 3$ - số trụ của máy biến áp

f - tần số nguồn điện xoay chiều $f = 50 \text{ Hz}$.

Đường kính trụ :

$$d = \sqrt{\frac{4 Q_{Fe}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 28,62}{\pi}} = 6,04 \text{ (cm)}$$

Chuẩn đường kính trụ theo tiêu chuẩn $d = 6.1 \text{ (cm)}$

Chọn loại lá thép có độ dày 0,5 mm

Tính toán dây quấn biến áp.

Thông số các cuộn dây cần tính bao gồm số vòng và kích thước dây.

Số vòng dây của cuộn sơ cấp được tính

$$W_1 = \frac{U_1 \cdot 10^4}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B} \quad (\text{vong})$$

Với B - từ cảm (thường chọn trong khoảng $1,0 \div 1,8$) Tesla tùy thuộc chất lượng tôn-ở đây chọn $B = 1$).

$$W_1 = \frac{380 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 28,62 \cdot 1} = 598,08 \quad (\text{vong})$$

tập lớn điện tử công suất

Chọn $W_1=600$ [vòng]

Tương tự số vòng dây của cuộn thứ cấp được tính

$$W_2 = \frac{U_2 \cdot 10^4}{4,44 \cdot f \cdot Q_{Fe} \cdot B} \quad (\text{vong})$$

$$W_2 = \frac{85,47 \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 28,62 \cdot 1} = 134,52 \quad (\text{vong})$$

Chọn $W_2=136$ [vòng]

Chọn sơ bộ các kích thước cơ bản của mạch từ

Chọn hình dáng của trụ

Vì công suất nhỏ (dưới 10 KVA), ta chọn trụ chữ nhật với các kích thước $Q_{Fe} = a \cdot b$. Trong đó a - bề rộng trụ, b - bề dày trụ

với:

$$Q_{cs1} = k_{ld} \cdot W_1 \cdot S_{Cu1} = 2,5 \cdot 600 \cdot 1,4314 = 2147,1 \quad [\text{mm}^2]$$

$$Q_{cs2} = k_{ld} \cdot W_2 \cdot S_{Cu2} = 2,5 \cdot 136 \cdot 6,29 = 2138,6 \quad [\text{mm}^2]$$

Trong đó: Q_{cs} , - diện tích cửa sổ $[\text{mm}^2]$;

Q_{cs1}, Q_{cs2} - phần do cuộn sơ cấp và thứ cấp chiếm chỗ $[\text{mm}^2]$;

W_1, W_2 - số vòng dây sơ, thứ cấp;

S_{Cu1}, S_{Cu2} - tiết diện dây quấn sơ, thứ cấp $[\text{mm}^2]$;

k_{ld} - hệ số lấp đầy thường chọn $2,0 \div 3,0$ (chọn $k_{ld}=2.5$)

Diện tích cửa sổ cần có:

$$Q_{cs} = Q_{cs1} + Q_{cs2} = 4285,7 \quad [\text{mm}^2]$$

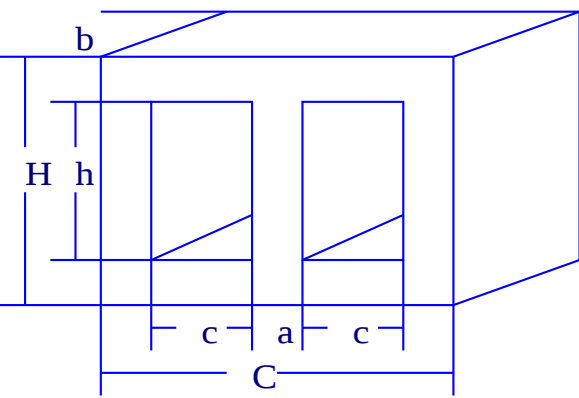
$$\text{Mà } Q_{Fe} = 2826 [\text{mm}^2] = a \cdot a$$

=>Chọn kích thước cửa sổ.

Khi đã có diện tích cửa sổ Q_{cs} , cần chọn các kích thước cơ bản (chiều cao h và chiều rộng c với $Q_{cs} = c \cdot h$) của cửa sổ mạch từ. Các kích thước cơ bản này của lõi thép do người thiết kế tự chọn. Những số liệu đầu tiên có thể tham khảo chiều cao h và chiều rộng cửa sổ c được chọn dựa vào các hệ số phụ $m = h/a$; $n = c/a$; $l = b/a$. Kinh nghiệm cho thấy đối với lõi thép hình E thì $m = 2,8$; $n = 0,55$; $l = 1$ (1,5; là tối ưu hơn cả. Tuy nhiên những hệ số phụ này sau khi tính xong mạch từ có thể không hợp lý cho một số trường hợp, lúc đó

lớn điện tử công suất

là các chỉ số phụ cho để tính lại.



$$a=53 \text{ mm}$$

$$b=53 \text{ mm}$$

Chiều rộng toàn bộ mạch từ

$$C = 2c + x.a = 2.29,28 + 3.53 = 217,56 \text{ mm}$$

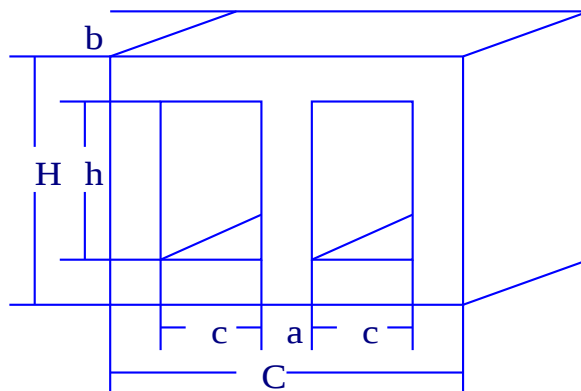
(Với $x = 3$ - biến áp ba pha)

chiều cao mạch từ

$$H = h + z.a = 146,4 + 2.53 = 252,4 \text{ mm}$$

(Với $z = 2$ - biến áp ba pha)

Hình dáng kết cấu mạch từ thể hiện như hình vẽ:



Sơ đồ kết cấu lõi thép biến áp

Kết cấu dây quấn.

Dây quấn được bố trí theo chiều dọc trụ, mỗi cuộn dây được quấn thành nhiều lớp dây. Mỗi lớp dây được quấn liên tục, các vòng dây sát nhau. Các lớp dây cách điện với nhau bằng các bìa cách điện. Cách tính các thông số này như sau:

Số vòng dây trên mỗi lớp W_{1l} :

tập lớn điện tử công suất

Khi dây quấn tiết diện tròn được tính

$$W_{1l} = \frac{h - h_g}{d_n} \quad (8 - 21)$$

Trong đó: h - chiều cao cửa sổ,

d_n - đường kính dây quấn kể cả cách điện;

h_g - khoảng cách cách điện với gông có thể tham khảo chọn $h_g = 2.d_n$.

$$W_{11} = \frac{h - h_g}{d_{n1}} = \frac{h}{d_{n1}} - 2 = \frac{146,4}{1,44} - 2 = 100(\text{vong})$$

$$W_{12} = \frac{h - h_g}{d_{n2}} = \frac{h}{d_{n2}} - 2 = \frac{146,4}{2,95} - 2 = 48(\text{vong})$$

Số lớp dây S_{ld} trong cửa sổ được tính bằng tỷ số, số vòng dây W của cuộn dây W_1 hoặc W_2 cần tính, trên số vòng dây trên một lớp W_{1l}

$$S_{ld} = \frac{W}{W_{1l}}$$

$$\Rightarrow S_{ld1} = 600/100 = 6 \quad (\text{lớp})$$

$$S_{ld2} = 136/48 = 2,83 \quad (\text{lớp})$$

Như vậy: 600 vòng tách thành 6 lớp mỗi lớp 100 vòng .

136 vòng tách thành 3 lớp: 2 lớp 48 vòng; 1 lớp 40 vòng.

Chọn sơ bộ khoảng cách cách điện gông là 1,5 cm .

Chiều cao thực tế của cuộn sơ cấp :

$$h_1 = \frac{W_{11} \cdot D_{n1}}{k_c} = \frac{100 \cdot 1,44}{0,95} = 152(\text{mm})$$

Chiều cao thực tế của cuộn thứ cấp :

$$h_2 = \frac{W_{12} \cdot D_{n2}}{k_c} = \frac{48 \cdot 2,95}{0,95} = 149(\text{mm})$$

Chọn ống quấn dây làm bằng vật liệu cách điện có bề dày : $S_{01} = 0,1$ cm.

Khoảng cách từ trụ tới cuộn dây sơ cấp $a_{01} = 1,0$ cm .

Đường kính trong của ống cách điện .

$$D_t = d_{Fe} + 2 \cdot a_{01} - 2 \cdot S_{01} = 6,1 + 2 \cdot 1 - 2 \cdot 0,1 = 7,9(\text{cm})$$

Đường kính trong của cuộn sơ cấp .

$$D_{t1} = D_t + 2 \cdot S_{01} = 7,9 + 2 \cdot 0,1 = 8,1(\text{cm})$$

Chọn bề dày giữa hai lớp dây ở cuộn sơ cấp : $cd_{11} = 0,1$ mm

tập lớn điện tử công suất

Bề dày cuộn sơ cấp .

$$B_{d1} = (D_{n1} + cd_{11}) \cdot S_{ld1} = (1,44 + 0,1) \cdot 6 = 9,24 \text{ (mm)} = 0,924 \text{ (cm)}$$

Đường kính ngoài của cuộn sơ cấp .

$$D_{n1} = D_{t1} + 2 \cdot B_{d1} = 8,1 + 2 \cdot 0,924 = 9,95 \text{ (cm)}$$

Đường kính trung bình của cuộn sơ cấp .

$$D_{tb1} = \frac{D_{t1} + D_{n1}}{2} = \frac{8,1 + 9,95}{2} = 9,03 \text{ (cm)}$$

Chiều dài dây quấn sơ cấp .

$$l_1 = W_1 \cdot \pi \cdot D_{tb1} = 600 \cdot \pi \cdot 9,03 \cdot 10^{-2} = 170,2 \text{ (m)}$$

Chọn bề dày cách điện giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp : $cd_{01} = 0,5 \text{ cm}$

***/ Kết cấu dây quấn thứ cấp .**

Đường kính trong của cuộn thứ cấp.

$$D_{t2} = D_{n1} + 2 \cdot cd_{01} = 9,95 + 2 \cdot 0,5 = 10,95 \text{ (cm)}$$

Chọn bề dày cách điện giữa các lớp dây ở cuộn thứ cấp : $cd_{22} = 0,1 \text{ (mm)}$

Bề dày cuộn sơ cấp .

$$B_{d2} = (D_{n2} + cd_{22}) \cdot S_{ld2} = (2,95 + 0,1) \cdot 3 = 9,15 \text{ (mm)} = 0,915 \text{ (cm)}$$

Đường kính ngoài của cuộn thứ cấp .

$$D_{n2} = D_{t2} + 2 \cdot B_{d2} = 10,95 + 2 \cdot 0,915 = 12,78 \text{ (cm)}$$

Đường kính trung bình của cuộn thứ cấp .

$$D_{tb2} = \frac{D_{t2} + D_{n2}}{2} = \frac{10,95 + 12,78}{2} = 11,87 \text{ (cm)}$$

Chiều dài dây quấn thứ cấp .

$$l_2 = \pi \cdot W_2 \cdot D_{tb2} = 136 \cdot \pi \cdot 11,87 \cdot 10^{-2} = 55 \text{ (m)}$$

Đường kính trung bình các cuộn dây .

$$D_{12} = \frac{D_{t1} + D_{n2}}{2} = \frac{8,1 + 12,78}{2} = 11 \text{ (cm)}$$

$$\Rightarrow r_{12} = \frac{D_{12}}{2} = 5,5 \text{ (cm)}$$

Chọn khoảng cách giữa hai cuộn thứ cấp : $a_{22} = 2 \text{ (cm)}$

***/ chọn gông**

Để đơn giản trong việc chế tạo gông từ ,ta chọn gông có tiết diện hình chữ nhật có các kích thước sau .

Chiều dày của gông bằng chiều dày của trụ : $g_d = a = 53 \text{ (mm)}$

Chiều cao của gông bằng : $g_c = a = 53 \text{ (mm)}$

tập lớn điện tử công suất

Số lá thép dùng trong một gông .

$$h_g = \frac{G_d}{0,5} = 106 \text{ (lá)}$$

Tiết diện hiệu quả của trụ .

$$Q_T = k_{hq} \cdot Q_{Fe} = 0,95 \cdot 28,62 = 27,19 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Tính chính xác mật độ từ cảm trong trụ .

$$B_T = \frac{U_1}{4,44 \cdot f \cdot W_1 \cdot Q_T} = \frac{380}{4,44 \cdot 50 \cdot 600 \cdot 27,19 \cdot 10^{-4}} = 1,049 \text{ (T)}$$

Mật độ từ cảm trong gông .

$$B_g = B_T \cdot \frac{Q_T}{Q_g} = 1,049 \cdot 1 = 1,049 \text{ (T)}$$

***/ Tính khối lượng của sắt và đồng .**

Thể tích của trụ .

$$V_T = 3 \cdot Q_{Fe} \cdot h = 3 \cdot 28,62 \cdot 14,64 = 1256,99 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Thể tích của gông .

$$V_g = 2 \cdot Q_g \cdot C = 2 \cdot 4,5 \cdot 3,5 \cdot 3,21 \cdot 756 = 1222,25 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Khối lượng của trụ .

$$M_T = V_T \cdot m_{Fe} = 1,25699 \cdot 7,85 = 9,88 \text{ (Kg)}$$

Khối lượng của gông .

$$M_g = V_g \cdot m_{Fe} = 1,22225 \cdot 7,85 = 9,59 \text{ (Kg)}$$

Khối lượng của sắt .

$$M_{Fe} = M_T + M_g = 9,88 + 9,59 = 19,47 \text{ (Kg)}$$

Thể tích đồng .

$$V_{Cu} = 3 \cdot (S_{cu1} \cdot l_1 + S_{cu2} \cdot l_2) = 3 \cdot (1,4314 \cdot 10^{-4} \cdot 1702 + 6,29 \cdot 10^{-4} \cdot 550) = 1,77 \text{ (dm}^3\text{)}$$

$$M_{Cu} = V_{Cu} \cdot m_{Cu} = 1,77 \cdot 8,9 = 15,75 \text{ (Kg)}$$

***/ Tính các thông số của máy biến áp .**

Điện trở của cuộn sơ cấp máy biến áp ở 75° C .

với $\rho_{75} = 0,02133 \text{ (}\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m)}$ Điện trở suất của đồng ở 75° C

$$R_1 = \rho \cdot \frac{l_1}{S_{cu1}} = 0,02133 \cdot \frac{170}{1,4314} = 2,53 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Điện trở cuộn thứ cấp máy biến áp ở 75° C .

tập lớn điện tử công suất

$$R_2 = \rho \cdot \frac{l_2}{S_2} = 0,02133 \cdot \frac{55}{6,29} = 0,19 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Điện trở của máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$R_{BA} = R_2 + R_1 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 = 0,19 + 2,53 \cdot \left(\frac{136}{600} \right)^2 = 0,32 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Sụt áp trên điện trở máy biến áp .

$$\Delta U_r = R_{BA} \cdot I_d = 0,32 \cdot 22 = 7,04 \text{ (V)}$$

Điện kháng máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$\begin{aligned} X_{BA} &= 8 \cdot \pi^2 \cdot (W_2)^2 \cdot \left(\frac{D_{t2}}{2 \cdot h_{qd}} \right) \left(cd_{01} + \frac{B_{d1} + B_{d2}}{3} \right) \cdot \omega \cdot 10^{-7} \\ &= 8 \cdot \pi^2 \cdot 136^2 \cdot \left(\frac{19,95}{2 \cdot 14,64} \right) \left(0,01 + \frac{0,924 + 0,915}{3} \cdot 10^{-2} \right) \cdot 314 \cdot 10^{-7} \\ &= 0,50 \text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

Điện cảm máy biến áp qui đổi về thứ cấp .

$$L_{BA} = \frac{X_{BA}}{\omega} = \frac{0,50}{314} = 1,5910^{-3} \text{ (H)} = 1,59 \text{ (mH)}$$

Sụt áp trên điện kháng máy biến áp .

$$\Delta U_x = \frac{3}{\pi} X_{BA} \cdot I_d = \frac{3}{\pi} 0,5 \cdot 22 = 10,5 \text{ (V)}$$

Sụt áp trên máy biến áp .

$$\Delta U_{BA} = \sqrt{\Delta U_r^2 + \Delta U_x^2} = \sqrt{7,04^2 + 10,5^2} = 12,64 \text{ (V)}$$

Điện áp trên động cơ khi có góc mở $\alpha_{\min} = 10^\circ$

$$\begin{aligned} U &= U_{d0} \cdot \cos \alpha_{\min} - 2 \cdot \Delta U_v - \Delta U_{BA} \\ &= 115,35 \cdot \cos 10^\circ - 2 \cdot 1,8 - 12,64 = 97,36 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Tổng trở ngắn mạch qui đổi về thứ cấp .

$$Z_{BA} = \sqrt{R_{BA}^2 + X_{BA}^2} = \sqrt{0,32^2 + 0,5^2} = 0,59 \text{ (}\Omega\text{)}$$

Tổn hao ngắn mạch trong máy biến áp .

$$\Delta P_n = 3 \cdot R_{BA} \cdot I_2^2 = 3 \cdot 0,32 \cdot 12,76^2 = 156,3 \text{ (W)}$$

$$\Delta P\% = \frac{\Delta P_n}{S} \cdot 100 = \frac{156,3}{3413,21} \cdot 100 = 4,58 \%$$

Điện áp ngắn mạch tác dụng .

$$U_{nr} = \frac{R_{BA} I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{0,32 \cdot 12,76}{85,47} \cdot 100 = 4,78 \%$$

Điện áp ngắn mạch phản kháng .

$$U_{nx} = \frac{x_{BA} I_2}{U_2} \cdot 100 = \frac{0,5 \cdot 12,76}{85,47} \cdot 100 = 7,46 \%$$

Điện áp ngắn mạch phần trăm .

$$U_n = \sqrt{U_{nr}^2 + U_{nx}^2} = \sqrt{4,78^2 + 7,46^2} = 8,86$$

Dòng điện ngắn mạch xác lập .

$$I_{2nm} = \frac{U_2}{Z_{BA}} = \frac{85,47}{0,59} = 144,86 \text{ (A)}$$

Dòng điện ngắn mạch tức thời cực đại .

I_{pik} :Đỉnh xung max của Thyristor

$$I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{2m} \left(1 + e^{\frac{-\pi \cdot u_{nr}}{u_{nx}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 144,86 \cdot \left(1 + e^{\frac{-\pi \cdot 4,78}{7,46}} \right) = 232,23 \text{ (A)}$$

$$< I_{pik} = 700 \text{ (A)}$$

Vậy máy biến áp thiết kế sử dụng tốt

suất thiết bị chỉn lưu .

$$\eta = \frac{U_d I_d}{S} = \frac{100 \cdot 22}{3413,21} = 64,46 \%$$

CHƯƠNG V

THIẾT KẾ NGUYÊN LÝ MẠCH ĐIỀU KHIỂN

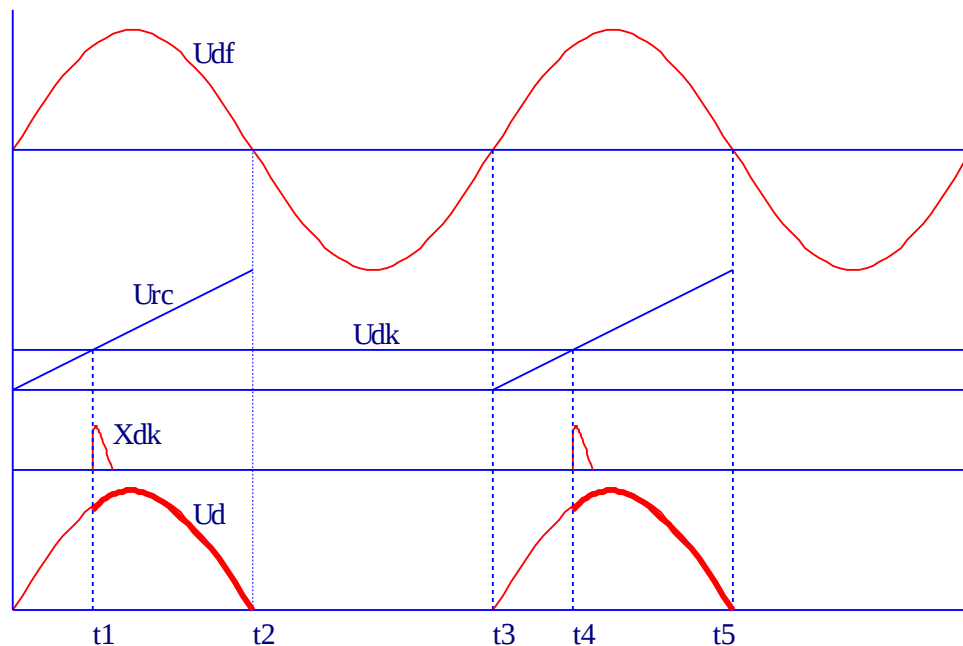
1. Thiết kế mạch điều khiển

a/. Nguyên lý thiết kế mạch điều khiển.

Điều khiển Tiristo trong sơ đồ chỉnh lưu hiện nay thường gặp là điều khiển theo nguyên tắc thẳng đứng tuyến tính. Nội dung của nguyên tắc này có thể mô tả theo giản đồ hình V.1 như sau.

Khi điện áp xoay chiều hình sin đặt vào anod của Tiristo, để có thể điều khiển được góc mở (của Tiristo trong vùng điện áp + anod, ta cần tạo một điện áp tựa dạng tam giác, ta thường gọi là điện áp tựa là điện áp răng cưa U_{rc} . Như vậy điện áp tựa cần có trong vùng điện áp dương anod.

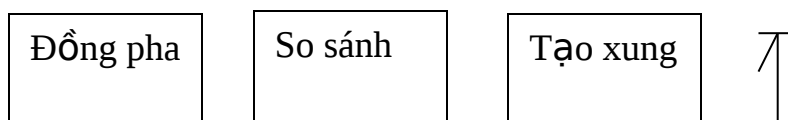
Dùng một điện áp một chiều U_{dk} so sánh với điện áp tựa. Tại thời điểm (t_1, t_4) điện áp tựa bằng điện áp điều khiển ($U_{rc} = U_{dk}$), trong vùng điện áp dương anod, thì phát xung điều khiển X_{dk} . Tiristo được mở từ thời điểm có xung điều khiển (t_1, t_4) cho tới cuối bán kỳ (hoặc tới khi dòng điện bằng 0)



Hình V.1. Nguyên lý điều khiển chỉnh lưu.

Sơ đồ khối mạch điều khiển.

Để thực hiện được ý đồ đã nêu trong phần nguyên lý điều khiển ở trên, mạch điều khiển bao gồm ba khâu cơ bản trên hình V.2.



tập lớn điện tử công suất**Hình V.2. Sơ đồ khối mạch điều khiển**

Nhiệm vụ của các khâu trong sơ đồ khối hình V.2 như sau:

Khâu đồng pha có nhiệm vụ tạo điện áp tựa U_{rc} (thường gặp là điện áp dạng răng cưa tuyến tính) trùng pha với điện áp anod của Tiristo

Khâu so sánh có nhiệm vụ so sánh giữa điện áp tựa với điện áp điều khiển $U_{đk}$, tìm thời điểm hai điện áp này bằng nhau ($U_{đk} = U_{rc}$). Tại thời điểm hai điện áp này bằng nhau, thì phát xung ở đầu ra để gửi sang tầng khuếch đại.

Khâu tạo xung có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristo. Xung để mở Tiristor có yêu cầu: sườn trước dốc thẳng đứng, để đảm bảo yêu cầu Tiristo mở tức thời khi có xung điều khiển (thường gặp loại xung này là xung kim hoặc xung chữ nhật); đủ độ rộng với độ rộng xung lớn hơn thời gian mở của Tiristo; đủ công suất; cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực (nếu điện áp động lực quá lớn)

Với nhiệm vụ của các khâu như vậy tiến hành thiết kế, tính chọn các khâu cơ bản của ba khối trên. Chi tiết về các mạch này sẽ giới thiệu chi tiết ở phần sau.

b/. Thiết kế sơ đồ nguyên lý.

Hiện nay mạch điều khiển chỉnh lưu thường được thiết kế theo nguyên tắc thẳng đứng tuyến tính như giới thiệu trên.

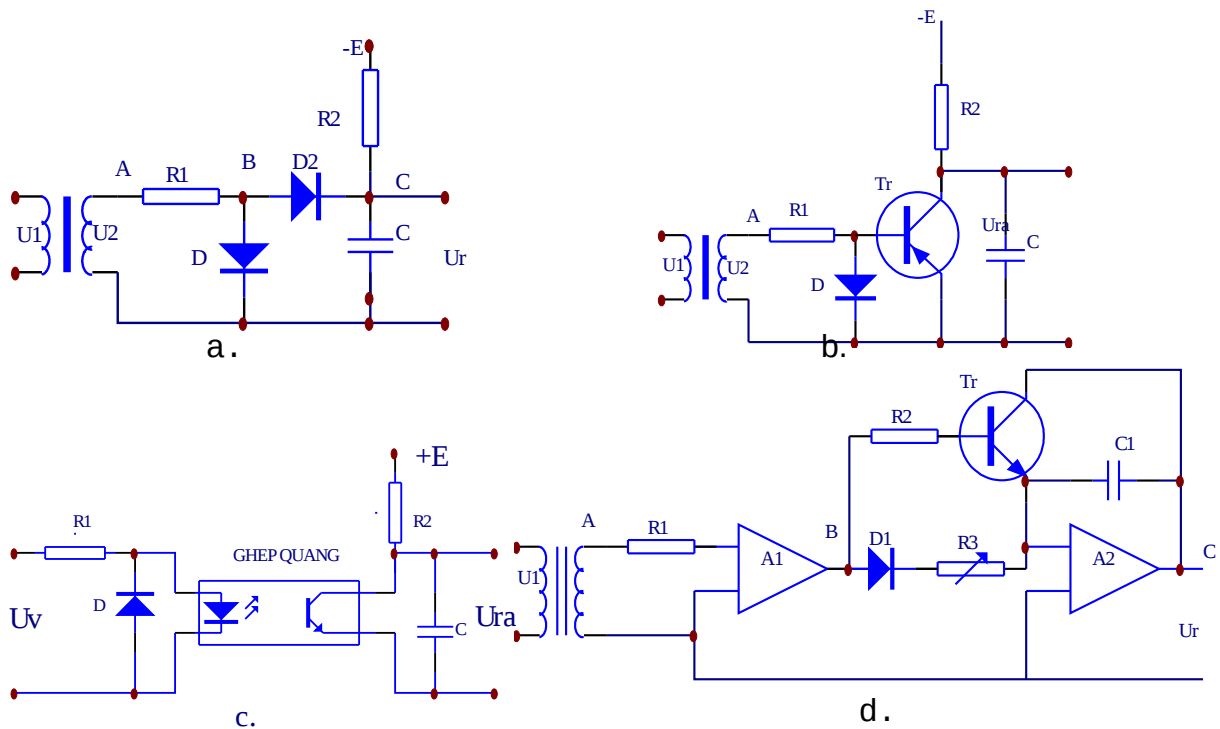
Theo nhiệm vụ của các khâu như đã giới thiệu, tiến hành thiết kế, tính chọn các khâu cơ bản của ba khối trên.

Trên hình V.3;V.4;V5 giới thiệu một số khâu đồng pha, so sánh, tạo xung điển hình.

Sơ đồ hình V.3 a là sơ đồ đơn giản, dễ thực hiện, với số linh kiện ít nhưng chất lượng điện áp tựa không tốt. Độ dài của phần biến thiên tuyến tính của điện áp tựa không phủ hết 180° . Do vậy, góc mở van lớn nhất bị giới hạn. Hay nói cách khác, nếu theo sơ đồ này điện áp tải không điều khiển được từ 0 tới cực đại mà từ một trị số nào đó đến cực đại.

Để khắc phục nhược điểm về dải điều chỉnh ở sơ đồ hình V.3.a người ta sử dụng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng sơ đồ hình V.3.b. Theo sơ đồ này, điện áp tựa có phần biến thiên tuyến tính phủ hết nửa chu kỳ điện áp. Do vậy khi cần điều khiển điện áp từ 0 tới cực đại là hoàn toàn có thể đáp ứng được.

tập lớn điện tử công suất



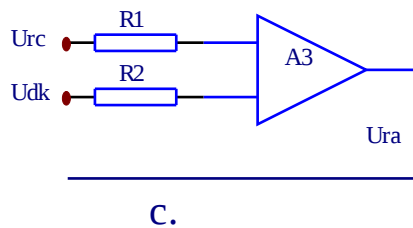
Hình V.3: Một số khâu đồng pha điển hình.
 a- Dùng diod và tụ; b- Dùng tranzitor và tụ; c- Dùng bộ ghép quang; d- Dùng khuếch đại thuật toán .

Với sự ra đời của các linh kiện ghép quang, chúng ta có thể sử dụng sơ đồ tạo điện áp tựa bằng bộ ghép quang như hình V.3.c. Nguyên lý và chất lượng điện áp tựa của hai sơ đồ hình V.3.b,c tương đối giống nhau. Ưu điểm của sơ đồ hình V.3.c ở chỗ không cần biến áp đồng pha, do đó có thể đơn giản hơn trong việc chế tạo và lắp đặt.

Các sơ đồ trên đều có chung nhược điểm là việc mở, khoá các Tranzitor trong vùng điện áp lân cận 0 là thiếu chính xác làm cho việc nạp, xả tụ trong vùng điện áp lưới gần 0 không được như ý muốn.

Ngày nay các vi mạch được chế tạo ngày càng nhiều, chất lượng ngày càng cao, kích thước ngày càng gọn, ứng dụng các vi mạch vào thiết kế mạch đồng pha có thể cho ta chất lượng điện áp tựa tốt. Trên sơ đồ hình V.3.d mô hình khuếch đại thuật toán (KĐTT).





Hình V.4: Sơ đồ các khâu so sánh thường gặp
 a- Bằng tranzitor; b- Cộng một cổng đảo của KĐT c-Hai cổng KĐT.

Để xác định được thời điểm cần mở Tiristo chúng ta cần so sánh hai tín hiệu U_{dk} và U_{rc} . Việc so sánh các tín hiệu đó có thể được thực hiện bằng Tranzitor (Tr) như trên hình V.4.a. Tại thời điểm $U_{dk} = U_{rc}$, đầu vào Tr lật trạng thái từ khoá sang mở (hay ngược lại từ mở sang khoá), làm cho điện áp ra cũng bị lật trạng thái, tại đó chúng ta đánh dấu được thời điểm cần mở Tiristo.

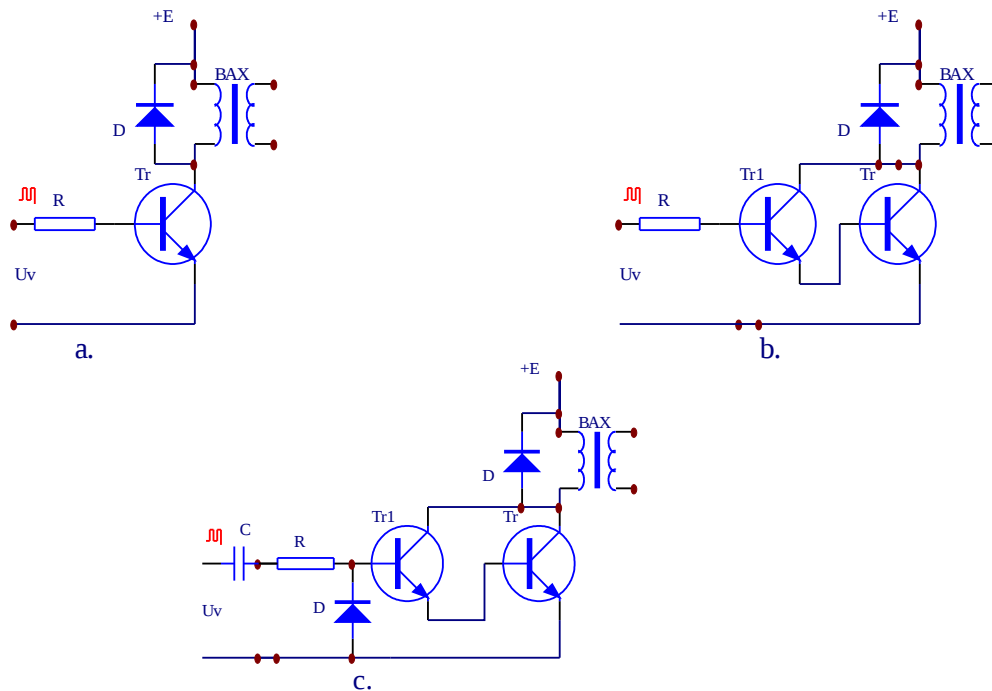
Với mức độ mở bão hoà của Tr phụ thuộc vào hiệu U_{dk} ($U_{rc} = U_b$, hiệu này có một vùng điện áp nhỏ hàng mV, làm cho Tr không làm việc ở chế độ đóng cắt như ta mong muốn, do đó nhiều khi làm thời điểm mở Tiristo bị lệch khá xa so với điểm cần mở tại $U_{dk} = U_{rc}$.

KĐT có hệ số khuếch đại vô cùng lớn, chỉ cần một tín hiệu rất nhỏ (cỡ V) ở đầu vào, đầu ra đã có điện áp nguồn nuôi, nên việc ứng dụng KĐT làm khâu so sánh là hợp lý. Các sơ đồ so sánh dùng KĐT trên hình V.4.b,c rất thường gặp trong các sơ đồ mạch hiện nay. Ưu điểm hơn hẳn của các sơ đồ này là có thể phát xung điều khiển chính xác tại $U_{dk} = U_{rc}$.

Với nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở Tiristo như đã nêu ở trên, tầng khuếch đại cuối cùng thường được thiết kế bằng Tranzitor công suất, như mô tả trên hình V.5.a. Để có xung dạng kim gởi tới Tiristo, ta dùng biến áp xung (BAX), để có thể khuếch đại công suất ta dùng Tr, điôt D bảo vệ Tr và cuộn dây sơ cấp biến áp xung khi Tr khoá đột ngột. Mặc dù với ưu điểm đơn

tập lớn điện tử công suất

giản, nhưng sơ đồ này được dùng không rộng rãi, bởi lẽ hệ số khuếch đại của tranzitor loại này nhiều khi không đủ lớn, để khuếch đại được tín hiệu từ khâu so sánh đưa sang.



Hình V.5: Sơ đồ các khâu khuếch đại.
a- Bằng tranzitor công suất b- Bằng Sơ đồ darlington;
c- Sơ đồ có tụ nối tầng.

Tầng khuếch đại cuối cùng bằng sơ đồ darlington như trên hình V.5.b thường hay được dùng trong thực tế. Ở sơ đồ này hoàn toàn có thể đáp ứng được yêu cầu về khuếch đại công suất, khi hệ số khuếch đại được nhân lên theo thông số của các tranzitor.

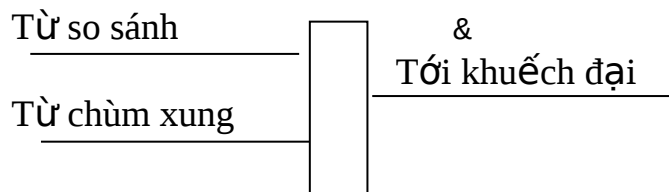
Trong thực tế xung điều khiển chỉ cần có độ rộng bé (cỡ khoảng $(10 \div 200) \mu s$), mà thời gian mở thông các tranzitor công suất dài (tối đa tới một nửa chu kỳ - $0.01s$), làm cho công suất tỏa nhiệt dư của Tr quá lớn và kích thước dây quấn sơ cấp biến áp dư lớn. Để giảm nhỏ công suất tỏa nhiệt Tr và kích thước dây sơ cấp BAX chúng ta có thể thêm tụ nối tầng như hình V.5.c. Theo sơ đồ này, Tr chỉ mở cho dòng điện chạy qua trong khoảng thời gian nạp tụ, nên dòng hiệu dụng của chúng bé hơn nhiều lần.

Đối với một số sơ đồ mạch, để giảm công suất cho tầng khuếch đại và tăng số lượng xung kích mở, nhằm đảm bảo Tiristo mở một cách chắc chắn, người ta hay phát xung chùm cho các Tiristo. Nguyên tắc phát xung chùm là trước khi vào tầng khuếch đại, ta đưa chèn thêm một cổng và () với

tập lớn điện tử công suất

tín hiệu

vào nhận từ tầng so sánh và từ bộ phát xung chùm như hình V.6.



Hình V.6: Sơ đồ phối hợp tạo xung chùm.

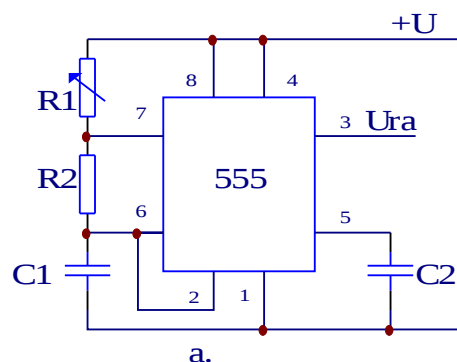
Một số sơ đồ khâu tạo chùm xung mô tả trên hình V.7.

Vì mạch 555 tạo xung đồng hồ hình V.7.a cho ta chất lượng xung khá tốt và sơ đồ cũng tương đối đơn giản. Sơ đồ này thường hay gặp trong các mạch tạo chùm xung.

Trong thiết kế mạch điều khiển, thường hay sử dụng KĐTT. Do đó để đồng dạng về linh kiện, khâu tạo chùm xung cũng có thể sử dụng KĐTT, như các sơ đồ trên hình V.7.b,c. Tuy nhiên, ở đây sơ đồ dao động đa hài hình V.7.b có ưu điểm hơn về mức độ đơn giản, do đó được sử dụng khá rộng rãi trong các mạch tạo xung chữ nhật.

Sau khi phân tích ưu, nhược điểm của các khâu ta chọn sơ chọn mạch điều khiển như sau:

➤ Mạch tạo xung điều khiển đơn

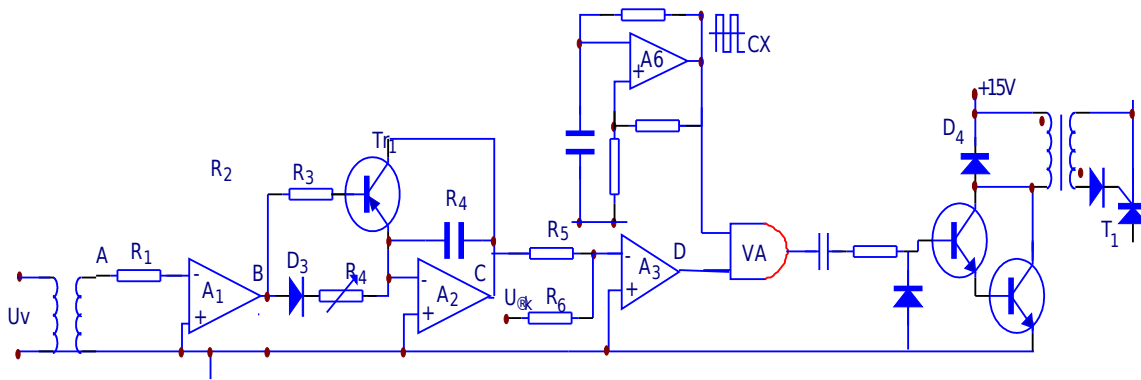
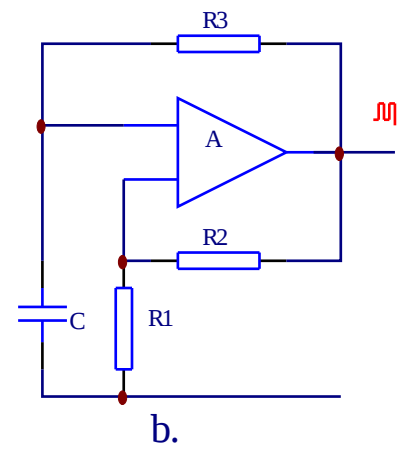
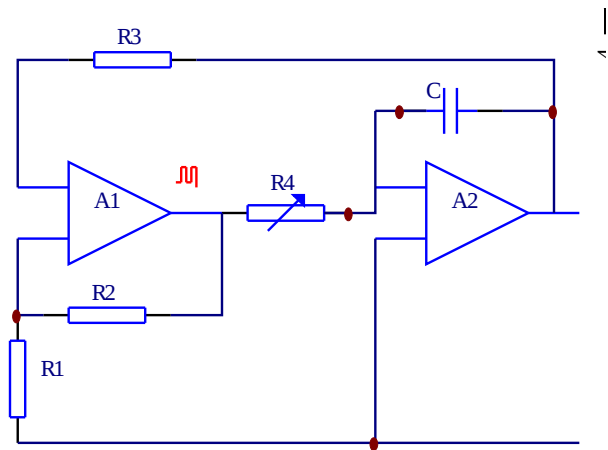
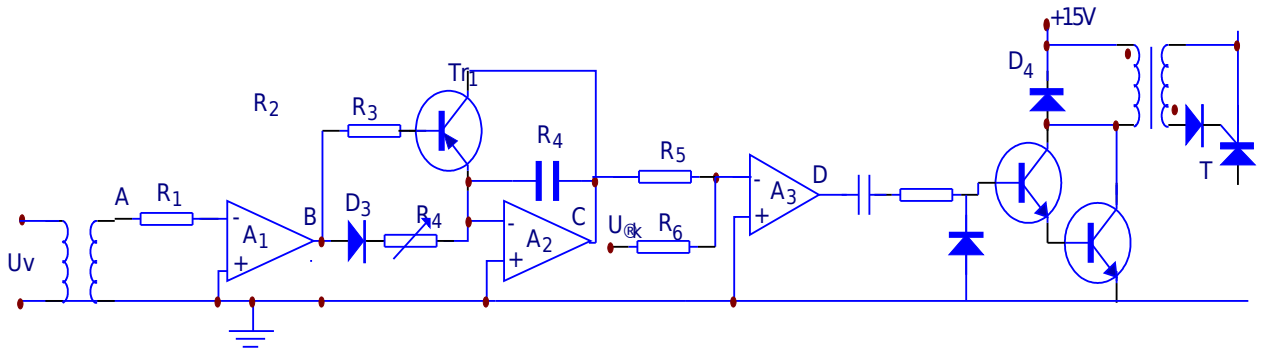


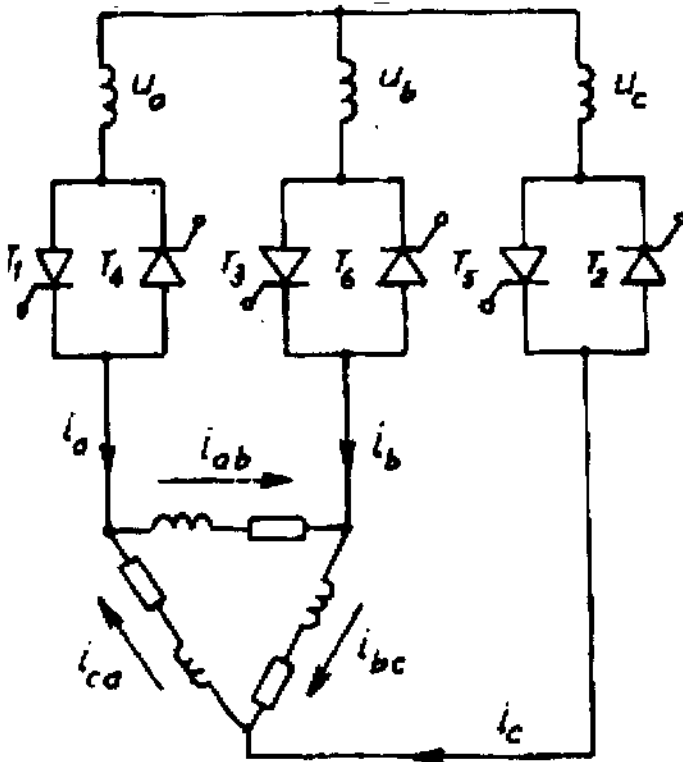
a. Mạch tạo chùm xung điều khiển

Hình V.7: Một số sơ đồ chùm xung.

a. Sơ đồ dùng vi mạch 555; b. Đa hài bằng KĐTT;

c. Tạo bằng mạch KĐTT





Hình 4.7

2. Nguyên lý làm việc

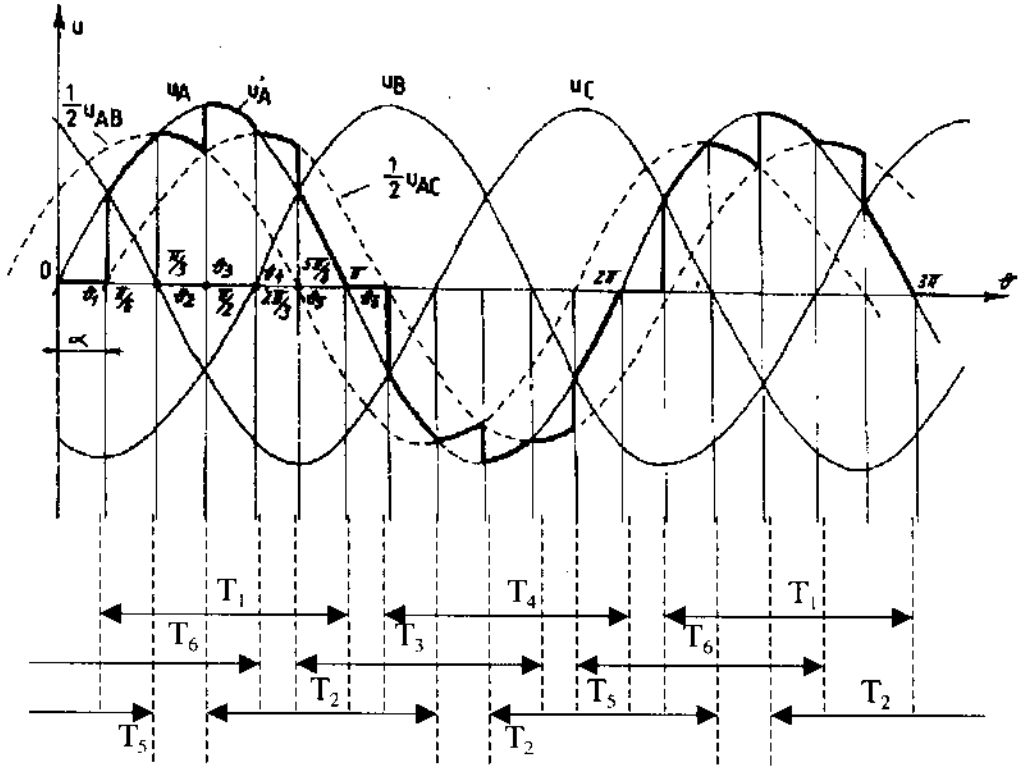
Xét trường hợp tải thuần trở đấu sao:

- Khi tải là thuần trở, dòng điện các pha của phụ tải đấu sao có hình dáng đồ thị thời gian giống như của điện áp tải u'_a , u'_b , u'_c

- Khi tải là đối xứng, điện áp u'_a , u'_b , u'_c và dòng điện tải i_a , i_b , i_c lệch pha nhau một góc $2\pi/3$, vì vậy chỉ cần vẽ đồ thị cho điện áp pha A là u'_a , các pha còn lại là u'_b , u'_c được suy ra từ pha A và dịch đi theo trục thời gian một góc $2\pi/3$ và $4\pi/3$.

- Góc mở α tính từ thời điểm điện áp nguồn của pha tương ứng bằng không. Nếu ta thay đổi góc mở α từ $\alpha = 0$ đến $\alpha = 5\pi/6$ ta có các chế độ vận hành khác nhau của bộ biến đổi.

2.1. Khi góc $0 < \alpha < \pi/3$: Với $\alpha = \pi/6$ ta có đồ thị như hình 4.8



Hình 4.8

- Nguyên tắc vẽ điện áp trên các pha tải:

+ Khi chỉ có hai tiristor ở hai pha đang mở thì điện áp trên pha tải liên quan bằng $1/2$ điện áp dây giữa hai pha đang xét.

+ Khi có 3 tiristor ở 3 pha cùng mở thì điện áp trên các pha tải bằng điện áp pha tương ứng của nguồn.

- Từ khoảng $\theta = 0 \div \pi/6$: do T_1 và T_4 đều khoá nên $u'_a = 0$

- Từ khoảng $\theta = \pi/6 \div \pi/3$: T_1, T_6, T_5 mở nên $u'_a = u_a, u'_b = u_b, u'_c = u_c$.

- Từ khoảng $\theta = \pi/3 \div \pi/2$: T_1 và T_6 mở, lúc này T_5 khoá vì $u_c < 0$, T_2 khoá vì chưa được cấp xung mở do đó $u'_a = -u'_b \rightarrow u'_a - u'_b = u_{ab} \rightarrow u'_a = u_{ab}/2$

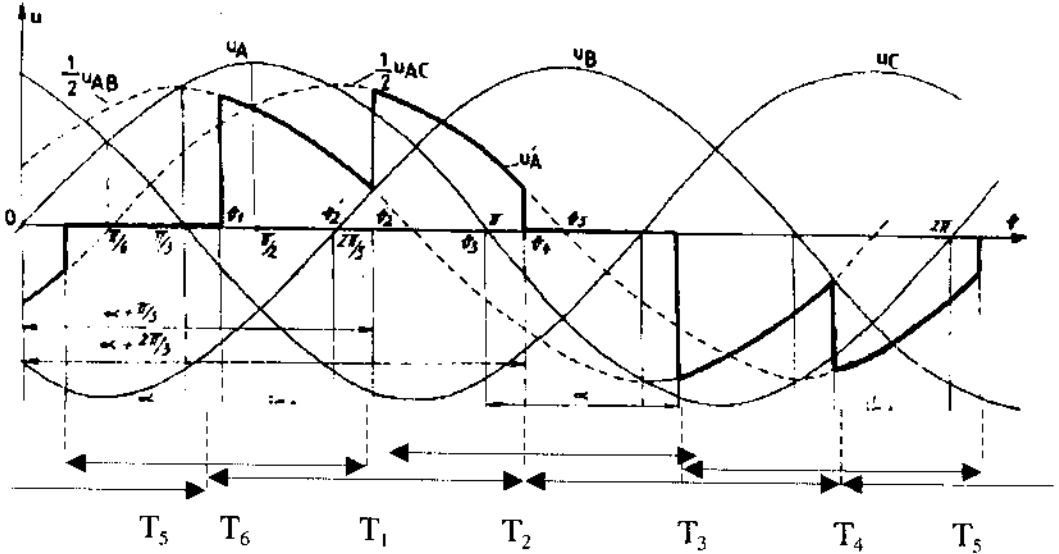
- Từ khoảng $\theta = \pi/2 \div 2\pi/3$: T_1, T_6, T_2 mở nên $u'_a = u_a, u'_b = u_b, u'_c = u_c$.

- Từ khoảng $\theta = 2\pi/3 \div 5\pi/6$: T_1 và T_2 mở, lúc này T_6 khoá vì $u_b > 0$, T_3 khoá vì chưa được cấp xung mở do đó $u'_a = u_{ac}/2$

- Từ khoảng $\theta = 5\pi/6 \div \pi$: T_1, T_3, T_2 mở nên $u'_a = u_a, u'_b = u_b, u'_c = u_c$.

- Từ khoảng $\theta = \pi + 2\pi$: Điện áp tải pha A ở nửa chu kỳ âm được suy ra tương tự nửa chu kỳ dương.

2.2. Khi góc $\pi/3 < \alpha < \pi/2$: Trong chế độ này lúc nào cũng chỉ có 2 tiristor ở 2 pha mở, ví dụ khi $\alpha = 75^\circ$ ta có đồ thị với các khoảng mở của các van như hình sau:



Hình 4.9

Câu hỏi

1. Để bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều một pha làm việc được với tải có điện cảm thì góc mở phải như thế nào? Vẽ dạng sóng ra.

2. Vẽ dạng sóng ra của bộ điều chỉnh điện áp xoay chiều ba pha.

Chương 5

THIẾT BỊ BIẾN TẦN GIÁN TIẾP

Mục tiêu

Đi sâu phân tích sơ đồ nguyên lý, nguyên tắc hoạt động và quy luật đóng cắt của các van trong bộ biến tần gián tiếp một pha và ba pha.

I. THIẾT BỊ BIẾN TẦN GIÁN TIẾP MỘT PHA

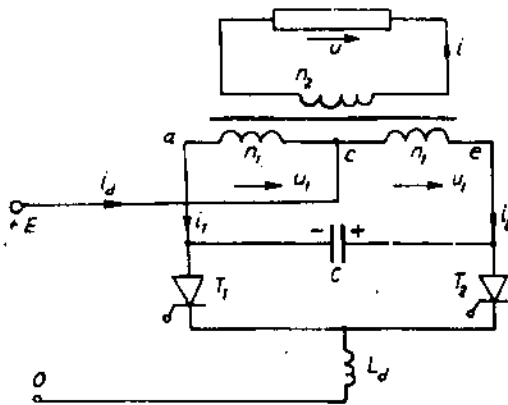
1. Khái niệm thiết bị biến tần

- Thiết bị biến tần là thiết bị điện tử có tác dụng biến đổi nguồn điện một chiều thành dòng điện xoay chiều có tần số mong muốn (có thể biến đổi được).

- Thiết bị biến tần được gọi là gián tiếp vì có một khâu chỉnh lưu để tạo nguồn một chiều từ nguồn lưới điện xoay chiều tần số cố định.

2. Sơ đồ biến tần một pha

2.1. Sơ đồ dùng máy biến áp có điểm giữa



Hình 5.1

Sơ đồ gồm:

- Máy biến áp có cuộn sơ cấp có điểm giữa, mỗi nửa có số vòng là n_1 , cuộn thứ cấp có số vòng n_2 . Tỷ số máy biến áp: $n = n_2 / n_1$.

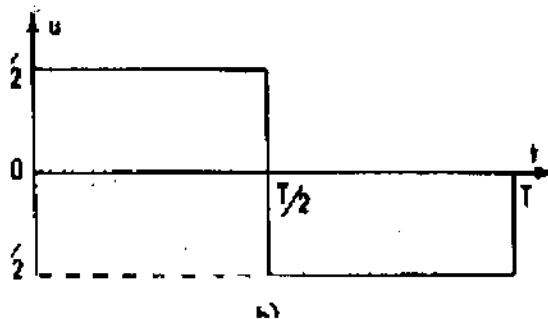
- Tụ C dùng để chuyển mạch tiristor. Điện cảm L_d để ngăn không cho tụ C phóng điện qua nguồn một chiều khi chuyển mạch tiristor, đồng thời giảm dòng nạp cho tụ C khi nó đặt điện áp ngược lại. Điện áp trên tải là u , dòng điện qua tải là i

Nguyên lý hoạt động:

Khi ta cho xung mở T_1 , điểm a của biến áp qua T_1 được nối với cực âm nguồn nên: $V_c - V_a = u_1 = E$

Do hiệu ứng máy biến áp tự ngẫu nên nửa còn lại ce cũng có điện áp bằng $u_1 = E$. Điện áp trên tụ là: $u_c = u_{ae} = 2E$. Tụ C được nạp bằng dòng i_2 .

Khi này nếu ta cho xung mở T_2 thì T_1 sẽ bị khoá bởi điện áp trên tụ C đặt ngược lên T_1 . Tụ C được nạp ngược lại để sẵn sàng khoá T_2 khi T_1 mở. Điện áp và dòng điện bên thứ cấp có dạng sin chữ nhật và có tần số phụ thuộc vào nhịp điều phát xung mở T_1 và T_2 (Hình 5.2).



Hình 5.2

2.2. Sơ đồ dùng hai Tranzitor

Khi tải thuần trở ta có sơ đồ hình 5-3. Sơ đồ có 2 nguồn $E/2$ cung cấp cho 2 tranzito công suất T_1 và T_2 .

Điện áp trên tải là u , dòng điện qua tải là i .

Hoạt động của sơ đồ:

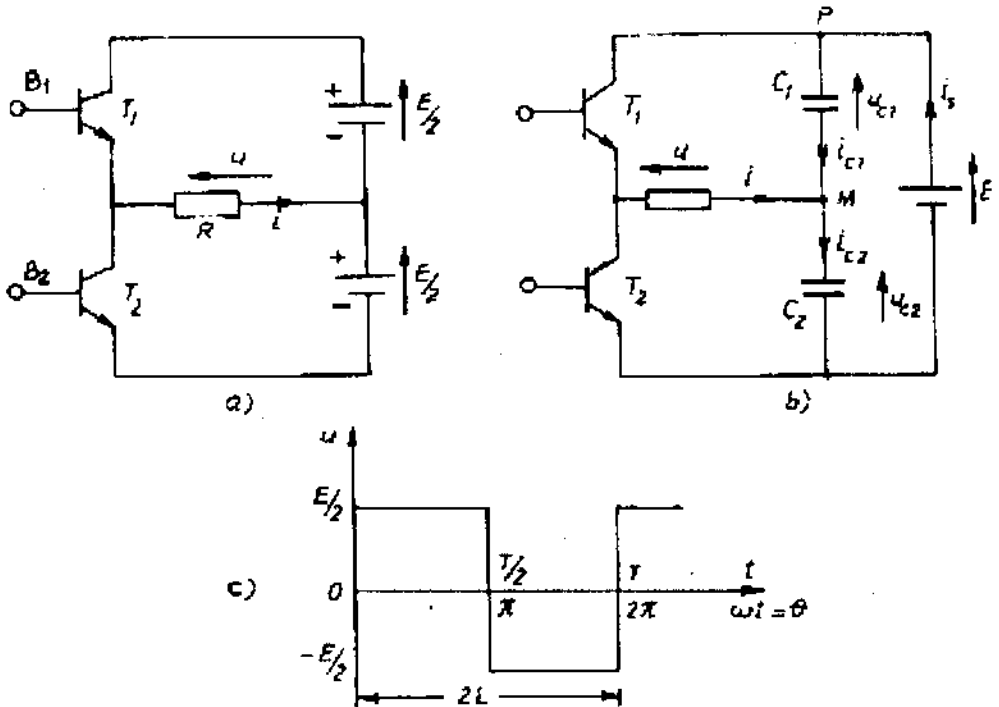
- Khi ta cho tín hiệu điều khiển mở T_1 , khoá T_2 ta có:

$u = E/2$. Dòng tải: $i = E/2R$

Khi T_2 mở, T_1 khoá ta có: Điện áp tải $u = -E/2$; dòng tải $i = -E/2R$

Điện áp trên tải có dạng sin chữ nhật.

Để thực hiện 2 nguồn $E/2$ ta dùng sơ đồ với một nguồn E và hai tụ điện $C_1 = C_2$



Hình 5.3

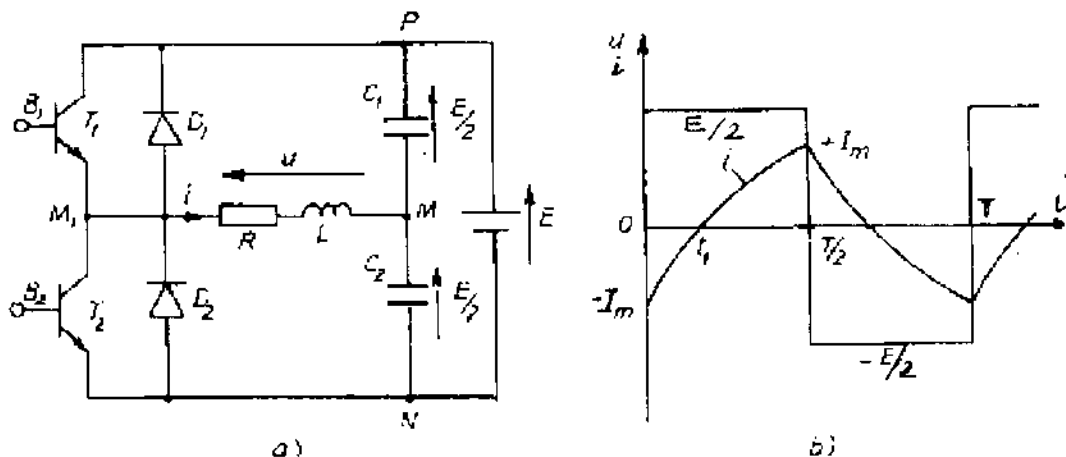
- Khi tải là $L + R$: Sơ đồ hình 5.4

+ Do tải có thành phần điện cảm nên ta phải nối song song ngược hai điốt D_1 và D_2 với T_1 và T_2 để tránh phá hỏng các tranzito do sức điện động tự cảm trong L lớn do dòng điện qua nó tăng giảm đột ngột gây ra.

+ Hoạt động của sơ đồ:

Giả thiết T_2 đang dẫn dòng, dòng tải i chảy theo mạch:

$M \rightarrow M_1 \rightarrow T_2 \rightarrow N \rightarrow M$. T_1 đang bị khoá.



Hình 5.4

Tại thời điểm $t = 0$, dòng tải $i = -I_m$, ta cắt tín hiệu ở $B_2 \rightarrow$ Tranzito T_2 bị khoá. Đồng thời đưa tín hiệu (+) vào B_1 nhưng T_1 chưa mở vì s.d.d tự cảm trong cuộn cảm L đặt cực (+) tại M_1 làm D_1 thông, dòng qua tải vẫn theo chiều cũ và khép mạch theo đường: $M \rightarrow M_1 \rightarrow D_1 \rightarrow P \rightarrow M$. Đến thời điểm t_1 thì dòng tải bằng không khi đó T_1 mới dẫn dòng và dòng qua tải theo chiều ngược lại theo mạch: $P \rightarrow T_1 \rightarrow M_1 \rightarrow M \rightarrow P$.

2.3. Sơ đồ cầu một pha

Ta có sơ đồ như hình 5.5 bao gồm:

- Bốn tiristor nối theo sơ đồ cầu.
- Từng cặp T_1, T_3 và T_2, T_4 được điều khiển mở theo chu kỳ.
- Các T_1, T_3 và T_2, T_4 được mở cùng một lúc hoặc mở lệch nhau một khoảng thời gian để điều chỉnh điện áp ra trên tải.
- Các diốt D_1, D_4 và D_2, D_3 đấu song song ngược với các tiristor là cần thiết để rẽ dòng tải khi tải có thành phần điện cảm.
- Các cuộn L_1 và L_4 quấn trên cùng một mạch từ, L_2 và L_3 quấn trên cùng một mạch từ khác, cùng với các tụ điện C_1, C_4, C_2, C_3 tạo thành các phần tử chuyển mạch.
- Từ nguồn một chiều E ta có thể tạo ra trên tải một điện áp xoay chiều hình "sin chữ nhật" có tần số có thể thay đổi được.

Chương 3

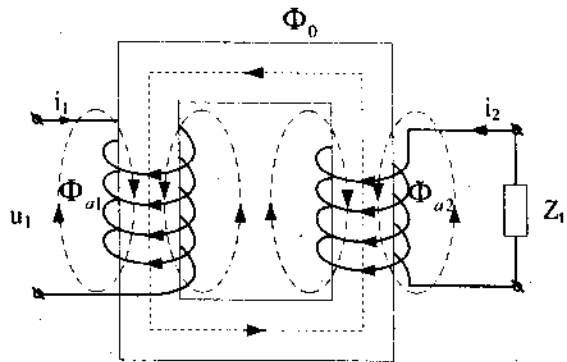
VẤN ĐỀ CHUYỂN MẠCH VÀ NGHỊCH LƯU PHỤ THUỘC

3.1. Hiện tượng chuyển mạch

Nghiên cứu về các bộ chỉnh lưu trong chương 2 dựa trên các giả thiết lý tưởng hoá, ví dụ: máy biến áp đơn thuần chỉ là bộ biến đổi điện áp qua tỷ số vòng dây cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp; van bán dẫn là một khoá điện từ lý tưởng với thời gian đóng cắt bằng 0; nguồn xoay chiều đầu vào thuần túy là nguồn điện áp với trở kháng trong bằng 0,... Hình dạng của điện áp chỉnh lưu, quan hệ giữa dòng điện xoay chiều với dòng một chiều, các đặc tính của van bán dẫn đã được thiết lập dựa trên chính mô hình bộ biến đổi lý tưởng này.

Trong chương này các đặc tính thu được từ mô hình bộ biến đổi lý tưởng sẽ được làm chính xác thêm lên bằng cách đưa dần các yếu tố thực tế vào mô hình. Việc xem xét chế độ nghịch lưu của các sơ đồ chỉnh lưu và bộ biến đổi có đảo chiều chỉ có ý nghĩa nếu tính đến các yếu tố thực tế này.

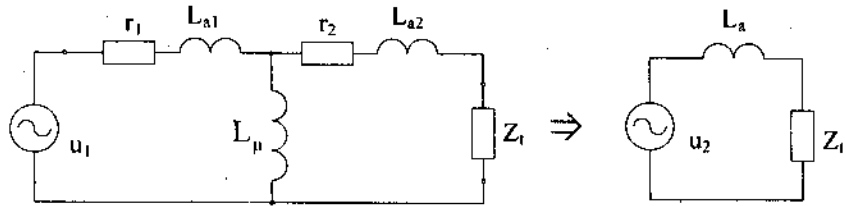
Trong thực tế, đường dây cung cấp nguồn xoay chiều đầu vào chỉnh lưu luôn có một giá trị điện cảm nhất định. Bản thân các máy biến áp cũng có điện trở thuần của dây cuộn và trở kháng tản do một phần từ thông móc vòng ra ngoài không khí. Đối với dải công suất lớn điện trở thuần của đường dây thường là không đáng kể so với trở kháng do các điện cảm tạo nên. Các thành phần điện cảm trên đầu vào xoay chiều của các bộ chỉnh lưu cản trở dòng điện qua các van bán dẫn thay đổi một cách tức thời. Cụ thể là, khi một van khoá lại phải mất một thời gian nhất định để dòng qua van trở về 0, tương tự đối với van mới mở ra, phải mất một thời gian như vậy để dòng qua van tăng từ 0 đến giá trị dòng tải. Hiện tượng này gọi là *hiện tượng chuyển mạch*, thời gian diễn ra quá trình này gọi là *thời gian chuyển mạch*. Quá trình chuyển mạch diễn ra ngay cả khi giả thiết các van bán dẫn là lý tưởng với thời gian đóng cắt (t_m, t_k) đều bằng 0.



Hình 3.1. Mô hình mạch từ máy biến áp.

Khái niệm về từ thông tản được giải thích qua sơ đồ mạch từ của máy biến áp hai cuộn dây, cho trên hình 3.1. Ngoài thành phần từ thông chính Φ_0 móc vòng trong lõi sắt máy biến áp còn có thành phần từ thông do dòng điện cuộn sơ cấp và thứ cấp móc vòng ra không khí Φ_{a1}, Φ_{a2} , gọi là từ thông tản. Để mô tả các thành phần từ thông này trong sơ đồ tương đương của máy biến áp, cho trên hình 3.2, ta đưa vào các thành phần điện cảm tản

$$L_{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{I_1}, L_{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{I_2}.$$

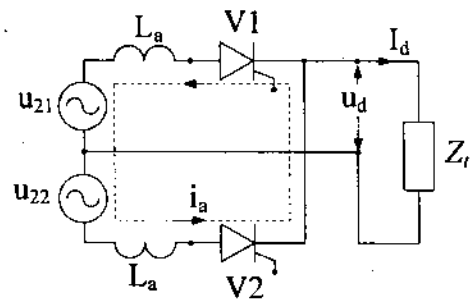


Hình 3.2. Mạch điện tương đương của máy biến áp.

Các điện trở thuần r_1, r_2 có thể bỏ qua. L_μ là điện cảm từ hoá máy biến áp, có giá trị rất lớn. Vì vậy sơ đồ tương đương còn có thể đơn giản hoá hơn nữa, chỉ còn lại nguồn áp bằng điện áp thứ cấp u_2 , các điện cảm tản quy đổi về phía thứ cấp thành điện cảm L_a nói chung.

3.1.1. Chuyển mạch trong sơ đồ tia một pha

Quá trình chuyển mạch được xét đến trước tiên cho sơ đồ đơn giản nhất, chỉnh lưu tia một pha. Bằng cách biến đổi tương đương máy biến áp đã nói đến ở trên có thể biểu diễn sơ đồ chỉnh lưu như trên hình 3.3. Trên hình 3.3 điện áp xoay chiều đầu vào chỉnh lưu được thay thế bởi hai nguồn s.đ.đ $u_{21},$



Hình 3.3. Mạch vòng chuyển mạch trong sơ đồ tia một pha.

u_{22} , nối tiếp với một điện cảm tản L_a .

Giả sử tiristo V1 đang dẫn dòng, đến thời điểm $\theta = \pi + \alpha$, tín hiệu điều khiển đến mở V2. V2 mở ra được vì điện áp anôt - catôt của nó đang dương. Do có điện cảm L_a trong mạch, dòng qua V1 không thể về 0 lập tức, dòng qua V2 không thể bằng ngay I_d . Như vậy tồn tại một khoảng thời gian V1 và V2 cùng dẫn, tạo nên một mạch vòng dòng điện gồm $u_{21}, u_{22}, L_a, V2, V1, L_a$.

Trong mạch vòng này xuất hiện dòng i_a , gọi là dòng chuyển mạch, có chiều tăng cường dòng qua V2 và làm giảm dòng qua V1. Giả thiết rằng khoảng thời gian diễn ra chuyển mạch là tương đối ngắn so với chu kỳ đóng cắt của các van nên dòng tải chưa kịp thay đổi, giữ nguyên giá trị I_d .

Trong giai đoạn chuyển mạch, ta có: $i_{v1} = I_d - i_a; i_{v2} = i_a$.

Kết thúc chuyển mạch, ta có: $i_{v1} = 0; i_{v2} = I_d$.

Viết phương trình cho mạch vòng chuyển mạch:

$$2X_a \frac{di_a}{d\theta} = 2u_2,$$

trong đó: $X_a = \omega L_a; \theta = \omega t; u_2 = U_2^m \sin \theta$.

Với điều kiện đầu, tại $\theta = \alpha$ thì $i_a = 0$, phương trình vi phân trên có nghiệm dạng:

$$i_a = \frac{U_2^m}{X_a} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

Gọi γ là góc diễn ra chuyển mạch, tại $\theta = \alpha + \gamma$ thì chuyển mạch kết thúc, nghĩa là $i_a = I_d$, có thể viết được:

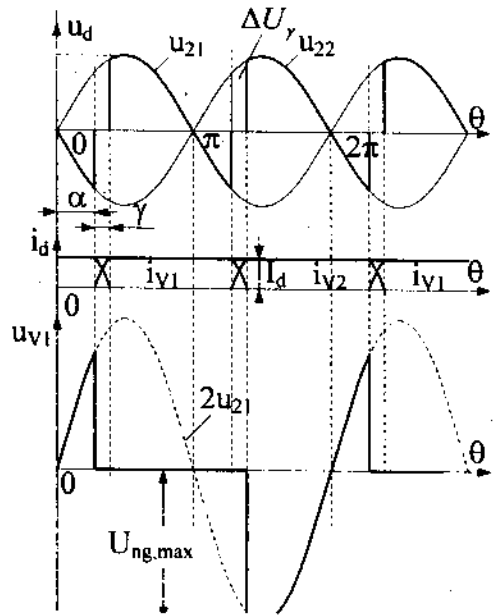
$$I_d = \frac{U_2^m}{X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)],$$

$$\text{Hay: } [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)] = \frac{X_a I_d}{\sqrt{2} U_2}.$$

Biểu thức này cho phép xác định góc chuyển mạch γ phụ thuộc góc điều khiển α , dòng tải I_d và các tham số của mạch X_a, U_2 .

Trong khoảng γ , V1 và V2 cùng dẫn, điện áp trên hai điện cảm L_a bằng nhau nên thế của điểm catốt chung của hai van bằng thế của điểm nối giữa hai nguồn u_{21}, u_{22} , nghĩa là $u_d = 0$. Vì vậy, điện áp chỉnh lưu bị mất đi một phần, được bôi đen trên đồ thị hình 3.4. Giá trị phần bị mất đi, ký hiệu qua ΔU_λ , gọi là sụt áp do quá trình chuyển mạch, tính được như sau:

$$\Delta U_\gamma = \frac{1}{\pi} \int_\alpha^{\alpha+\gamma} U_2^m \sin \theta d\theta = \frac{U_2^m}{\pi} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)].$$



Hình 3.4. Dạng dòng điện, điện áp trong quá trình chuyển mạch.

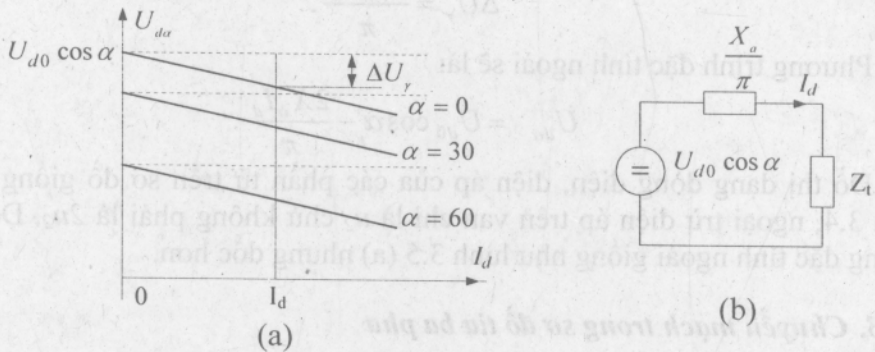
Kết hợp các biểu thức trên, ta có:

$$\Delta U_\gamma = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} \frac{I_d X_a}{\sqrt{2}U_2} = \frac{I_d X_a}{\pi}$$

Như vậy điện áp chỉnh lưu có thể biểu diễn như sau:

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{X_a I_d}{\pi}$$

Biểu thức thể hiện mối quan hệ giữa $U_{d\alpha}$ và dòng chỉnh lưu I_d , gọi là đặc tính ngoài của chỉnh lưu, có đồ thị cho trên hình 3.5 (a). Ý nghĩa của đặc tính ngoài là ta có thể thay thế bộ chỉnh lưu bằng sơ đồ tương đương như trên hình 3.5 (b), trong đó chỉnh lưu giống như một nguồn điện, có s.d.đ trong $U_{d\alpha} \cos \alpha$, với nội trở bằng $\frac{X_a}{\pi}$.

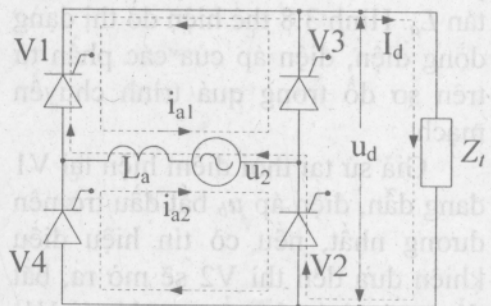


Hình 3.5. (a) Đồ thị đường đặc tính ngoài của chỉnh lưu tia một pha; (b) Sơ đồ thay thế tương đương.

3.1.2. Chuyển mạch trong sơ đồ cầu một pha

Chuyển mạch trong sơ đồ cầu một pha giữa hai van trong cùng một nhóm, catôt chung hoặc anôt chung, xảy ra giống như trong sơ đồ tia một pha. Sự khác nhau giữa hai sơ đồ là trong sơ đồ cầu có bốn van chuyển mạch cùng một lúc. Điều này được thể hiện trên sơ đồ tương đương như trên hình 3.6.

Giả sử V1, V2 đang dẫn dòng tải I_d , có tín hiệu điều khiển đến mở V2



Hình 3.6. Sơ đồ tương đương của quá trình chuyển mạch trong sơ đồ cầu.

và V4. Theo sơ đồ tương đương, khi đó xảy ra chuyển mạch giữa V1 với V3 và giữa V2 với V4. Có hai mạch vòng chuyển mạch cùng hai dòng chuyển mạch i_{a1} , i_{a2} . Điều kiện xảy ra và kết thúc chuyển mạch giống y như trong sơ đồ tia một pha.

Điều kiện đầu: tại $\theta = \alpha$ thì $i_{a1} = i_{a2} = 0$.

Kết thúc chuyển mạch: tại $\theta = \alpha + \gamma$, $i_{a1} = i_{a2} = I_d$.

Do đó biểu thức để xác định góc chuyển mạch vẫn là:

$$\left[\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma) \right] = \frac{X_a I_d}{\sqrt{2} U_2}$$

Hai sơ đồ chỉ khác nhau về sụt áp trong quá trình chuyển mạch. Trong sơ đồ cầu sụt áp sinh ra do có hai dòng chuyển mạch cùng chạy qua điện cảm tản L_a , vì vậy sụt áp sẽ lớn gấp đôi, nghĩa là:

$$\Delta U_\gamma = \frac{2 I_d X_a}{\pi}$$

Phương trình đặc tính ngoài sẽ là:

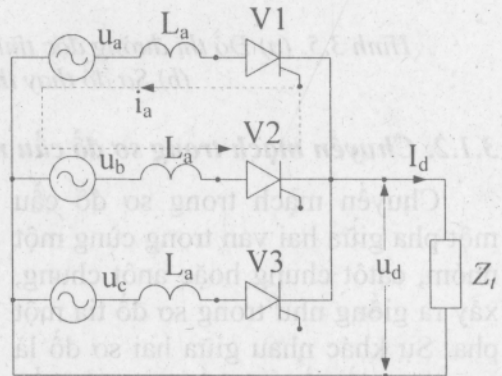
$$U_{da} = U_{d0} \cos \alpha - \frac{2 X_a I_d}{\pi}$$

Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ giống như hình 3.4, ngoại trừ điện áp trên van chỉ là u_2 chứ không phải là $2u_2$. Đồ thị đường đặc tính ngoài giống như hình 3.5 (a) nhưng dốc hơn.

3.1.3. Chuyển mạch trong sơ đồ tia ba pha

Hình 3.7 thể hiện sơ đồ tương đương của chỉnh lưu tia ba pha, trong đó nguồn điện áp xoay chiều được thay thế bằng nguồn s.d.đ ba pha u_a , u_b , u_c , nối tiếp với điện cảm tản L_a . Hình 3.8 thể hiện đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ trong quá trình chuyển mạch.

Giả sử tại thời điểm hiện tại V1 đang dẫn, điện áp u_b bắt đầu trở nên dương nhất, nếu có tín hiệu điều khiển đưa đến thì V2 sẽ mở ra, bắt đầu quá trình chuyển mạch với V1. Mạch vòng chuyển mạch được tạo nên gồm u_b , L_a , V2, V1, L_a , u_a . Lưu



Hình 3.7. Sơ đồ tương đương của chỉnh lưu tia ba pha trong quá trình chuyển mạch.

ý rằng điện áp tạo nên dòng chuyển mạch i_a là điện áp dây u_{ba} , có thể viết được phương trình của mạch vòng chuyển mạch dưới dạng:

$$2X_a \frac{di_a}{d\theta} = u_{ba},$$

trong đó,

$$u_{ba} = U_{2,l}^m \sin \theta; \quad U_{2,l}^m: \text{ giá}$$

trị biên độ của điện áp dây;

$$X_a = \omega L_a;$$

θ : góc tính từ điểm chuyển mạch tự nhiên.

Trong giai đoạn chuyển mạch: $i_{V1} = I_d - i_a$; $i_{V2} = i_a$.

Chuyển mạch kết thúc khi: $i_{V1} = 0$; $i_{V2} = I_d$.

Giải phương trình mạch vòng chuyển mạch với các điều kiện đầu, tìm được giá trị dòng điện dưới dạng:

$$i_a = \frac{U_{2,l}^m}{2X_a} (\cos \alpha - \cos \theta).$$

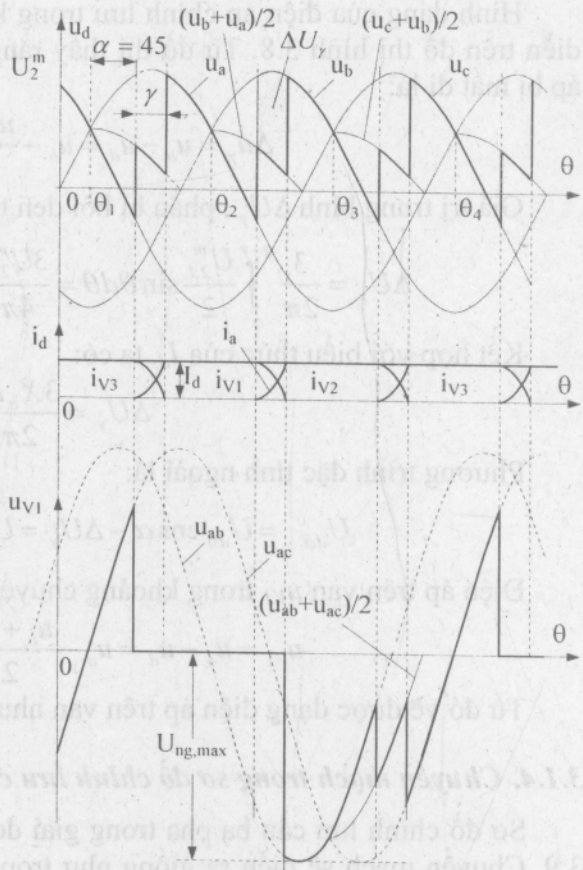
Tại $\theta = \alpha + \gamma$ chuyển mạch kết thúc, dòng chuyển mạch bằng dòng tải, $i_a = I_d$. Từ đây suy ra biểu thức để xác định góc chuyển mạch γ , phụ thuộc góc điều khiển α , dòng tải I_d và các tham số của mạch X_a , U_2 như sau:

$$I_d = \frac{U_{2,l}^m}{2X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)].$$

Từ sơ đồ hình 3.7 ta nhận thấy, trong khoảng chuyển mạch, thế của điểm catốt chung của V1, V2, so với điểm trung tính của nguồn đứng bằng $(u_a + u_b)/2$ do tác dụng phân áp của hai điện cảm L_a . Điều này cũng có thể lý giải bằng các phép tính toán sau đây.

Trong khoảng $\alpha \leq \theta < \alpha + \gamma$:

$$u_d = u_b - u_{l,a} = u_b - X_a \frac{di_a}{d\theta} = u_b - \frac{u_{ba}}{2} = u_b - \frac{u_b - u_a}{2} = \frac{u_a + u_b}{2}$$



Hình 3.8. Dạng điện áp, dòng điện trong quá trình chuyển mạch trên sơ đồ tia ba pha.

Hình dạng của điện áp chỉnh lưu trong khoảng chuyển mạch được biểu diễn trên đồ thị hình 3.8. Từ đồ thị thấy rằng giá trị tức thời của phần điện áp bị mất đi là:

$$\Delta u_\gamma = u_b - u_d = u_b - \frac{u_b + u_a}{2} = \frac{u_{ba}}{2}$$

Giá trị trung bình ΔU_γ , phần bị bôi đen trên đồ thị, tính được là:

$$\Delta U_\gamma = \frac{3}{2\pi} \int_\alpha^{\alpha+\gamma} \frac{U_{2,l}^m}{2} \sin \theta d\theta = \frac{3U_{2,l}^m}{4\pi} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)]$$

Kết hợp với biểu thức của I_d , ta có:

$$\Delta U_\gamma = \frac{3X_a I_d}{2\pi}$$

Phương trình đặc tính ngoài là:

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{3X_a I_d}{2\pi}$$

Điện áp trên van u_{V1} trong khoảng chuyển mạch giữa V2 với V3 bằng:

$$u_{V1} = u_a - u_d = u_a - \frac{u_c + u_b}{2} = \frac{u_{ac} + u_{ab}}{2}$$

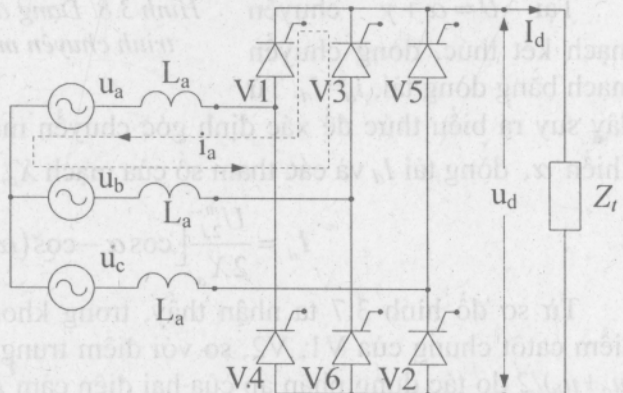
Từ đó vẽ được dạng điện áp trên van như trên đồ thị hình 3.8.

3.1.4. Chuyển mạch trong sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha

Sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha trong giai đoạn chuyển mạch cho trên hình 3.9. Chuyển mạch sẽ diễn ra giống như trong sơ đồ tia ba pha đối với mỗi nhóm van catôt chung hoặc anôt chung. Trong mỗi chu kỳ điện áp lưới xảy ra 6 lần chuyển mạch, nhiều hơn hai lần so với ở sơ đồ hình tia, do đó sụt áp do quá trình chuyển mạch cũng lớn gấp đôi.

$$\Delta U_\gamma = \frac{3X_a I_d}{\pi}$$

Vì các điều kiện diễn ra chuyển mạch cũng giống như ở sơ đồ tia ba pha nên biểu thức để xác định góc chuyển mạch γ ,



Hình 3.9. Sơ đồ tương đương của chỉnh lưu cầu ba pha trong giai đoạn chuyển mạch.

phụ thuộc góc α , dòng tải I_d và các tham số của mạch X_a, U_2 vẫn là:

$$I_d = \frac{U_{2,l}^m}{2X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)].$$

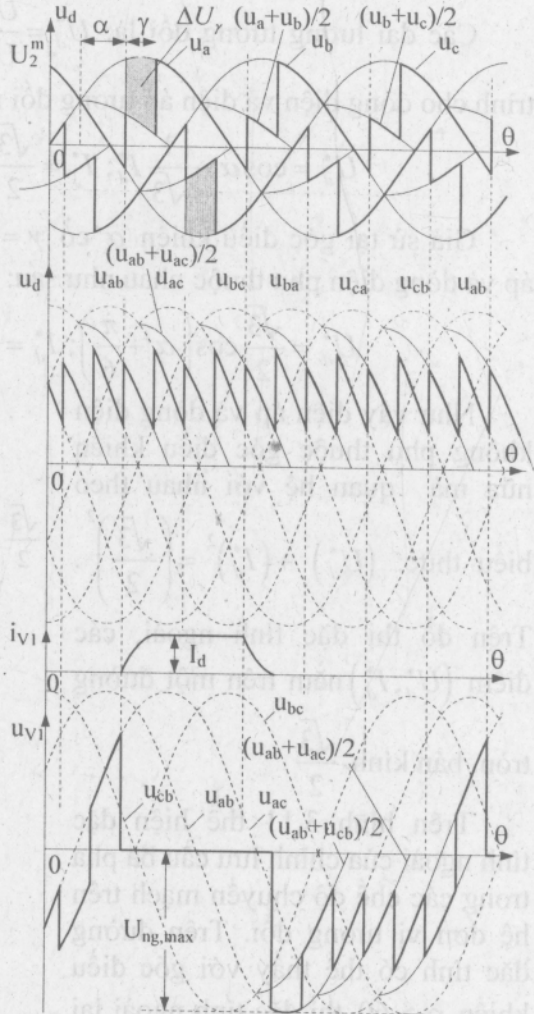
Phương trình đặc tính ngoài của chỉnh lưu cầu ba pha sẽ là:

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{3X_a I_d}{\pi}.$$

Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trong quá trình chuyển mạch cho trên hình 3.10.

Ngoài ra trong sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha còn có các chế độ chuyển mạch phức tạp hơn. Sau đây sẽ đưa ra một số vấn đề liên quan dành cho các người đọc có nhu cầu tìm hiểu sâu hơn.

Đối với chỉnh lưu cầu, một sơ đồ có nhiều ứng dụng quan trọng thì việc phân tích các chế độ làm việc không bình thường có ý nghĩa to lớn. Đó là các chế độ quá tải, ngắn mạch, khi dòng tải lớn lên bất thường. Khi dòng tải lớn các chế độ chuyển mạch sẽ khác so với việc phân tích đơn giản hoá trên đây. Như đã thấy qua biểu thức xác định góc chuyển mạch γ , có thể thấy rằng với cùng một góc điều khiển α , góc γ sẽ tăng cùng với dòng I_d . Đến một giá trị nào đó của dòng I_d , sẽ xảy ra tình huống $\gamma = 60^\circ$. Bắt đầu từ đây sơ đồ chuyển sang chế độ lúc nào cũng có 3 van cùng dẫn. Đó là vì trong sơ đồ chỉnh lưu cầu sau mỗi 60° lại có một van mới vào làm việc. Rơi vào chế độ này, sơ đồ sẽ tự động



Hình 3.10. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trong quá trình chuyển mạch trong chỉnh lưu cầu.

điều chỉnh điện áp $U_{d\alpha}$ cùng với dòng chỉnh lưu I_d sao cho góc điều khiển α sẽ không thay đổi được nữa.

Để lý giải trước hết ta viết lại các phương trình trong hệ đơn vị tương đối. Đặt các giá trị cơ sở là dòng ngắn mạch I_{nm} và điện áp chỉnh lưu khi chưa điều khiển:

$$I_{nm} = \frac{\sqrt{2}U_2}{X_a}; U_{d0} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi}U_2.$$

Các đại lượng tương đối là: $U_d^* = \frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}}; I_d^* = \frac{I_d}{I_{nm}}$. Viết lại các phương trình cho dòng điện và điện áp tương đối như sau:

$$U_d^* = \cos \alpha - \frac{1}{\sqrt{3}} I_d^*; I_d^* = \frac{\sqrt{3}}{2} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)].$$

Giả sử tại góc điều khiển α' có $\gamma = 60^\circ$. Khi đó có thể tính được điện áp và dòng điện phụ thuộc nhau như sau:

$$U_d^* = \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\left(\alpha' + \frac{\pi}{6}\right); I_d^* = \frac{\sqrt{3}}{2} \sin\left(\alpha' + \frac{\pi}{6}\right).$$

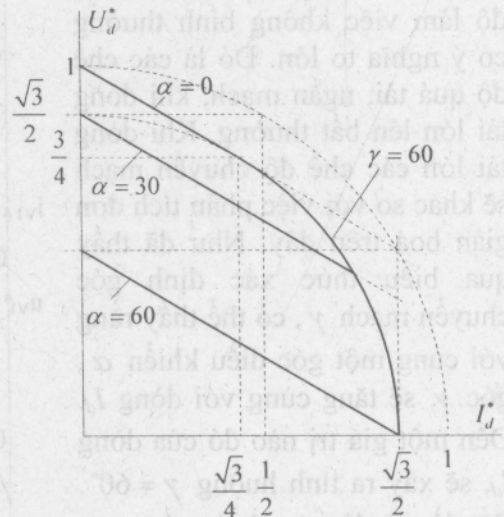
Như vậy điện áp và dòng điện không phụ thuộc góc điều khiển nữa mà quan hệ với nhau theo

biểu thức: $(U_d^*)^2 + (I_d^*)^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2$.

Trên đồ thị đặc tính ngoài, các điểm (U_d^*, I_d^*) nằm trên một đường

tròn, bán kính $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Trên hình 3.11 thể hiện đặc tính ngoài của chỉnh lưu cầu ba pha trong các chế độ chuyển mạch trên hệ đơn vị tương đối. Trên đường đặc tính có thể thấy với góc điều khiển $\alpha > 60^\circ$ thì đặc tính ngoài lại là một đường thẳng.



Hình 3.11. Đặc tính ngoài của chỉnh lưu cầu ba pha trên hệ đơn vị tương đối.

3.2. Nghịch lưu phụ thuộc

Nghịch lưu phụ thuộc là chế độ làm việc của các sơ đồ chỉnh lưu, trong đó năng lượng từ phía một chiều được đưa trả về phía xoay chiều. Đây là chế độ làm việc phổ biến của các bộ chỉnh lưu, nhất là trong ứng dụng với các hệ thống truyền động điện một chiều. Khi một máy điện một chiều được điều khiển bởi bộ chỉnh lưu, máy điện có thể là động cơ tiêu thụ năng lượng từ lưới điện nhưng cũng có thể đóng vai trò là nguồn phát năng lượng, đưa trả về lưới. Điều này xảy ra trong chế độ động cơ hãm tái sinh, trong đó động năng tích lũy trong phần quay của động cơ được đưa trả về phía lưới xoay chiều. Tuy nhiên vấn đề trao đổi năng lượng giữa phía một chiều và phía xoay chiều còn xảy ra luân phiên trong các hệ thống biến tần trực tiếp và trong các hệ thống truyền tải điện một chiều.

Để thực hiện được chế độ nghịch lưu phụ thuộc phải có ba điều kiện sau đây:

1. Trong mạch một chiều phải có nguồn s.đ.đ E_d , có cực tính tăng cường dòng I_d , nghĩa là dòng đi vào ở cực âm và đi ra ở cực dương của E_d .

2. Góc điều khiển α phải lớn hơn 90° . Điều này dẫn đến $U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha < 0$. Như vậy bộ chỉnh lưu không phải là nguồn cấp năng lượng vì dòng đi ra ở cực âm và đi vào ở cực dương của $U_{d\alpha}$.

3. Góc khoá của van $\delta = \pi - (\alpha + \gamma)$ phải lớn hơn một góc khoá tối thiểu, xác định bởi thời gian phục hồi tính khoá của van t_r , $\delta \geq \delta_{\min} = \omega t_r$. Đây là điều kiện quan trọng liên quan đến quá trình khoá của van trong chế độ nghịch lưu.

Trong các sơ đồ cụ thể sau đây, ý nghĩa của các điều kiện trên sẽ được làm rõ.

3.2.1. Nghịch lưu phụ thuộc trong sơ đồ tia một pha

Sơ đồ cho trên hình 3.12a. Lưu ý rằng cực tính của E_d có chiều tăng cường dòng I_d . Trên hình 3.12c thể hiện sơ đồ thay thế tương đương của chỉnh lưu và mạch một chiều. Có thể thấy rằng với góc điều khiển $0 \leq \alpha < 90^\circ$, $U_{d\alpha} > 0$, cả phía chỉnh lưu lẫn phía nguồn s.đ.đ E_d đều làm việc trong chế độ máy phát. Phần tử tiêu thụ năng lượng duy nhất trong mạch là điện trở R .

Khi tăng góc điều khiển α đến lớn hơn 90° sẽ có $U_{d\alpha} < 0$, dòng I_d đi ra ở cực (-), đi vào ở cực (+) của $U_{d\alpha}$. Vậy phía chỉnh lưu làm việc trong chế độ phụ tải. Tuy nhiên phía chỉnh lưu không có phần tử biến đổi năng lượng nào, vậy chỉ có thể là năng lượng đó được đưa trả về phía lưới xoay chiều.

Phần năng lượng lưới nhận được chính là: $P_d = |U_{d\alpha}| I_d$.

Dòng I_d đi ra ở cực (+), đi vào ở cực (-) của E_d , vậy E_d làm việc trong chế độ máy phát.

Ký hiệu góc $\beta = \pi - \alpha$, gọi là góc nghịch lưu.

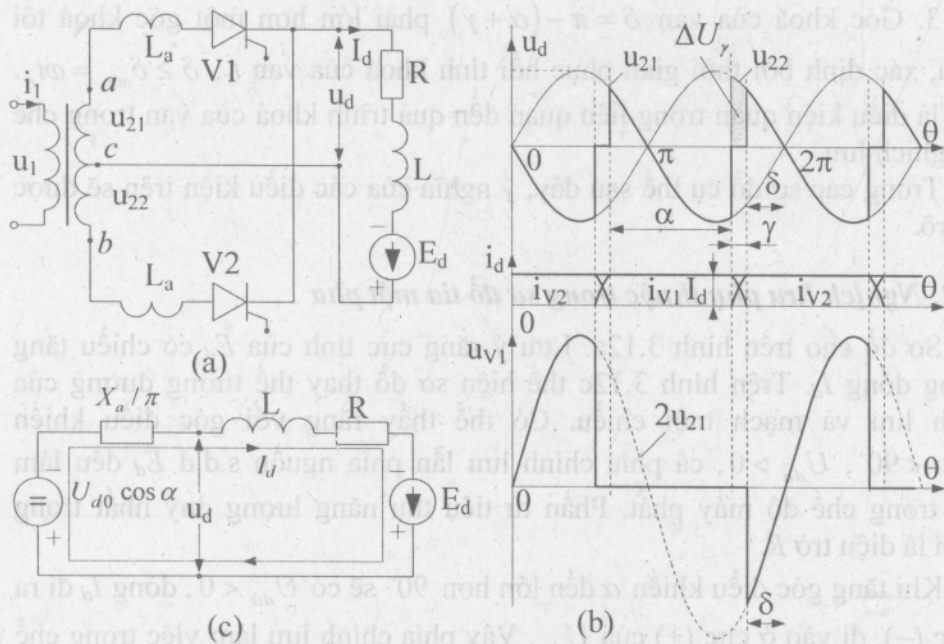
$\beta = \gamma + \delta$, trong đó γ là góc chuyển mạch, δ gọi là góc khoá của van.

Ý nghĩa của góc khoá thể hiện trên đồ thị hình 3.12b qua đồ thị dạng điện áp trên van V1. Khi V2 mở ra thì trong khoảng δ điện áp đặt lên V1 có cực tính âm. Vậy đó chính là khoảng thời gian dành cho V1 phục hồi tính chất khoá của mình. Để V1 có thể khoá lại trước khi điện áp trên anôt - catốt của nó lại dương, phải đảm bảo rằng $\delta \geq \omega t_r$, trong đó t_r là thời gian phục hồi của van.

Nếu $\delta < \omega t_r$, van V1 sẽ chưa khoá lại được trong khi V2 đã mở ra dẫn đến ngắn mạch nguồn giữa u_{21} và u_{22} . Đây là hiện tượng sự cố, gọi là lật nghịch lưu.

1. Phương trình đặc tính vào

Phương trình mô tả sự phụ thuộc của $U_{d\alpha}$ vào I_d có dạng tương tự như phương trình đặc tính ra của sơ đồ chỉnh lưu, nhưng ở đây gọi là đặc tính vào:



Hình 3.12. Nghịch lưu phụ thuộc sơ đồ tia một pha. (a) Sơ đồ; (b) Đồ thị dạng dòng điện, điện áp; (c) Mạch điện thay thế tương đương.

$$\begin{aligned}
 U_{d\alpha} &= U_{d0} \cos \alpha - \Delta U_\gamma = -U_{d0} \cos \beta - \Delta U_\gamma \\
 &= U_{d0} \cos \alpha - \frac{X_a I_d}{\pi}
 \end{aligned}$$

Có thể thấy rằng trong nghịch lưu phụ thuộc ΔU_γ làm tăng giá trị tuyệt đối của $U_{d\alpha}$.

$$\text{Dòng chỉnh lưu trung bình xác định bằng: } I_d = \frac{U_{d\alpha} + E_d}{R}$$

Phương trình để xác định góc chuyển mạch:

$$I_d = \frac{U_2^m}{X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)]$$

Vì $\alpha + \gamma + \delta = \pi$ nên $\cos(\alpha + \gamma) = -\cos \delta$. Viết lại biểu thức trên như sau:

$$\cos \alpha + \cos \delta = \frac{X_a I_d}{U_2^m}$$

Góc khoá của van phải thoả mãn điều kiện:

$\delta \geq \delta_{th} = \omega t_r \Rightarrow \cos \delta \leq \cos \delta_{th}$, trong đó δ_{th} là góc khoá tối thiểu của van, hay còn gọi là góc khoá tới hạn. Từ đây suy ra điều kiện ràng buộc đối với góc điều khiển α :

$$\cos \alpha + \cos \delta \leq \cos \alpha + \cos \delta_{th} \Rightarrow \frac{X_a I_d}{U_2^m} \leq \cos \alpha + \cos \delta_{th} \Rightarrow \cos \alpha \geq \frac{X_a I_d}{U_2^m} - \cos \delta_{th}$$

Quan hệ trên đây cho phép xác định *góc điều khiển lớn nhất cho phép*, α_{max} , ứng với một dòng điện I_d nào đó. Thông thường lấy góc khoá tới hạn khoảng $\delta_{th} = 5 \div 15^\circ$.

2. Đặc tính tổng quát

Kết hợp giữa đặc tính ra của sơ đồ chỉnh lưu với đặc tính vào của nghịch lưu phụ thuộc ta có *đặc tính tổng quát* của một sơ đồ chỉnh lưu, như biểu diễn trên hình 3.13.

3. Đặc tính tới hạn

Với một góc điều khiển α thì dòng tải tới hạn xác định từ biểu thức:

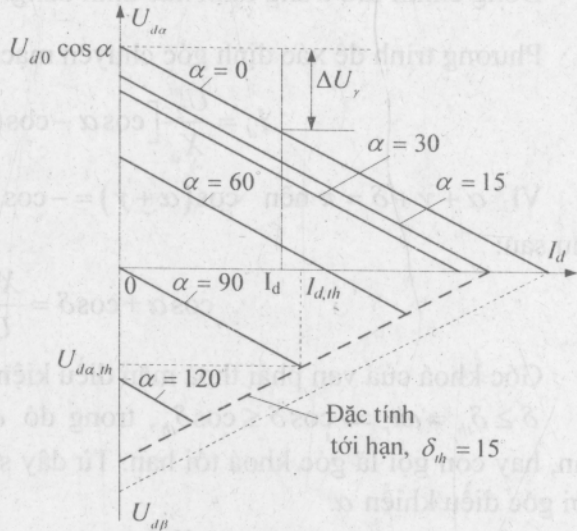
$$\cos \alpha + \cos \delta_{th} = \frac{X_a I_{d,th}}{U_2^m} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{X_a I_{d,th}}{U_2^m} - \cos \delta_{th}$$

Ứng với dòng tải tới hạn đó, thay biểu thức $\cos \alpha$ vào biểu thức điện áp chỉnh lưu, sẽ có giá trị tới hạn của điện áp như sau:

$$\begin{aligned}
 U_{d\alpha,th} &= U_{d0} \cos \alpha - \frac{X_a I_{d,th}}{\pi} \\
 &= \frac{2U_2^m}{\pi} \left(\frac{X_a I_{d,th}}{U_2^m} - \cos \delta_{th} \right) - \frac{X_a I_{d,th}}{\pi} = -\frac{2U_2^m}{\pi} \cos \delta_{th} + \frac{X_a I_{d,th}}{\pi} \\
 &= -U_{d0} \cos \delta_{th} + \frac{X_a I_{d,th}}{\pi}
 \end{aligned}$$

Đường đặc tính tới hạn

$(U_{d\alpha,th}, I_{d,th})$ chính là đường đối xứng qua trục hoành của đặc tính $(U_{d0} \cos \delta_{th}, I_{d,th})$, biểu diễn trên đặc tính tổng quát của một sơ đồ chỉnh lưu như trên hình 3.13.



Hình 3.13. Đặc tính tổng quát của một sơ đồ chỉnh lưu.

3.2.2. Nghịch lưu phụ thuộc, sơ đồ cầu một pha

Chế độ nghịch lưu phụ thuộc trong sơ đồ cầu một pha xảy ra trong những điều kiện tương tự như ở sơ đồ tia một pha. Những biểu thức tính toán chỉ khác do sụt áp do quá trình chuyển mạch sẽ lớn gấp đôi:

$$\Delta U_\gamma = \frac{2I_d X_a}{\pi}$$

Dòng chỉnh lưu trung bình xác định bằng: $I_d = \frac{U_{d\alpha} + E_d}{R}$.

Phương trình để xác định góc chuyển mạch:

$$I_d = \frac{U_2^m}{X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)].$$

Phương trình đặc tính vào sẽ có dạng:

$$U_{d\beta} = -U_{d0} \cos \beta - \frac{2X_a I_d}{\pi} = U_{d0} \cos \alpha - \frac{2X_a I_d}{\pi}$$

Đặc tính tổng quát được xây dựng giống như ở sơ đồ tia một pha.

3.2.3. Nghịch lưu phụ thuộc, sơ đồ tia ba pha

Các biểu thức để tính toán chế độ nghịch lưu phụ thuộc bao gồm:

$$\Delta U_\gamma = \frac{3X_a I_d}{2\pi}$$

$$I_d = \frac{U_{2J}^m}{2X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)]$$

$$U_{d\beta} = -U_{d0} \cos \beta - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{3X_a I_d}{2\pi}$$

$$I_d = \frac{U_{d\alpha} + E_d}{R}$$

3.2.4. Nghịch lưu phụ thuộc, sơ đồ cầu ba pha

Các biểu thức tính toán:

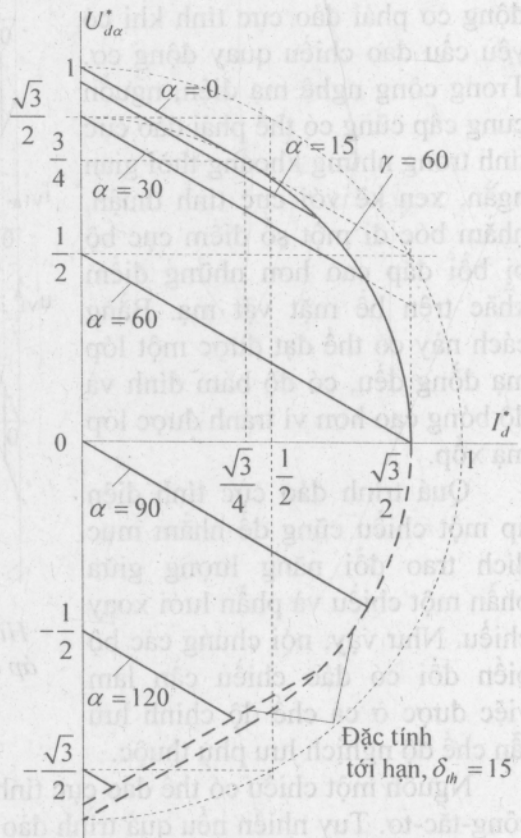
$$I_d = \frac{U_{2J}^m}{2X_a} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \gamma)]$$

$$U_{d\beta} = -U_{d0} \cos \beta - \Delta U_\gamma = U_{d0} \cos \alpha - \frac{3X_a I_d}{\pi}$$

$$I_d = \frac{U_{d\alpha} + E_d}{R}$$

Phối hợp với đặc tính ra của chỉnh lưu cầu ba pha cho trên hình 3.11, xây dựng đặc tính giới hạn tương tự như ở hình 3.13, có thể xây dựng được đặc tính tổng quát của chỉnh lưu cầu ba pha trên hệ đơn vị tương đối như trên hình 3.14.

Việc xác định dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ cầu ba pha khá phức tạp. Cách tốt nhất là dùng trợ giúp của các công cụ mô phỏng mạch điện tử công suất như Toolbox SimPowerSystems của MATLAB – SIMULINK hoặc PSIM.



Hình 3.14. Đặc tính tổng quát của chỉnh lưu cầu ba pha trên hệ đơn vị tương đối.

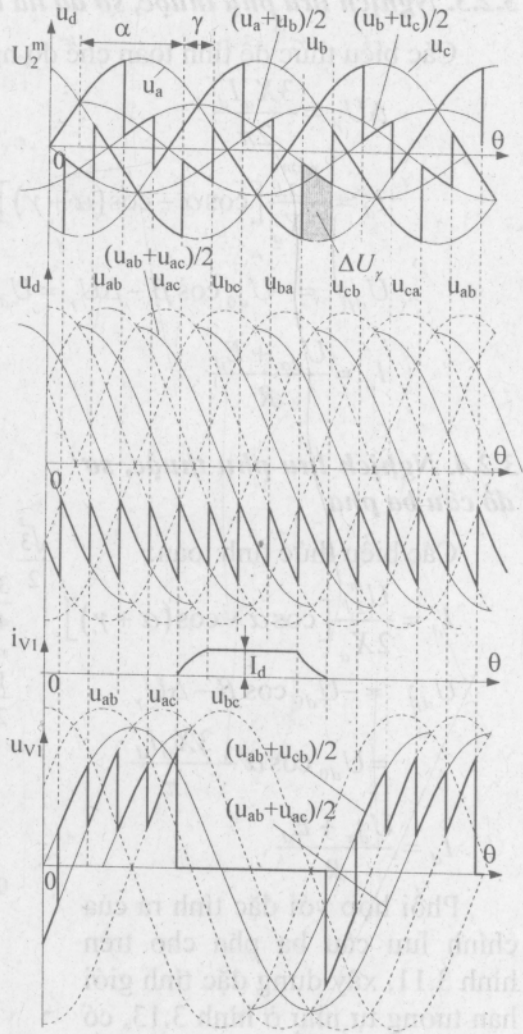
Để bạn đọc tiện tham khảo trên hình 3.15 đưa ra đồ thị dạng dòng điện, điện áp trong chế độ nghịch lưu phụ thuộc cho trường hợp $\alpha = 105^\circ, \gamma = 30^\circ$.

3.3. Bộ biến đổi có đảo chiều

Một số phụ tải một chiều yêu cầu nguồn điện cung cấp có thể đảo được cực tính. Ví dụ, trong hệ truyền động điện một chiều, điện áp đặt lên mạch phản ứng của động cơ phải đảo cực tính khi có yêu cầu đảo chiều quay động cơ. Trong công nghệ mạ điện, nguồn cung cấp cũng có thể phải đảo cực tính trong những khoảng thời gian ngắn, xen kẽ với cực tính thuận, nhằm bóc đi một số điểm cục bộ bị bồi đắp cao hơn những điểm khác trên bề mặt vật mạ. Bằng cách này có thể đạt được một lớp mạ đồng đều, có độ bám dính và độ bóng cao hơn vì tránh được lớp mạ xốp.

Quá trình đảo cực tính điện áp một chiều cũng để nhằm mục đích trao đổi năng lượng giữa phần một chiều và phần lưới xoay chiều. Như vậy, nói chung các bộ biến đổi có đảo chiều cần làm việc được ở cả chế độ chỉnh lưu lẫn chế độ nghịch lưu phụ thuộc.

Nguồn một chiều có thể đảo cực tính bằng cách dùng cặp tiếp điểm của công-tác-tơ. Tuy nhiên nếu quá trình đảo chiều yêu cầu diễn ra rất nhanh và nhiều lần thì các phần tử có tiếp điểm không thể đáp ứng được. Trong hệ thống truyền động một chiều, các chế độ động cơ hoặc hãm tái sinh có thể xảy ra liên tục khi động cơ phải làm việc với phụ tải động, do đó nguồn một

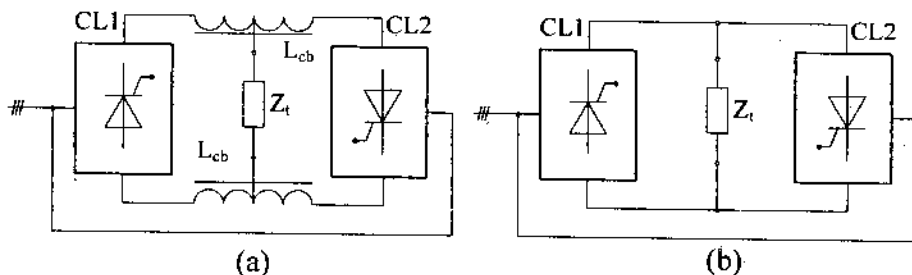


Hình 3.15. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trong nghịch lưu cầu ba pha, $\alpha = 105^\circ, \gamma = 30^\circ$.

chiều cung cấp phải đảo chiều liên tục. Trong công nghệ mạ đảo dòng, thời gian “mạ ngược” chỉ chiếm vài trăm ms trong cả chu kỳ mạ, cỡ 1000 ms.

Về nguyên tắc, bộ biến đổi có đảo chiều cấu tạo từ hai bộ chỉnh lưu CL1, CL2, thuận và ngược, cùng được cung cấp bởi một nguồn xoay chiều, như được chỉ ra trên hình 3.16.

Các bộ biến đổi có đảo chiều được điều khiển bằng một trong hai phương pháp, điều khiển chung hoặc điều khiển riêng.



Hình 3.16. Sơ đồ cấu trúc bộ biến đổi có đảo chiều.
(a) Điều khiển chung; (b) Điều khiển riêng.

3.3.1. Điều khiển chung

Theo phương pháp điều khiển chung hai bộ chỉnh lưu CL1, CL2 làm việc song song đồng thời ở mọi thời điểm. Điều kiện để hai bộ biến đổi làm việc song song là giá trị trung bình của điện áp trên đầu ra của chúng phải bằng nhau. Do hai bộ chỉnh lưu có cực tính điện áp ra ngược nhau nên nếu CL1 làm việc ở chế độ chỉnh lưu với góc điều khiển $\alpha_1 \leq 90^\circ$ thì bộ thứ hai phải làm việc trong chế độ nghịch lưu phụ thuộc, với góc điều khiển $\alpha_2 \geq 90^\circ$. Khi đó ta có:

$$U_{da1} = U_{d0} \cos \alpha_1; U_{da2} = U_{d0} \cos \alpha_2.$$

Để $U_{da1} = U_{da2}$, mà $\alpha_1 \neq \alpha_2$ và hai bộ chỉnh lưu có cực tính điện áp ra ngược nhau, suy ra $\alpha_1 + \alpha_2 = \pi$.

Tuy bằng nhau về giá trị trung bình nhưng điện áp hai đầu ra chỉnh lưu sẽ khác nhau về giá trị tức thời. Do đó cần có cuộn kháng cân bằng L_{cb} mắc giữa hai đầu ra của các bộ biến đổi để hạn chế dòng cân bằng. Khái niệm về hai bộ biến đổi làm việc song song và vai trò của cuộn kháng cân bằng đã được đề cập đến ở chương 2, trong sơ đồ chỉnh lưu 6 pha, có cuộn kháng cân bằng.

Cấu trúc điều khiển chung có ưu điểm là độ tác động nhanh cao, không hề có trễ khi cần đảo cực tính điện áp ra tải. Nhược điểm của cấu trúc này là

cuộn kháng cân bằng có kích thước lớn, làm tăng công suất lắp đặt của bộ biến đổi. Cuộn kháng cũng làm chậm lại quá trình điện từ diễn ra trong mạch tải, dẫn đến giảm độ tác động nhanh của hệ thống nói chung.

3.3.2. Điều khiển riêng

Trong cấu trúc điều khiển riêng các bộ biến đổi sẽ làm việc độc lập. Tại mỗi một thời điểm, chỉ có một bộ biến đổi làm việc, đảm bảo một cực tính điện áp ra tải. Nhờ đó không cần đến cuộn kháng cân bằng, công suất lắp đặt giảm đến mức tối thiểu, gọn nhẹ, hiệu suất cao. Đây là cấu trúc được áp dụng cho phần lớn các bộ biến đổi có đảo chiều hiện đại.

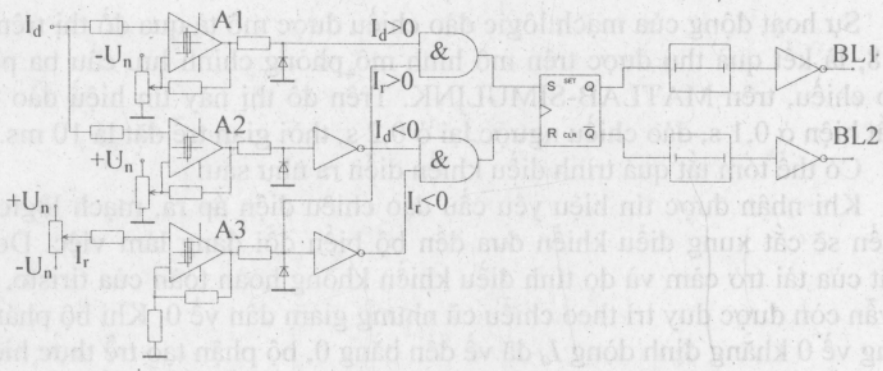
Vấn đề chính trong thực hiện phương pháp điều khiển riêng là đảm bảo quá trình đảo chiều diễn ra sao cho thời gian trễ là ngắn nhất mà không để xảy ra ngắn mạch. Mạch điện từ điều khiển quá trình đảo chiều này gọi là *mạch logic đảo chiều*, có sơ đồ cấu trúc cho trên hình 3.17, bao gồm các bộ phận chính sau đây:

1. Bộ cảm biến đo dòng điện và xác định dòng về không (zero detector). Bộ phận phát hiện dòng về không luôn theo dõi dòng điện I_d và cho ra tín hiệu logic dòng khác không hay bằng không, hoặc cho tín hiệu về chiều dòng điện, $I_d > 0$ và $I_d < 0$.

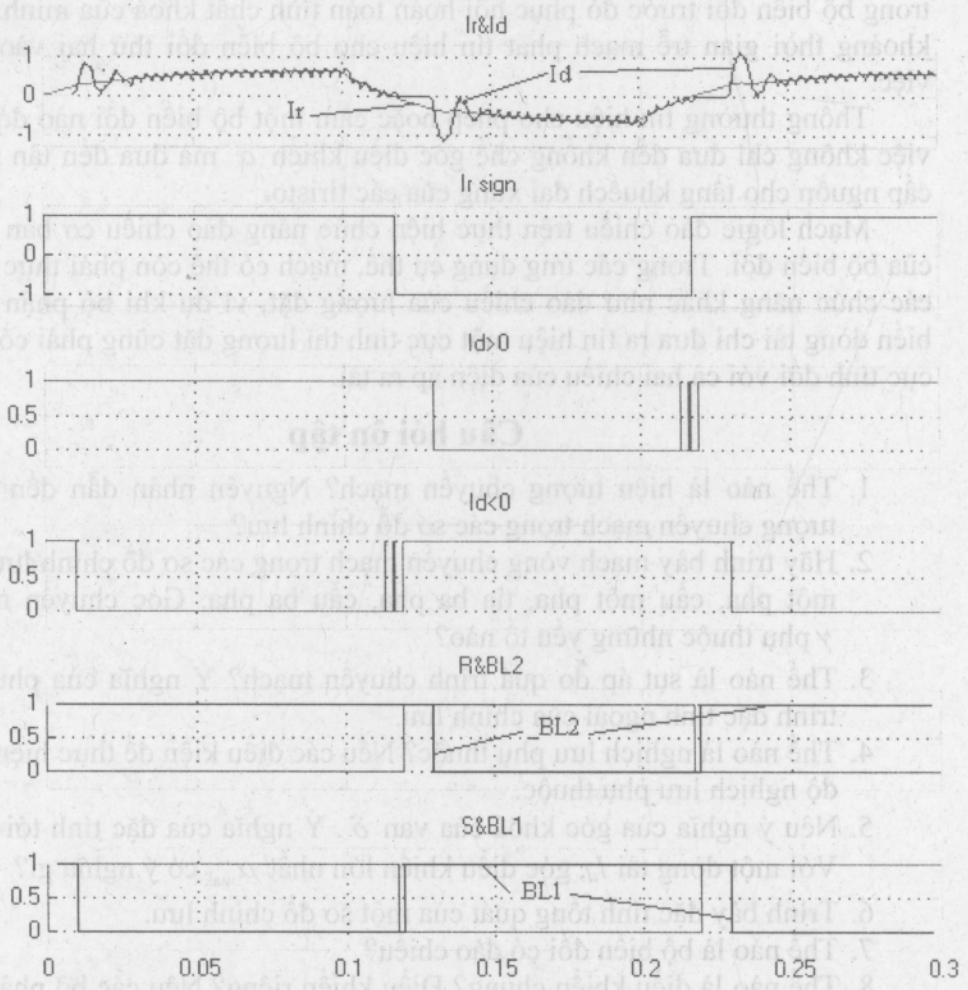
2. Bộ phận nhận biết tín hiệu yêu cầu đảo chiều. Thông thường tín hiệu yêu cầu đảo chiều đến từ sự thay đổi dấu của lượng đặt.

3. Bộ phận tạo trễ. Thời gian trễ thường có thể điều chỉnh được trong khoảng $\tau = 10 \div 100 \text{ ms}$.

Trên sơ đồ hình 3.17, I_d là tín hiệu dòng tải phía một chiều, do cảm biến dòng đưa đến. I_r là tín hiệu đặt dòng điện. Trong thực tế tín hiệu đặt dòng điện thường là đầu ra của bộ điều chỉnh dòng điện. Trên sơ đồ I_r giả định là được tạo ra từ một chiết áp đặt giữa nguồn nuôi $+U_n$ và $-U_n$. A1, A2, A3 là các bộ so sánh có vùng kém nhạy để tăng khả năng chống nhiễu. A1, A2 dùng để phát hiện dòng về không (zero detector), mỗi bộ cho một chiều dòng điện. A3 dùng để phát hiện dấu của tín hiệu đặt dòng điện, nghĩa là yêu cầu đảo chiều. Đầu ra của các bộ so sánh này là các tín hiệu logic $I_d > 0$, $I_d < 0$, $I_r > 0$, $I_r < 0$. Lưu ý rằng tín hiệu $I_d > 0$ được phát hiện khi so sánh dòng I_d từ một mức nhỏ hơn 0, tín hiệu $I_d < 0$ phát hiện từ một mức dòng I_d lớn hơn 0. Các tín hiệu logic tổng hợp với nhau qua cổng AND và đưa đến đầu vào của một R-S trigơ. Đầu ra Q và \bar{Q} của trigơ đưa qua bộ tạo thời gian trễ $\tau = 10 \div 100 \text{ ms}$, sau đó đảo lại để tạo nên tín hiệu logic BL1, BL2, là tín hiệu cảm các bộ CL1, CL2 làm việc. Tất cả các tín hiệu logic đều có mức tích cực là mức cao. Bộ chỉnh lưu CL1 cho ra dòng điện dương, CL2 cho ra dòng điện âm.



Hình 3.17. Sơ đồ cấu trúc mạch logic đảo chiều.



Hình 3.18. Đồ thị các tín hiệu của mạch logic đảo chiều.

Sự hoạt động của mạch logic đảo chiều được mô tả qua đồ thị trên hình 3.18, là kết quả thu được trên mô hình mô phỏng chỉnh lưu cầu ba pha có đảo chiều, trên MATLAB-SIMULINK. Trên đồ thị này tín hiệu đảo chiều xuất hiện ở 0,1 s, đảo chiều ngược lại ở 0,2 s, thời gian trễ đặt là 10 ms.

Có thể tóm tắt quá trình điều khiển diễn ra như sau:

Khi nhận được tín hiệu yêu cầu đảo chiều điện áp ra, mạch logic điều khiển sẽ cắt xung điều khiển đưa đến bộ biến đổi đang làm việc. Do tính chất của tải trở cảm và do tính điều khiển không hoàn toàn của tiristo, dòng I_d vẫn còn được duy trì theo chiều cũ nhưng giảm dần về 0. Khi bộ phát hiện dòng về 0 khẳng định dòng I_d đã về đến bằng 0, bộ phận tạo trễ thực hiện trễ một khoảng thời gian $\tau = 10 \div 100 \text{ ms}$. Thời gian trễ cần thiết để các van trong bộ biến đổi trước đó phục hồi hoàn toàn tính chất khoá của mình. Sau khoảng thời gian trễ mạch phát tín hiệu cho bộ biến đổi thứ hai vào làm việc.

Thông thường tín hiệu cho phép hoặc cấm một bộ biến đổi nào đó làm việc không chỉ đưa đến không chế góc điều khiển α mà đưa đến tận phần cấp nguồn cho tầng khuếch đại xung của các tiristo.

Mạch logic đảo chiều trên thực hiện chức năng đảo chiều cơ bản nhất của bộ biến đổi. Trong các ứng dụng cụ thể, mạch có thể còn phải thực hiện các chức năng khác như đảo chiều của lượng đặt, ví dụ khi bộ phận cảm biến dòng tải chỉ đưa ra tín hiệu một cực tính thì lượng đặt cũng phải có một cực tính đối với cả hai chiều của điện áp ra tải.

Câu hỏi ôn tập

1. Thế nào là hiện tượng chuyển mạch? Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng chuyển mạch trong các sơ đồ chỉnh lưu?
2. Hãy trình bày mạch vòng chuyển mạch trong các sơ đồ chỉnh lưu: tia một pha, cầu một pha, tia ba pha, cầu ba pha. Góc chuyển mạch γ phụ thuộc những yếu tố nào?
3. Thế nào là sụt áp do quá trình chuyển mạch? Ý nghĩa của phương trình đặc tính ngoài của chỉnh lưu.
4. Thế nào là nghịch lưu phụ thuộc? Nêu các điều kiện để thực hiện chế độ nghịch lưu phụ thuộc.
5. Nêu ý nghĩa của góc khoá của van δ . Ý nghĩa của đặc tính tới hạn. Với một dòng tải I_d , góc điều khiển lớn nhất α_{\max} có ý nghĩa gì?
6. Trình bày đặc tính tổng quát của một sơ đồ chỉnh lưu.
7. Thế nào là bộ biến đổi có đảo chiều?
8. Thế nào là điều khiển chung? Điều khiển riêng? Nêu các bộ phận cơ bản và các chức năng chính của mạch logic đảo chiều.

Chương 4

CÁC BỘ BIẾN ĐỔI XUNG ÁP

Các bộ biến đổi xung áp có chức năng biến đổi mức điện áp. Nguyên lý biến đổi xung áp là dùng một phần tử khoá nối tải vào nguồn trong một thời gian nhất định t_x theo một chu kỳ lặp lại T . Bằng cách thay đổi độ rộng xung t_x trong khoảng $0 \div T$, ta thay đổi được giá trị trung bình của điện áp ra tải trong chu kỳ T . Nguyên lý biến đổi điện áp này có ưu điểm cơ bản là có thể thay đổi giá trị điện áp trong một phạm vi rộng mà hiệu suất của bộ biến đổi rất cao vì tổn thất trong bộ biến đổi, chủ yếu là trên phần tử đóng cắt, rất nhỏ.

Ta sẽ xem xét hai dạng bộ biến đổi xung áp, đó là biến đổi xung áp xoay chiều (XAAC) và biến đổi xung áp một chiều (XADC).

4.1. Các bộ biến đổi xung áp xoay chiều

Các bộ XAAC được dùng để điều chỉnh giá trị điện áp xoay chiều với hiệu suất cao, trong khi tần số của sóng hài cơ bản thì giữ nguyên không đổi, bằng tần số của điện áp lưới. XAAC chủ yếu sử dụng các tiristo mắc song song ngược hoặc triac để thay đổi giá trị điện áp trong mỗi nửa chu kỳ điện áp lưới theo góc mở α , từ đó mà thay đổi được giá trị hiệu dụng của điện áp ra tải.

Nhược điểm của XAAC là dạng điện áp ra bị méo, nghĩa là ngoài sóng hài cơ bản có tần số bằng tần số lưới, xuất hiện các thành phần sóng hài bậc cao. Tuy nhiên do cấu trúc rất đơn giản, độ tin cậy cao nên các sơ đồ loại này vẫn được ứng dụng, đặc biệt trong các trường hợp mà độ méo điện áp không ảnh hưởng nhiều đến phụ tải.

Có thể kể ra hai trường hợp mà XAAC có những ứng dụng quan trọng. Một là đối với tải thuần trở, ví dụ như cần điều chỉnh điện áp cấp cho sợi đốt của các lò điện trở, một pha hoặc ba pha. Rõ ràng là đối với các tải trở thì dạng điện áp không hề ảnh hưởng đến khả năng phát nhiệt của chúng. Cũng là tải thuần trở có thể kể đến các loại đèn sợi đốt cần điều chỉnh ánh sáng trong một phạm vi rộng, ví dụ trong nhà hát hay các rạp chiếu phim, ở đó đèn sợi đốt là loại duy nhất có thể điều chỉnh ánh sáng bằng điều chỉnh điện áp. Trường hợp thứ hai ứng dụng XAAC là khi quá trình điều chỉnh chỉ diễn ra trong một thời gian ngắn hoặc trong một phạm vi hẹp. Các bộ khởi động mềm động cơ không đồng bộ thuộc loại này, trong đó do thời gian khởi

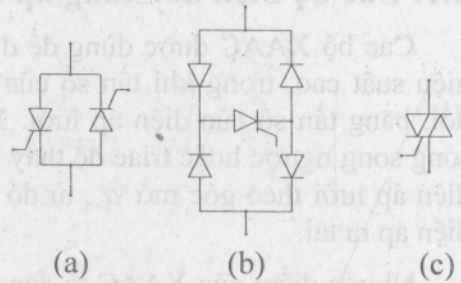
động chỉ diễn ra một vài giây nên độ méo điện áp có thể chấp nhận được. Sau khi đã khởi động có thể cần điều chỉnh tốc độ hoặc mômen của động cơ trong một dải hẹp nhờ điều chỉnh điện áp xoay chiều, khi đó độ méo điện áp là không lớn lắm.

XAAC còn có ứng dụng trong các bộ chỉnh lưu điều khiển phía sơ cấp máy biến áp. Hai trường hợp đặc trưng cho các ứng dụng này. Một là, trong các chỉnh lưu cao áp, trong đó phần một chiều yêu cầu điện áp rất cao, 50 – 100 kV, nhưng dòng điện lại rất nhỏ, cỡ 0,5 đến 2 A, như trong phần nguồn cho các bộ lọc bụi tĩnh điện. Khi đó điều chỉnh phía thứ cấp sẽ bất lợi và nguy hiểm vì điện áp khá cao. Giải pháp tốt hơn là điều chỉnh phía sơ cấp máy biến áp với điện áp thấp và dòng điện không lớn lắm. Hai là, ngược lại trường hợp trên, một số nguồn chỉnh lưu yêu cầu dòng rất lớn, cỡ 10000 đến 100000 A nhưng điện áp lại nhỏ, cỡ 12 – 24 VDC. Khi đó điều chỉnh phía thứ cấp cũng bất lợi vì nhiều van phải mắc song song để chịu được dòng điện lớn. Do đó giải pháp điều chỉnh phía sơ cấp với dòng điện tương đối nhỏ sẽ có lợi hơn.

4.1.1. Các sơ đồ van

XAAC sử dụng các sơ đồ van cơ bản như đã cho trên hình 4.1. Các sơ đồ này là tương đương nhau trong chức năng điều chỉnh điện áp xoay chiều.

Trong sơ đồ (b) nếu thay tiristo bằng một transistor thì có thể thực hiện điều chỉnh điện áp bằng phương pháp điều chế độ rộng xung ở mỗi nửa chu kỳ điện áp lưới. Tuy nhiên tổn hao công suất trong sơ đồ này cao hơn ở các sơ đồ (a) và (c) nên chỉ áp dụng với dải công suất nhỏ.



Hình 4.1. Các sơ đồ van cơ bản.
 (a) Tiristo song song ngược;
 (b) Cầu điôt; (c) Triac.

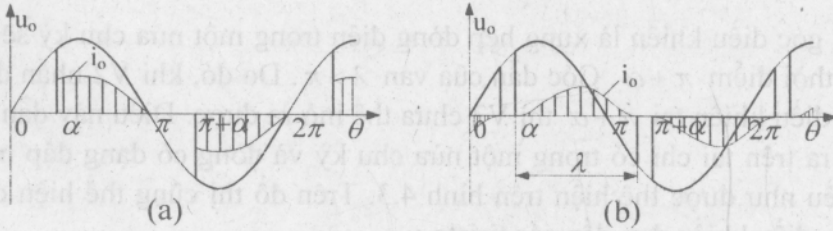
4.1.2. Xung áp xoay chiều một pha

1. Tải thuần trở

Với tải thuần trở điện áp trên tải phụ thuộc góc điều khiển α và có dạng như được biểu diễn trên hình 4.2a. Giá trị hiệu dụng của điện áp trên tải phụ thuộc góc điều khiển α theo biểu thức sau:

$$U_o = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (U_1^m \sin \theta)^2 d\theta} = U_1 \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\theta) d\theta} = U_1 \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Vậy đặc tính điều chỉnh điện áp của sơ đồ có dạng: $\alpha = 0 \div \pi, U_o = U_1 \div 0$.



Hình 4.2. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp trong XAAC.
(a) Tải thuần trở; (b) Tải trở cảm.

2. Tải trở cảm

Với tải trở cảm cần phải xác định được dạng của dòng điện. Khi một tiristo nào đó thông, tải RL được nối vào nguồn xoay chiều. Theo mạch điện tương đương ta có phương trình:

$$Ri + X_L \frac{di}{d\theta} = U_1^m \sin \theta.$$

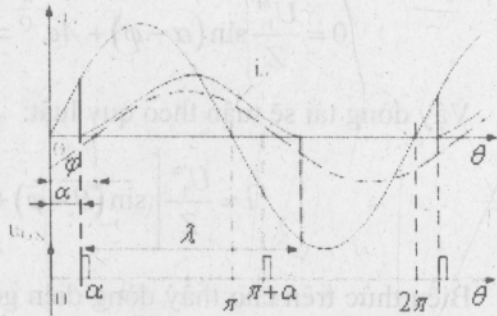
Giải phương trình trên ta tìm được nghiệm dưới dạng:

$$i = \frac{U_1^m}{Z} \sin(\theta - \alpha) + Ae^{-\frac{\theta}{Q}},$$

trong đó:

- A : là một hằng số cần xác định;
- $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$: tổng trở của mạch tải;
- U_1^m : biên độ điện áp nguồn đầu vào;
- $X_L = \omega L$; $Q = \frac{X_L}{R}$; $\varphi = \arctg Q$. φ gọi là góc pha của tải. Đó chính

là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trên tải khi điện áp trên tải là hình sin.



Hình 4.3. Dạng dòng điện, điện áp trên tải trở cảm khi điều khiển bằng xung ngắt.

Khi góc điều khiển $\alpha < \varphi$, dòng tải sẽ là liên tục và không phụ thuộc vào góc điều khiển. Điều này đúng nếu xung điều khiển là xung rộng.

Khi góc điều khiển là xung hẹp dòng điện trong một nửa chu kỳ sẽ kéo dài quá thời điểm $\pi + \alpha$. Góc dẫn của van $\lambda > \pi$. Do đó, khi V2 nhận được tín hiệu điều khiển tại $\pi + \alpha$ thì V2 chưa thể mở ra được. Điều này dẫn đến điện áp ra trên tải chỉ có trong một nửa chu kỳ và dòng có dạng đập mạch một chiều như được thể hiện trên hình 4.3. Trên đồ thị cũng thể hiện dạng của xung điều khiển đưa đến các tiristo u_{GK} .

Với góc điều khiển $\alpha > \varphi$ dòng tải sẽ có dạng gián đoạn như ở đồ thị hình 4.2 (b) và luôn bắt đầu từ 0 tại $\theta = \alpha$. Đó là điều kiện đầu để có thể xác định hằng số A trong biểu thức nghiệm tổng quát của dòng điện.

$$0 = \frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) + Ae^{-\frac{\alpha}{\tau}} \Rightarrow A = -\frac{U_m}{Z} \sin(\alpha - \varphi) e^{\frac{\alpha}{\tau}}$$

Vậy dòng tải sẽ tuân theo quy luật:

$$i = \frac{U_m}{Z} \left[\sin(\theta - \varphi) + e^{-\frac{\theta - \alpha}{\tau}} \sin(\alpha - \varphi) \right]$$

Biểu thức trên cho thấy dòng điện gồm hai thành phần. Một thành phần cường độ hình sin như khi tải được nối thẳng với nguồn xoay chiều, một thành phần tự do suy giảm theo hàm mũ.

Khoảng dẫn dòng λ của van có thể được xác định theo điều kiện $i = 0$ tại $\theta = \alpha + \lambda$. Thay điều kiện này vào biểu thức dòng điện ta được phương trình sau đây:

$$\sin(\alpha + \lambda - \varphi) - e^{-\frac{\lambda}{\tau}} \sin(\alpha - \varphi) = 0.$$

Đây là phương trình siêu việt, không thể giải ra nghiệm tường minh đối với λ nhưng có thể giải gần đúng bằng một số phép thử liên tiếp.

4.1.3. Xung áp xoay chiều 3 pha

1. Các sơ đồ ứng dụng

XAAC 3 pha có thể thực hiện theo các phương án như trên hình 4.4. Trên sơ đồ hình 4.4.a các cặp tiristo song song ngược, mắc nối tiếp giữa tải ba pha và nguồn. Tải có thể đấu sao hoặc tam giác. Sơ đồ này có thể áp

dụng bán điều khiển, ví dụ thay V4, V6, V2 bằng 3 diôt. Sơ đồ trên hình 4.4.b lại dùng cách đấu tiết kiệm van bán dẫn, trong đó ba van V1, V2, V3 khi dẫn dòng sẽ đóng vai trò tạo nên trung tính giả cho tải Z_A, Z_B, Z_C . Có thể thấy rằng dòng điện qua các van sẽ không đối xứng, ví dụ dòng chạy giữa pha A và pha B, trong nửa chu kỳ chạy qua V1 thì nửa chu kỳ sau phải chạy qua hai van nối tiếp V2, V3.

Các sơ đồ trên hình 4.4 còn có thể dùng như những công-tác-tơ tĩnh, nghĩa là đóng cắt tải không tiếp điểm. Khi đó các tiristo làm việc với góc điều khiển bằng 0.

2. Ưu nhược điểm của sơ đồ

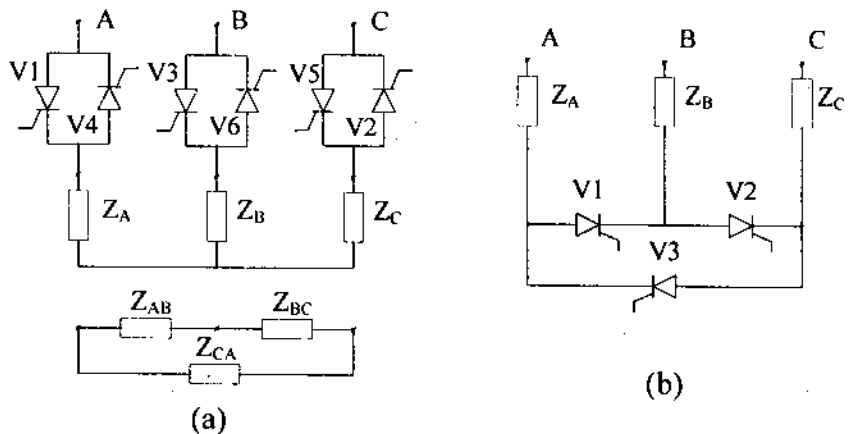
- Các sơ đồ XAAC nói chung đều đơn giản, do đó cho hiệu quả cao trong quá trình điều chỉnh điện áp xoay chiều.

- Dạng điện áp ra phụ thuộc nhiều vào góc điều khiển và tính chất của tải. Dạng điện áp ra cũng rất không sin.

- Phù hợp với các ứng dụng yêu cầu công suất vừa và nhỏ, nhất là với tải thuần trở vì khi đó dạng điện áp trên tải không yêu cầu khắc khe.

- Với công suất lớn có thể áp dụng trong những trường hợp dải điều chỉnh điện áp yêu cầu hẹp hoặc quá trình điều chỉnh chỉ diễn ra trong một thời gian ngắn, ví dụ trong các bộ khởi động động cơ.

- Có thể cải thiện đáng kể đặc tính của XAAC nếu sử dụng các van điều khiển hoàn toàn. Khi đó việc điều chỉnh sẽ áp dụng phương pháp điều chế độ rộng xung ở mỗi nửa chu kỳ điện áp lưới.



Hình 4.4. Các dạng sơ đồ xung áp xoay chiều ba pha.

3. Phân tích sự hoạt động của sơ đồ

Ta xét sơ đồ 4.4a với tải thuần trở đầu sao, $Z_A = Z_B = Z_C$. Đồ thị dạng điện áp trên tải với góc điều khiển $\alpha = 30^\circ$ được biểu diễn trên hình 4.5.

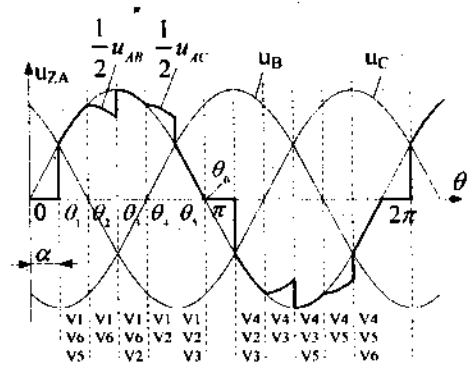
Góc điều khiển trong XAAC được tính từ thời điểm điện áp nguồn qua không. Cần lưu ý rằng trong hệ thống điện áp 3 pha, dòng có thể chảy qua cả 3 pha hoặc chỉ qua 2 pha. Khi dòng chảy qua cả 3 pha thì điện áp trên mỗi pha đúng bằng điện áp pha. Khi dòng chỉ chảy qua hai pha thì điện áp trên các pha tương ứng sẽ bằng một nửa điện áp dây.

Như trên đồ thị hình 4.5, với $\theta_1 \leq \theta < \theta_2$ dòng chảy qua cả 3 pha. Khi đó V1 dẫn ở pha A, V6 dẫn ở pha B, V5 dẫn ở pha C.

$$u_{ZA} = u_A$$

Với $\theta_2 \leq \theta < \theta_3$ ở pha C dòng không thể chảy qua V5 được nữa vì u_C đã đảo chiều nên chỉ còn lại V1 dẫn dòng ở pha A cùng với V6 ở pha B. Do đó:

$$u_{ZA} = 1/2 u_{AB}$$



Hình 4.5. Đồ thị dạng điện áp trên tải tại góc điều khiển $\alpha = 30^\circ$.

θ	Pha A	Pha B	Pha C	$u_{ZA} =$
$\theta_1 \leq \theta < \theta_2$	V1	V6	V5	u_A
$\theta_2 \leq \theta < \theta_3$	V1	V6	-	$1/2 u_{AB}$
$\theta_3 \leq \theta < \theta_4$	V1	V6	V2	u_A
$\theta_4 \leq \theta < \theta_5$	V1	-	V2	$1/2 u_{AC}$
$\theta_5 \leq \theta < \theta_6$	V1	V3	V2	u_A
$\theta_6 \leq \theta < \theta_7$	-	-	-	0

Có thể xét tương tự cho các khoảng góc còn lại. Kết quả thể hiện như trong bảng trên đây.

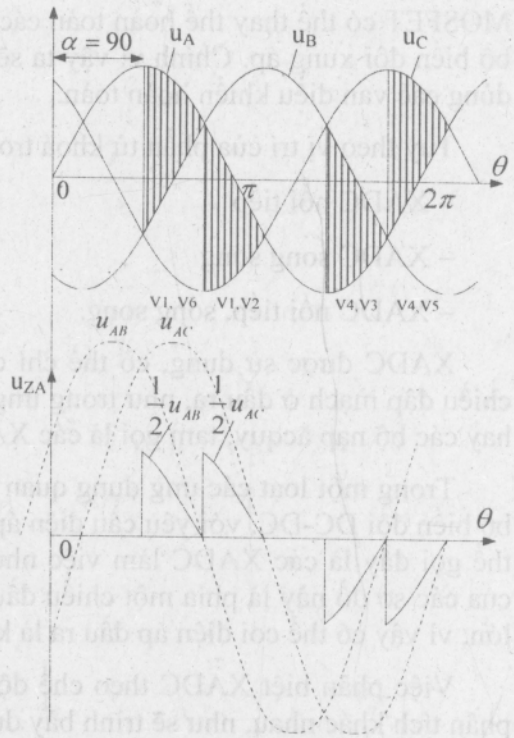
Bằng tính chất đối xứng có thể xác định được điện áp trên Z_A trong nửa chu kỳ sau. Từ phân tích trên có thể thấy rằng:

Với $0 < \alpha \leq 60^\circ$ có các giai đoạn 3 van và 2 van cùng dẫn.

Với $60^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ chỉ có các giai đoạn 2 van cùng dẫn.

Với $90^\circ < \alpha \leq 150^\circ$ chỉ có các giai đoạn 2 van dẫn hoặc không có van nào dẫn cả.

Ví dụ về dạng điện áp trên tải với góc điều khiển $\alpha = 90^\circ$ được cho trên hình 4.6. Trên đồ thị các đường điện áp pha phần có gạch sô thẳng chỉ ra điện áp đưa ra tải nằm giữa hai pha A, B và A, C. Từ đó có thể thấy được điện áp trên tải u_{ZA} là một nửa của các điện áp dây u_{AB} , u_{AC} như được chỉ ra trên đồ thị phía dưới.



Hình 4.6. Đồ thị dạng điện áp trên tải tại góc điều khiển $\alpha = 90^\circ$.

4.2. Các bộ biến đổi xung áp một chiều (XADC)

XADC dùng cho các ứng dụng biến đổi mức điện áp một chiều. Nguyên lý biến đổi xung áp cơ bản vẫn là dùng một khoá điện tử nối tải vào nguồn trong những khoảng thời gian nhất định t_x , lặp lại theo chu kỳ T . Điện áp ra thay đổi nhờ thay đổi $t_x = 0 \div T$. Ưu điểm cơ bản của các bộ biến đổi xung áp một chiều là với tần số đóng cắt cao, từ vài kHz đến vài trăm kHz, phụ thuộc vào loại van sử dụng, kích thước của các phần tử phản kháng như tụ điện, điện cảm sẽ rất nhỏ.

Phần tử khoá trong XADC có thể là tiristo hoặc các van điều khiển hoàn toàn. Nếu dùng tiristo sẽ phải có thêm các mạch khoá cưỡng bức làm phức tạp thêm sơ đồ và tăng tổn hao trong quá trình hoạt động. Công nghệ hiện đại đã sản xuất ra các van điều khiển hoàn toàn như GTO, IGBT,

MOSFET có thể thay thế hoàn toàn các tiristo ở mọi dải công suất trong các bộ biến đổi xung áp. Chính vì vậy ta sẽ chỉ cần xét các bộ biến đổi xung áp dùng các van điều khiển hoàn toàn.

Tuỳ theo vị trí của phần tử khoá trong sơ đồ mà XADC phân loại thành:

- XADC nối tiếp
- XADC song song
- XADC nối tiếp, song song.

XADC được sử dụng, có thể chỉ cần để điều chỉnh được điện áp một chiều đập mạch ở đầu ra, như trong ứng dụng điều khiển động cơ một chiều hay các bộ nạp ắcquy, tạm gọi là các XADC điều chỉnh.

Trong một loạt các ứng dụng quan trọng, XADC được sử dụng như các bộ biến đổi DC-DC, với yêu cầu điện áp đầu ra được là phẳng hoàn toàn. Có thể gọi đây là các XADC làm việc như một bộ biến đổi nguồn. Đặc trưng của các sơ đồ này là phía một chiều đầu ra có mắc tụ san bằng, có giá trị đủ lớn, vì vậy có thể coi điện áp đầu ra là không đổi hoặc thay đổi chậm.

Việc phân biệt XADC theo chế độ làm việc dẫn đến các phương pháp phân tích khác nhau, như sẽ trình bày dưới đây.

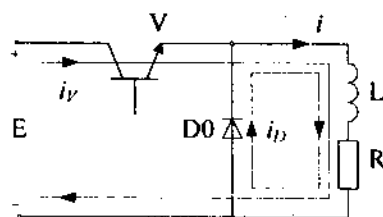
4.2.1. Xung áp một chiều nối tiếp, chế độ điều chỉnh

Sơ đồ XADC nối tiếp cho trên hình 4.7. Trên sơ đồ, phần tử cơ bản là khoá điện tử V, là một van điều khiển hoàn toàn nào đó (GTO, IGBT, MOSFET, BJT), được mắc nối tiếp giữa tải và nguồn. Từ đó sơ đồ có tên gọi là XADC nối tiếp. Điốt D0 có vai trò quan trọng trong sự hoạt động của sơ đồ, gọi là điốt không. Điốt này sẽ dẫn dòng tải khi V khoá.

Sơ đồ hoạt động theo nguyên lý sau:

- Từ 0 đến t_x : V thông, nối tải vào nguồn, $U_t = E$;

- Từ t_x đến T: V khoá lại, tải bị cắt khỏi nguồn. Nếu tải có tính cảm, do năng lượng tích luỹ trong điện cảm tải, dòng tải phải tiếp tục duy trì qua điốt D0, $U_t = 0$.



Hình 4.7. XADC nối tiếp.

1. Xét trường hợp tải trở cảm

Ta có hệ phương trình mô tả hoạt động của sơ đồ là:

Khi V thông: $iR + L \frac{di}{dt} = E$

Khi V không thông: $iR + L \frac{di}{dt} = 0$

Các phương trình vi phân này có nghiệm tổng quát dạng: $i = Ae^{-\frac{t}{Q}}$, trong đó $Q = \frac{L}{R}$ gọi là hằng số thời gian mạch tải.

Nghiệm tổng quát thoả mãn phương trình khi V thông có dạng:

$$i = \frac{E}{R} + Be^{-\frac{t}{Q}}$$

Nếu xác định được các hằng số A và B có thể xác định được dòng điện. Trong chế độ xác lập dòng điện ở đầu mỗi chu kỳ phải bằng dòng điện ở cuối chu kỳ. Ngoài ra dòng điện còn phụ thuộc chế độ dòng liên tục hay gián đoạn như sẽ phân tích sau đây. Dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ, trong các chế độ làm việc khác nhau, thể hiện trên đồ thị hình 4.8.

a) Chế độ dòng liên tục

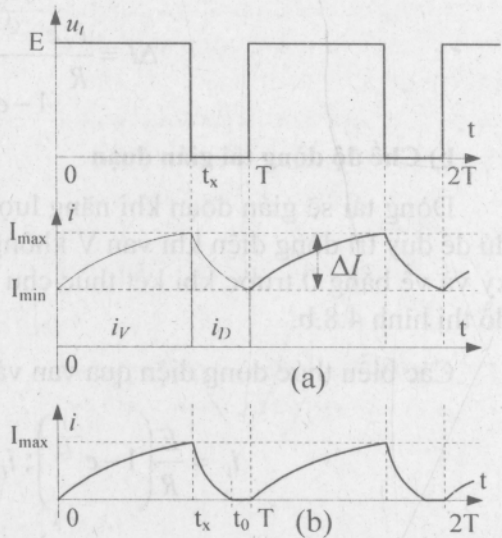
Trong chế độ này, dòng điện bắt đầu từ một giá trị lớn hơn 0 nào đó và bằng giá trị này khi kết thúc ở cuối chu kỳ, như trên đồ thị hình 4.8a. Viết lại các biểu thức dòng điện như sau:

Trong khoảng $0 \leq t < t_x$:

$$i = \frac{E}{R} + Be^{-\frac{t}{Q}}$$

Trong khoảng $t_x \leq t < T$:

$$i = Ae^{-\frac{t-t_x}{Q}}$$



Hình 4.8. Dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trong sơ đồ XADC nối tiếp. (a) Dòng liên tục; (b) Dòng gián đoạn.

Với các điều kiện đầu: $i(t=0)=i(t=T)$ ta sẽ xác định được A và B trong phương trình trên. Do đó, dòng tải sẽ được biểu diễn qua các dòng điện qua van V và qua điốt $D0$ như sau:

$$i_v = \frac{E}{R} + \frac{E e^{-\frac{T-t_x}{Q}} - 1}{1 - e^{-\frac{T}{Q}}} e^{-\frac{t}{Q}}; i_D = \frac{E (1 - e^{-\frac{t}{Q}})}{1 - e^{-\frac{T}{Q}}} e^{-\frac{T-t_x}{Q}}$$

Độ đập mạch của dòng tải là $\Delta I = i(t=t_x) - i(t=0)$ nên:

$$\Delta I = \frac{E e^{-\frac{T-t_x}{Q}} - 1}{1 - e^{-\frac{T}{Q}}} \left(e^{-\frac{t_x}{Q}} - 1 \right)$$

b) Chế độ dòng tải gián đoạn

Dòng tải sẽ gián đoạn khi năng lượng tích lũy trong điện cảm tải không đủ để duy trì dòng điện khi van V không thông. Dòng bắt đầu từ 0 ở đầu chu kỳ và về bằng 0 trước khi kết thúc chu kỳ: $i(t=0)=0$; $i_V(t=t_x)=i_D(t=t_x)$. Xem đồ thị hình 4.8.b.

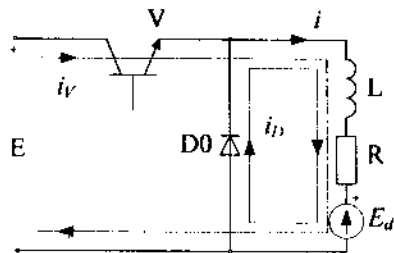
Các biểu thức dòng điện qua van và qua điốt có dạng như sau:

$$i_v = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{Q}} \right); i_D = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t_x}{Q}} \right) e^{-\frac{t-t_x}{Q}}$$

Về lý thuyết dòng điện i_D chỉ về không khi $t = \infty$. Tuy nhiên trong thực tế nếu $T - t_x > 3 \div 4Q$ thì có thể coi như dòng đã về bằng không. Như vậy chế độ dòng gián đoạn có thể xảy ra nếu hằng số thời gian của mạch tải quá nhỏ, hoặc khi điều khiển mà $t_0 = T - t_x > 3 \div 4Q$.

2. Tải có sức phản điện động

Tải có s.p.đ.đ như đã nói đến ở chương 2 về các bộ chỉnh lưu, có thể là phản ứng của động cơ điện một chiều hoặc một ắc quy trong quá trình nạp. Trong thực tế XADC rất thường được dùng để điều khiển tốc độ các động cơ một chiều bằng phương pháp thay đổi điện áp mạch phản ứng.



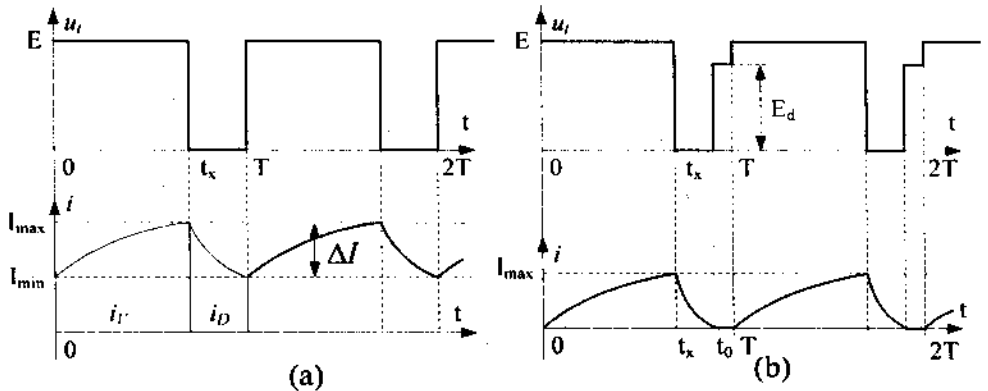
Hình 4.9. Sơ đồ XADC tải có s.p.đ.đ.

Theo sơ đồ hình 4.9, hệ phương trình mô tả mạch điện có dạng:

$$\text{Khi V thông: } iR + L \frac{di}{dt} = E - E_d.$$

$$\text{Khi V không thông: } iR + L \frac{di}{dt} = -E_d.$$

Để xác định dòng điện ta cần giải hệ hai phương trình này bằng phương pháp tương tự như ở trên. Nghiệm có dạng giống như trường hợp tải trở cảm nhưng có thêm tác dụng của E_d và cũng phân biệt cho hai chế độ dòng điện, dòng gián đoạn và dòng liên tục. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ XADC, tải có s.p.đ.đ, cho trên hình 4.10.



Hình 4.10. Dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ XADC, tải có s.p.đ.đ. (a) Chế độ dòng liên tục; (b) Chế độ dòng gián đoạn.

a) Chế độ dòng liên tục

Dòng tải sẽ được biểu diễn qua các dòng điện qua van V và qua điôt D0 như sau:

$$i_v = \frac{E - E_d}{R} + \frac{E e^{-\frac{T-t_x}{\tau}} - 1}{R(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})} e^{-\frac{t}{\tau}}; \quad i_D = -\frac{E_d}{R} + \frac{E(1 - e^{-\frac{t_x}{\tau}})}{R(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})} e^{-\frac{t-t_x}{\tau}}.$$

Có thể thấy rằng dòng điện có dạng giống như trường hợp tải trở cảm thông thường, chỉ khác là dòng qua van và điôt đều có thêm thành phần dòng một chiều $-\frac{E_d}{R}$ do tác dụng của s.p.đ.đ. Thành phần dòng này có chiều ngược với dòng qua van và điôt. Dạng dòng tải cho trên đồ thị hình 4.10a.

Độ đập mạch của dòng tải không thay đổi khi trong mạch có E_d , nên:

$$\Delta I = \frac{E}{R} \frac{e^{-\frac{T-t_x}{Q}} - 1}{1 - e^{-\frac{T}{Q}}} \left(e^{-\frac{t_x}{Q}} - 1 \right).$$

b) Chế độ dòng tải gián đoạn

Dạng dòng điện tải và điện áp trên tải cho trên đồ thị hình 4.10.b. Các biểu thức dòng điện qua van và qua điốt có dạng như sau:

$$i_v = \frac{(E - E_d)}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{Q}} \right); i_D = -\frac{E_d}{R} + \left(\frac{E}{R} - \frac{E - E_d}{R} e^{-\frac{t_x}{Q}} \right) e^{-\frac{t-t_x}{Q}}.$$

c) Chế độ tới hạn

Trong chế độ dòng gián đoạn, dòng qua điốt sẽ bằng 0 tại một thời điểm t_0 nào đó, $t_x < t_0 < T$. Cho biểu thức dòng điện qua điốt bằng 0, có thể xác định được t_0 như sau:

$$t_0 = Q \ln \frac{E - (E - E_d) e^{-\frac{t_x}{Q}}}{E_d} + t_x.$$

Điều kiện tới hạn để dòng chuyển sang chế độ dòng gián đoạn chính là: $t_0 - t_x = T - t_x$, hay $t_0 = T$. Gọi độ rộng xung điều khiển ứng với chế độ chuyển tiếp này là độ rộng xung tới hạn, $t_{x,th}$, có thể được xác định như sau:

$$t_{x,th} = Q \ln \frac{E - E_d \left(e^{-\frac{T}{Q}} - 1 \right)}{E}.$$

Dòng sẽ gián đoạn với mọi t_x nhỏ hơn hoặc bằng $t_{x,th}$.

4.3. Các bộ biến đổi nguồn DC-DC

4.3.1. Bộ biến đổi nguồn DC-DC nối tiếp

XADC nối tiếp, dùng như một bộ biến đổi nguồn DC-DC, có sơ đồ cho trên hình 4.11a. Khác với chế độ điều chỉnh, trong chế độ bộ nguồn, điện áp trên tải được san bằng nhờ tụ C có giá trị đủ lớn. Như vậy có thể coi điện áp trên tải là không đổi. Lưu ý rằng giả thiết này là đúng trong một vài chu kỳ đóng cắt T , nghĩa là trong một khoảng thời gian ngắn chứ không có nghĩa là

điện áp trên tải không điều chỉnh được. Ngoài ra điện cảm L là một phần tử của sơ đồ chứ không phải là một thành phần của tải như trường hợp trên.

Từ sơ đồ hình 4.11.a, khi V thông, tải được nạp năng lượng bằng dòng điện i_V đi từ nguồn qua van V , qua L . Khi V khoá lại dòng qua cuộn cảm tiếp tục được duy trì bằng dòng i_D qua điôt D_0 và phụ tải.

Hệ phương trình mô tả mạch điện có dạng:

$$\text{Khi } V \text{ mở: } L \frac{di_L}{dt} = E - U_L.$$

$$\text{Khi } V \text{ khoá: } L \frac{di_L}{dt} = -U_L.$$

Với giả thiết $U_L = \text{const}$, dòng qua cuộn L có dạng tuyến tính, do đó nếu I_{\min} , I_{\max} là các giá trị nhỏ nhất, lớn nhất của dòng điện qua cuộn cảm, ta có:

$$0 \leq t < t_x : i_L = I_{\min} + \frac{E - U_L}{L} t;$$

$$t_x \leq t < T : i_L = I_{\max} - \frac{U_L}{L} (t - t_x).$$

Tại $t = t_x$ ta có:

$$I_{\min} + \frac{E - U_L}{L} t_x = I_{\max}.$$

Từ đây suy ra:

$$\Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{E - U_L}{L} t_x \quad (*)$$

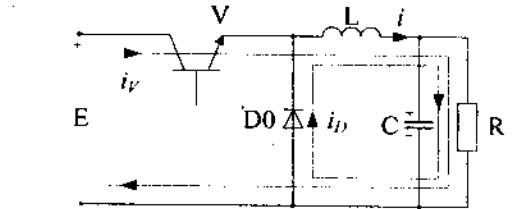
Trong chế độ xác lập:

$$i_L(t=0) = i_L(t=T).$$

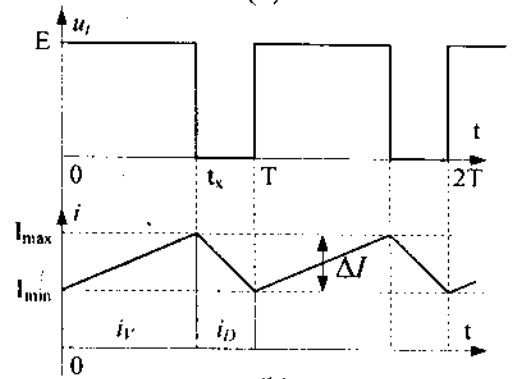
Từ đó ta có:

$$I_{\min} = I_{\max} - \frac{U_L}{L} (T - t_x) \Rightarrow \Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{U_L}{L} (T - t_x). \quad (**)$$

Từ (*) và (**) suy ra:



(a)



(b)

Hình 4.11. Bộ biến đổi nguồn DC-DC nối tiếp. (a) Sơ đồ nguyên lý; (b) Đồ thị dạng dòng điện, điện áp.

$$U_i = \frac{t_x}{T} E. \quad (***)$$

Trong thực tế, khi cần tính toán sơ đồ XADC, xuất phát từ yêu cầu của tải (U_i, I_i), ta phải xác định độ đập mạch của dòng qua cuộn cảm L . Thông thường lấy $\Delta I = 5 \div 10\% I_i$, từ (*) xác định điện cảm L . Từ (***) xác định khoảng thay đổi độ rộng xung cần thiết t_x , tính tới các yếu tố như sự thay đổi của nguồn vào và sự thay đổi của tải.

4.3.2. Bộ biến đổi nguồn DC-DC song song

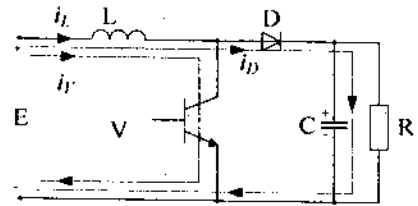
Trong sơ đồ XADC song song, sơ đồ cho trên hình 4.12a, phần tử đóng cắt chính không làm nhiệm vụ nối tải vào nguồn mà chỉ nạp năng lượng vào cuộn cảm L . Cuộn cảm L mắc nối tiếp giữa tải với nguồn. Khi V thông, cuộn L nạp năng lượng bằng dòng điện i_V đi từ nguồn qua L , qua van V . Khi V khoá lại dòng qua cuộn cảm tiếp tục được duy trì bằng dòng i_D qua điôt D và phụ tải. Tụ C có giá trị lớn, mắc song song với tải để san bằng điện áp, vì vậy có thể giả thiết điện áp trên tải U_i gần như không thay đổi trong chu kỳ đóng cắt của van V . Như vậy, khi V mở do có điện áp trên tải U_i mà điôt D khoá lại.

Tương tự như đối với sơ đồ nối tiếp, ta có hệ phương trình mô tả mạch điện có dạng:

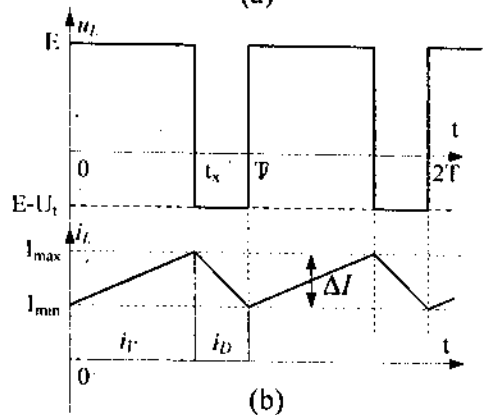
$$\text{Khi } V \text{ mở: } L \frac{di_L}{dt} = E.$$

$$\text{Khi } V \text{ khoá: } L \frac{di_L}{dt} = E - U_i.$$

Với giả thiết $U_i = \text{const}$, dòng qua cuộn L có dạng tuyến tính, do đó nếu I_{\min}, I_{\max} là các giá trị nhỏ nhất, lớn nhất của dòng điện qua cuộn cảm, ta có:



(a)



(b)

Hình 4.12. Bộ biến đổi nguồn DC-DC song song. (a) Sơ đồ nguyên lý; (b) Đồ thị dạng dòng điện, điện áp.

$$0 \leq t < t_x : i_L = I_{\min} + \frac{E}{L}t; \quad t_x \leq t < T : i_L = I_{\max} - \frac{E-U_t}{L}(t-t_x).$$

Tại $t=t_x$ ta có: $I_{\min} + \frac{E}{L}t_x = I_{\max}$. Từ đây suy ra $\Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{E}{L}t_x$ (*)

Trong chế độ xác lập: $i_L(t=0) = i_L(t=T)$. Từ đây ta có:

$$I_{\min} = I_{\max} - \frac{E-U_t}{L}(T-t_x). \quad (**)$$

Từ (*) và (**) suy ra: $\frac{E-U_t}{L}(T-t_x) = \frac{E}{L}t_x \Rightarrow U_t = \frac{T}{T-t_x}E$. (***)

Vì $\frac{T}{T-t_x} > 1$ nên $U_t > E$. Như vậy sơ đồ làm việc như một bộ biến đổi tăng áp. Về ý nghĩa vật lý, từ các hệ phương trình trên cũng có thể thấy rằng mạch chỉ có thể làm việc trong chế độ xác lập nếu như trong khoảng $t = t_x \div T$ dòng trong cuộn cảm L phải có tốc độ âm (dòng phải giảm), tức là $\frac{E-U_t}{L} < 0$, hay $U_t > E$.

Bỏ qua tổn hao trên các phần tử thì công suất trung bình lấy từ nguồn phải bằng công suất trên tải, nghĩa là:

$$EI = U_t I_t.$$

Do đó:

$$I_t = I \left(\frac{T-t_x}{T} \right) = \left(1 - \frac{t_x}{T} \right) I = (1-\delta)I,$$

trong đó: $\delta = \frac{t_x}{T}$; $0 < \delta < 1$, là tham số điều chỉnh. Đối với điện áp ta cũng có mối quan hệ giữa điện áp đầu ra, đầu vào như sau:

$$U_t = \frac{T}{T-t_x} E = \frac{1}{1-\delta} E.$$

Từ hai biểu thức trên có thể thấy rằng bộ biến đổi làm việc giống như một máy biến áp tăng áp với hệ số máy biến áp bằng $(1-\delta)$. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ cho trên hình 4.12b.

4.3.3. Bộ biến đổi nguồn DC-DC nối tiếp, song song

Trong các bộ biến đổi nối tiếp hoặc song song, điện áp ra tải có cực tính giống như điện áp nguồn. Sơ đồ nối tiếp, song song có tác dụng đảo lại cực tính nguồn. Trên sơ đồ trên hình 4.13a, van V mắc nối tiếp giữa tải với nguồn nhưng cuộn cảm L lại nối song song với tải. Khi V thông do điôt D ngăn cách dòng từ nguồn chỉ nạp năng lượng cho cuộn cảm L. Khi V không thông, dòng qua cuộn cảm tiếp tục duy trì theo hướng cũ, dồn năng lượng ra phía tải. Do chiều của điôt D cực tính điện áp trên tải ngược với cực tính nguồn E.

Tương tự như đối với các sơ đồ trên, ta có hệ phương trình mô tả mạch điện có dạng:

$$\text{Khi V mở: } L \frac{di_L}{dt} = E.$$

$$\text{Khi V khoá: } L \frac{di_L}{dt} = -U_t.$$

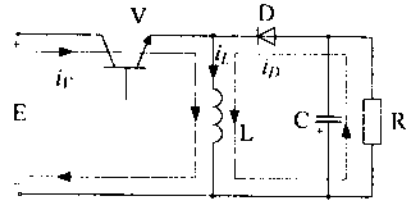
Với giả thiết $U_t = \text{const}$, dòng qua cuộn L có dạng tuyến tính, do đó nếu I_{\min} I_{\max} là các giá trị nhỏ nhất, lớn nhất của dòng điện qua cuộn cảm, ta có:

$$0 \leq t < t_x : i_L = I_{\min} + \frac{E}{L}t;$$

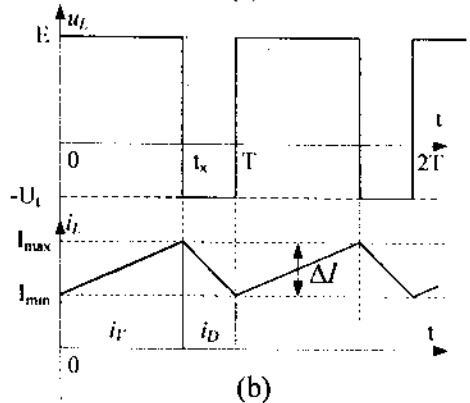
$$t_x \leq t < T : i_L = I_{\max} - \frac{U_t}{L}(t - t_x).$$

$$\text{Tại } t = t_x \text{ ta có: } I_{\min} + \frac{E}{L}t_x = I_{\max} \Rightarrow \Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{E}{L}t_x. \quad (*)$$

Trong chế độ xác lập: $i_L(t=0) = i_L(t=T)$. Do đó ta có:



(a)



(b)

Hình 4.13. Bộ biến đổi nguồn DC-DC nối tiếp, song song. (a) Sơ đồ nguyên lý; (b) Đồ thị dạng dòng điện, điện áp.

$$I_{\min} = I_{\max} - \frac{U_i}{L}(T - t_x) \Rightarrow \Delta I = I_{\max} - I_{\min} = \frac{U_i}{L}(T - t_x). \quad (**)$$

Từ (*) và (**) suy ra:

$$U_i = \frac{t_x}{T - t_x} E. \quad (***)$$

Vi $\frac{t_x}{T - t_x}$ có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 1 nên sơ đồ có thể làm việc như một bộ biến đổi vừa tăng áp, vừa giảm áp.

Câu hỏi ôn tập

1. Hãy nêu nguyên lý của biến đổi xung áp.
2. Phân tích sự phụ thuộc của điện áp ra tải trong XAAC một pha, tải trở cảm vào cách điều khiển bằng xung hẹp, xung rộng.
3. Nêu những ưu, nhược điểm của XAAC ba pha và phạm vi ứng dụng.
4. Hãy phân biệt XADC trong chế độ điều chỉnh và trong chế độ làm việc như một bộ biến đổi nguồn DC-DC.
5. Phân tích các chế độ làm việc của XADC khi dòng gián đoạn, dòng liên tục và dòng tới hạn.
6. Lý giải nguyên lý hoạt động của các bộ biến đổi nguồn DC-DC cho ba dạng sơ đồ: nối tiếp, song song và nối tiếp, song song.

Chương 5

NGHỊCH LƯU ĐỘC LẬP

5.1. Khái niệm chung về nghịch lưu độc lập

5.1.1. Nghịch lưu độc lập là gì?

Nghịch lưu độc lập (NLĐL) là những bộ biến đổi dùng để biến đổi nguồn điện một chiều thành nguồn điện xoay chiều, hay còn gọi là các bộ biến đổi DC-AC, cung cấp cho phụ tải xoay chiều, làm việc độc lập. Khái niệm làm việc độc lập nghĩa là phụ tải không có liên hệ trực tiếp với lưới điện. Như vậy các bộ nghịch lưu có chức năng ngược với các bộ chỉnh lưu. Khái niệm độc lập ở đây còn phân biệt nghịch lưu độc lập với lớp các bộ biến đổi phụ thuộc như các bộ đổi xung áp xoay chiều, các bộ chỉnh lưu, trong đó các van chuyển mạch dưới tác dụng của điện áp lưới xoay chiều.

NLĐL có hàng loạt những ứng dụng quan trọng. Trước hết có thể thấy rằng năng lượng điện tích trữ chủ yếu tồn tại dưới dạng một chiều, ví dụ như trong các bộ ắc quy hoặc dự trữ ngắn hạn trong các tụ điện. Năng lượng điện có thể dự trữ dưới dạng xoay chiều trong các hệ thống máy phát gắn với bánh đà vĩnh cửu, tuy nhiên chế tạo các hệ thống này rất phức tạp. Các nguồn năng lượng điện phân tán ngày nay đang có xu hướng phát triển mạnh mẽ vì các lý do bảo vệ môi trường, đó là điện sức gió, điện pin mặt trời, các nguồn thủy điện nhỏ, ... Tính chất chung của các loại nguồn này là bị thay đổi theo thời gian, thời tiết nên đều cần tích trữ trong các bộ ắc quy. Các bộ NLĐL sẽ có nhiệm vụ biến các nguồn điện một chiều này thành nguồn điện xoay chiều, phù hợp với các phụ tải xoay chiều thông dụng.

Hơn nữa nhiều loại phụ tải xoay chiều yêu cầu có nguồn điện cung cấp có các tham số như điện áp, tần số, thay đổi được trong một phạm vi rộng. Các NLĐL được sử dụng cùng với các bộ chỉnh lưu, hợp thành các bộ biến tần, để biến nguồn điện với các thông số không đổi từ lưới điện thành nguồn có thông số thay đổi được, đáp ứng mọi nhu cầu của các phụ tải.

5.1.2. Các dạng nghịch lưu độc lập

Tùy theo chế độ làm việc của nguồn một chiều cung cấp mà nghịch lưu độc lập được phân loại là nghịch độc lập nguồn áp, nghịch lưu độc lập nguồn dòng.

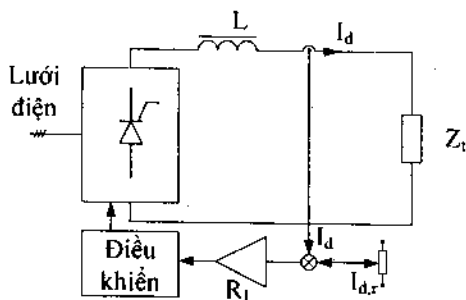
Phụ tải của nghịch lưu độc lập có thể là một tải xoay chiều bất kỳ. Tuy nhiên có một dạng phụ tải đặc biệt cấu tạo từ một mạch vòng dao động, trong đó điện áp hoặc dòng điện có dạng dao động hình sin, yêu cầu một loại nghịch lưu riêng, gọi là nghịch lưu cộng hưởng. Nghịch lưu cộng hưởng có thể là loại nguồn áp và cũng có thể là loại nguồn dòng.

5.1.3. Khái niệm về nguồn áp, nguồn dòng

Một nguồn điện có thể là nguồn áp hoặc nguồn dòng. Chế độ làm việc của các bộ nghịch lưu phụ thuộc rất nhiều vào chế độ làm việc của nguồn một chiều cung cấp, vì vậy cần phân biệt các đặc tính riêng của hai loại nguồn này.

Nguồn áp lý tưởng là một nguồn điện với nội trở bằng không. Như vậy dạng điện áp ra là không đổi, không phụ thuộc vào giá trị cũng như tính chất của phụ tải. Dòng điện ra sẽ phụ thuộc phụ tải. Nguồn áp sẽ làm việc được ở chế độ không tải nhưng không thể làm việc được ở chế độ ngắn mạch vì khi đó, về nguyên tắc, dòng điện có thể lớn đến vô cùng. Trong thực tế nguồn áp được tạo ra bằng cách mắc ở đầu ra một nguồn một chiều một tụ điện có giá trị đủ lớn.

Nguồn dòng lý tưởng là một nguồn điện với nội trở trong vô cùng lớn. Như vậy dòng điện ra là không đổi, không phụ thuộc vào giá trị cũng như tính chất của phụ tải. Điện áp ra sẽ phụ thuộc phụ tải. Nguồn dòng sẽ làm việc được ở chế độ ngắn mạch vì khi đó dòng điện vẫn không đổi nhưng không thể làm việc được ở chế độ không tải. Nói chung chế độ gần không tải tương đương với trở kháng tải rất lớn, không thể chấp nhận được. Trong thực tế nguồn dòng được tạo ra bằng cách mắc ở đầu ra một nguồn một chiều một điện cảm có giá trị đủ lớn. Tuy nhiên điện cảm ở đầu vào sẽ chịu toàn bộ dòng điện yêu cầu của nghịch lưu, vì vậy có thể phải có công suất rất lớn. Trong thực tế để tạo ra nguồn dòng, người ta dùng một chỉnh lưu có điều khiển có mạch phản hồi dòng điện. Mạch vòng điều chỉnh đảm bảo một dòng điện ra không đổi, điện cảm bấy giờ có thể có giá trị nhỏ hơn và chỉ giữ chức năng san bằng dòng điện (hình 5.1).

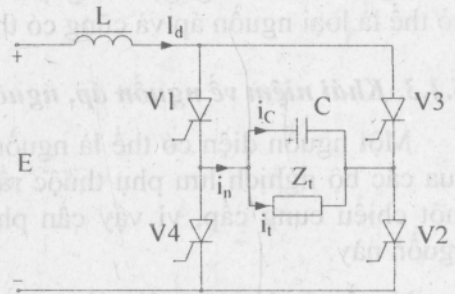


Hình 5.1. Sơ đồ cấu trúc mạch vòng dòng điện.

5.2. Nghịch lưu độc lập nguồn dòng

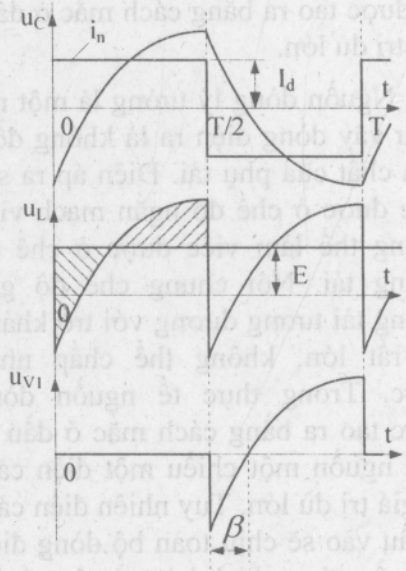
5.2.1. NLĐL nguồn dòng song song một pha

Nghịch lưu độc lập nguồn dòng, sơ đồ cho trên hình 5.2, cấu tạo gồm 4 tiristo V1, V2, V3, V4, được điều khiển đóng mở theo từng cặp, V1 cùng V2, V3 cùng V4. Tụ C đóng vai trò là tụ chuyển mạch, mắc song song với phụ tải. Đầu vào một chiều có cuộn cảm L trị số đủ lớn tạo nên nguồn dòng.



Hình 5.2. Nghịch lưu độc lập nguồn dòng song song.

Khi các cặp tiristo được điều khiển theo từng cặp, dòng đầu ra nghịch lưu i_n có dạng chữ nhật với biên độ bằng dòng đầu vào I_d . Điện áp trên tải bằng điện áp trên tụ u_C . Giả sử V1, V2 đang dẫn, tụ C được nạp điện với cực tính như trên hình 5.2. Tới nửa chu kỳ sau khi V3, V4 được điều khiển mở ra điện áp trên tụ sẽ đặt ngược lên V1, V2 để khoá V1, V2 lại. Dạng dòng điện, điện áp trên các phần tử của sơ đồ cho trên hình 5.3. Đồ thị cho thấy điện áp trên tụ chậm pha so với dòng điện một góc β , chính là góc khoá của van.



Hình 5.3. Đồ thị dạng dòng điện, điện áp trên các phần tử trong sơ đồ nghịch lưu dòng.

Giá trị tức thời của điện áp trên cuộn cảm bằng $u_L = E - u_{ab}$. Nếu bỏ qua tổn thất trên sơ đồ thì giá trị trung bình của điện áp trên cuộn cảm bằng không, nghĩa là:

$$U_L = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} u_L dt = 0 \quad (5.1)$$

Trên đồ thị hình 5.3 điều này thể hiện ở diện tích hai phần gạch chéo khác nhau phải bằng nhau.

Việc phân tích sơ đồ theo giá trị tức thời sẽ đưa đến các biểu thức toán học phức tạp, khó ứng dụng. Vì vậy để nghiên cứu sơ đồ trong chế độ xác lập, người ta sử dụng phương pháp gần đúng sóng hài bậc nhất. Theo phương pháp sóng hài bậc nhất ta chỉ xét đến thành phần sóng hài bậc nhất của dòng nghịch lưu i_n và điện áp tải u_C . Khi đó có thể dùng biểu đồ vectơ như trên hình 5.4 để phân tích các tham số cơ bản của sơ đồ. Sai số tính toán thu được so với phương pháp giá trị tức thời là khoảng 15 – 20%. Đây là điều chấp nhận được vì tính đơn giản của phương pháp.

Giả thiết tải là trở cảm. Để các tiristo có thể chuyển mạch được thì vấn đề cơ bản là điện áp trên tụ C phải chậm pha so với dòng điện nghịch lưu một góc β , sao cho $\beta \geq \beta_{\min} = \omega t_r$, trong đó t_r là thời gian phục hồi tính chất khoá của van.

Gọi Q_C , Q_L tương ứng là công suất phản kháng trên tụ C và trên tải, P_t là công suất tác dụng trên tải.

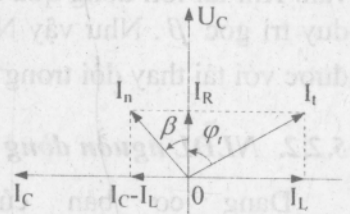
Theo biểu đồ vectơ:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{(I_C - I_L)U_C}{I_R U_C} = \frac{Q_C - Q_L}{P_t}$$

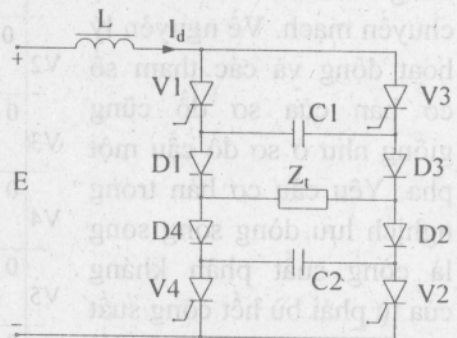
Từ đó ta thấy rằng, muốn tạo ra góc vượt trước giữa dòng điện và điện áp trên đầu ra nghịch lưu, toàn bộ mạch tải phải có tính dung kháng. Muốn vậy công suất của tụ chuyển mạch Q_C phải đủ để bù hoàn toàn công suất phản kháng trên tải Q_L và đòi ra một phần để tạo góc vượt trước β . Nghĩa là:

$$Q_C = Q_L + P_t \operatorname{tg} \beta \quad (5.2)$$

Nếu biểu diễn $Q_C = U_C I_C = \omega C U_C^2$, có thể thấy rằng ở tần số thấp Q_C có thể không đủ lớn để duy trì góc β . Về ý nghĩa vật lý điều này được giải thích bởi ở tần số thấp, nghĩa là thời gian $T/2$ quá lớn, tụ sẽ phóng điện một phần qua tải, do đó điện áp trên tụ ở cuối nửa chu kỳ thấp, không đủ để duy trì góc khoá cho van.



Hình 5.4. Biểu đồ vectơ.



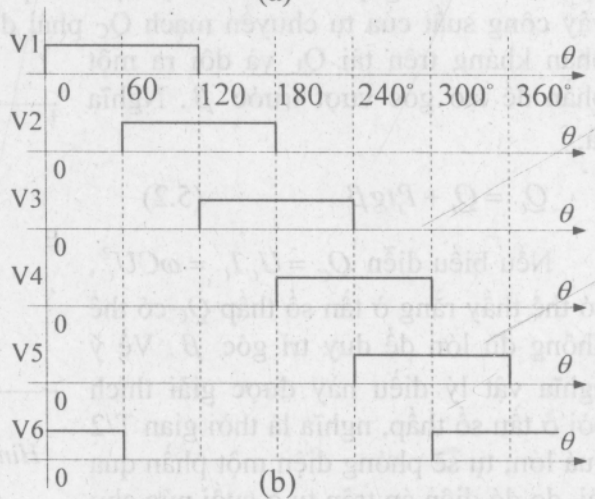
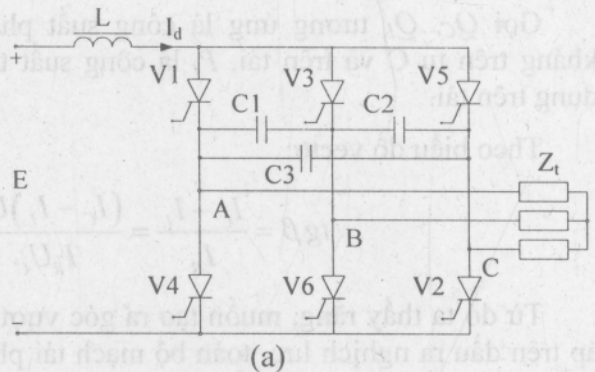
Hình 5.5. Nghịch lưu nguồn dòng song song, có diốt cách ly.

Có thể đảm bảo khả năng làm việc của sơ đồ ở tần số thấp bằng cách dùng sơ đồ có diốt cách ly. Trong sơ đồ này tụ C được phân ra làm hai nhóm E1, C2, cách ly với mạch tải bởi các diốt D1, D2, D3, D4. Mỗi tụ sẽ làm nhiệm vụ chuyển mạch cho một nhóm van riêng rẽ như được thể hiện trên sơ đồ hình 5.5.

Với NLĐL nguồn dòng song song, khi tải nhỏ dòng i_n sẽ chủ yếu nạp cho tụ C và có thể làm cho điện áp trên tụ tăng lên quá lớn, đánh thủng các van. Khi tải lớn dòng qua tụ sẽ nhỏ, do đó điện áp trên tụ nhỏ, không đủ để duy trì góc β . Như vậy NLĐL nguồn dòng song song chỉ có thể làm việc được với tải thay đổi trong một phạm vi nhất định.

5.2.2. NLĐL nguồn dòng ba pha

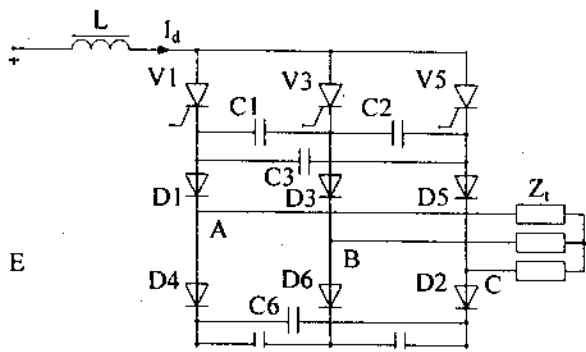
Dạng cơ bản của NLĐL nguồn dòng ba pha được thể hiện trên hình 5.6a. Trên sơ đồ các tiristo từ V1 đến V6 được điều khiển để dẫn dòng trong khoảng 120° , mỗi van cách nhau 60° như trên hình 5.6b. Các tụ C1, C2, C3 mắc song song với phụ tải đóng vai trò là các tụ chuyển mạch. Về nguyên lý hoạt động và các tham số cơ bản của sơ đồ cũng giống như ở sơ đồ cầu một pha. Yêu cầu cơ bản trong nghịch lưu dòng song song là công suất phản kháng của tụ phải bù hết công suất phản kháng của tải và đôi một phần để tạo góc trượt trước giữa dòng điện và điện áp.



Hình 5.6. NLĐL nguồn dòng ba pha. (a) Sơ đồ nguyên lý; (b) Dạng tín hiệu điều khiển.

Để có thể làm việc được trong dải tần số rộng, sơ đồ ba pha cũng có dạng sơ đồ có diốt cách ly như được thể hiện trên hình 5.7.

Ưu điểm cơ bản của nghịch lưu dòng song song là có khả năng trao đổi công suất phản kháng với nguồn lưới xoay chiều nếu như đầu vào một chiều là một chỉnh lưu có điều khiển với mạch dòng điện. Do đó các sơ đồ này có nhiều ứng dụng trong các hệ thống truyền động không đồng bộ, công suất lớn, làm việc với tải có quán tính lớn. Trong các tải có quán tính lớn thì khả năng trao đổi công suất với lưới theo cả hai chiều có ý nghĩa rất quan trọng.



Hình 5.7. NLĐL nguồn dòng ba pha, có diốt cách ly.

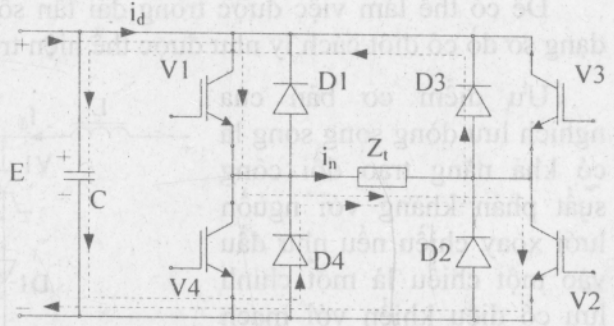
5.3. Nghịch lưu độc lập nguồn áp

Nếu như NLĐL nguồn dòng đều sử dụng tiristo thì NLĐL nguồn áp lại phải sử dụng các van bán dẫn điều khiển hoàn toàn như IGBT, GTO, MOSFET hoặc BJT. Trước đây người ta cũng dùng tiristo trong các nghịch lưu nguồn áp, nhưng phải có các hệ thống chuyển mạch cưỡng bức rất phức tạp. Ngày nay do công nghệ chế tạo các phần tử đã hoàn chỉnh rất nhiều nên hầu như chỉ còn các van bán dẫn điều khiển hoàn toàn được sử dụng trong các nghịch lưu nguồn áp. Trong các sơ đồ được xem xét dưới đây ta đều giả thiết các van đóng cắt là một dạng van điều khiển hoàn toàn nào đó.

5.3.1. Nghịch lưu độc lập nguồn áp một pha

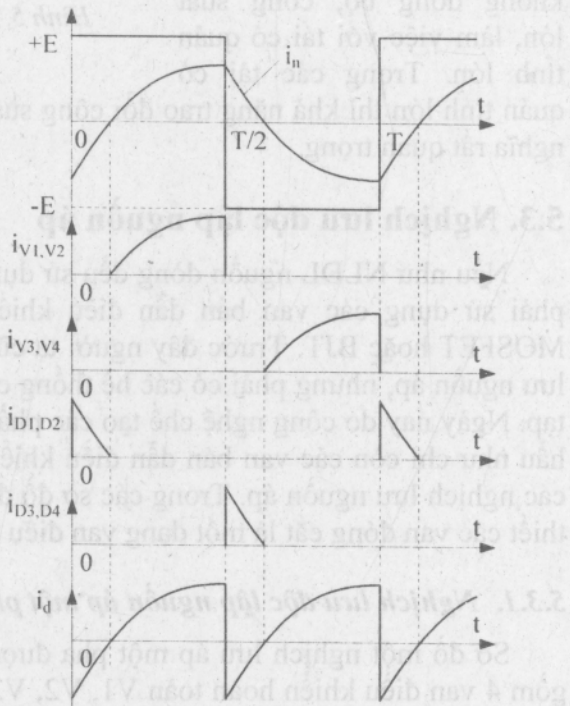
Sơ đồ một nghịch lưu áp một pha được biểu diễn trên hình 5.8. Sơ đồ gồm 4 van điều khiển hoàn toàn V1, V2, V3, V4 và các diốt ngược D1, D2, D3, D4. Các diốt ngược là các phần tử bắt buộc trong các sơ đồ nghịch lưu áp, giúp cho quá trình trao đổi công suất phản kháng giữa tải với nguồn. Đầu vào một chiều là một nguồn áp với đặt trung có tụ C với giá trị đủ lớn. Tụ C vừa có vai trò là tụ lọc san bằng điện áp trong trường hợp nguồn E là một chỉnh lưu, vừa có vai trò kho chứa công suất phản kháng trao đổi với tải qua các diốt ngược. Nếu không có tụ C hoặc tụ C quá nhỏ dòng phản kháng sẽ không có đường chạy gây nên quá điện áp trên các phần tử trong sơ đồ.

Các van trong sơ đồ được điều khiển mở trong mỗi nửa chu kỳ theo từng cặp, V1 cùng với V2, V3 cùng với V4. Kết quả là điện áp ra sẽ có dạng xoay chiều xung chữ nhật với biên độ bằng điện áp nguồn đầu vào, không phụ thuộc vào phụ tải. Hình dạng dòng điện sẽ phụ thuộc tải và tính chất của tải như được biểu diễn trên đồ thị hình 5.9.



Hình 5.8. NLĐL nguồn áp một pha.

Khi tải có tính trở cảm, ở cuối nửa chu kỳ khi cặp van chính khoá lại, dòng vẫn duy trì theo chiều cũ. Trên sơ đồ, khi V1, V2 khoá lại dòng phải duy trì theo chiều cũ qua các điốt D3, D4. Nói chung dòng qua các điốt sẽ móc vòng qua tụ C đầu vào như biểu diễn trên hình 5.8. Dòng một chiều đầu vào có phần dương thể hiện năng lượng cấp ra tải lấy vào từ nguồn E, còn phần âm là năng lượng phản kháng do tải trao đổi về với tụ đầu vào C. Điều này thể hiện qua đồ thị dòng i_d như trên đồ thị hình 5.9. Công suất phát huy trên tải, nếu bỏ qua các tổn thất trên sơ đồ, sẽ bằng tích của E với giá trị trung bình I_d .



Hình 5.9. Dạng điện áp, dòng điện trên các phần tử trong NLĐL nguồn áp một pha, tải trở cảm.

Điện áp ra dạng xung chữ nhật nếu phân tích ra các thành phần của chuỗi Fourier sẽ gồm các thành phần sóng hài với biên độ bằng:

$$U^{(n)} = -2 \frac{E[-1 + \cos(\pi n)]}{\pi n} \quad (5.3)$$

Như vậy trong điện áp ra chỉ tồn tại các thành phần sóng hài bậc lẻ 1, 3, 5, 7, ... với biên độ bằng $\frac{4E}{\pi}, \frac{4E}{3\pi}, \frac{4E}{5\pi}, \dots$. Với một số phụ tải yêu cầu điện áp ra phải có dạng sin có thể dùng các bộ lọc để lọc bỏ các thành phần sóng hài bậc cao. Một số phương pháp điều chế độ rộng xung khác có thể sử dụng để giảm thành phần sóng bậc cao như sẽ giới thiệu sau đây.

5.3.2. Điều chỉnh điện áp ra trong nghịch lưu độc lập nguồn áp

Trong NLĐL nguồn áp, điện áp ra có dạng cố định, không phụ thuộc vào phụ tải, vì vậy phải có biện pháp để có thể điều chỉnh điện áp ra khi có yêu cầu. Điện áp ra trên tải có thể điều chỉnh bằng các phương pháp:

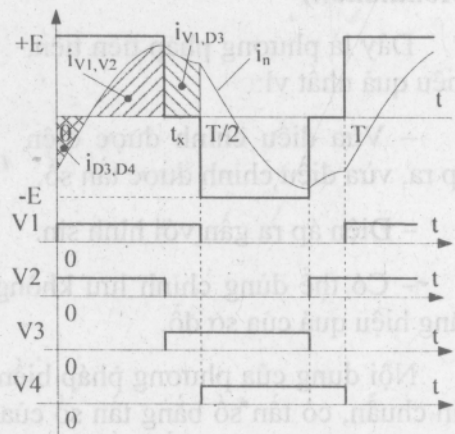
1. Dùng chỉnh lưu có điều khiển. Phương pháp này có ưu điểm là đơn giản, chắc chắn. Tuy nhiên dạng điện áp ở đầu ra của chỉnh lưu có điều khiển sẽ có độ nhấp nhô lớn nếu điều chỉnh sâu. Đây là điều không mong muốn vì sẽ ảnh hưởng mạnh đến chế độ làm việc của nghịch lưu.

2. Điều chỉnh độ rộng xung của điện áp ra nghịch lưu bằng cách thay đổi khoảng dẫn của các van. Để đảm bảo dạng điện ra không phụ thuộc phụ tải trong quá trình điều chỉnh các van trên đường chéo sẽ chỉ cùng mở trong các khoảng:

$$V1, V2 : 0 \div t_x$$

$$V3, V4 : T/2 \div T + t_x$$

Trong các khoảng $t_x \div T/2$ và $T/2 + t_x \div T$ phải ngắn mạch tải để điện áp trên tải bằng 0 bằng cách nối tải lên thanh dẫn (+) hoặc xuống thanh dẫn (-) của nguồn một chiều đầu vào. Dạng của tín hiệu điều khiển các van và dạng dòng điện, điện áp nghịch lưu được minh họa trên hình 5.10.



Hình 5.10. Điều chỉnh điện áp ra nghịch lưu bằng cách thay đổi độ rộng xung.

Nhược điểm của phương pháp này là thành phần sóng hài trên điện áp ra sẽ thay đổi trong quá trình điều chỉnh.

3. Điều chỉnh điện áp ra bằng phương pháp cộng điện áp ra của hai bộ nghịch lưu với các góc pha khác nhau. Điều này được minh họa trên hình 5.11. Trên hình 5.11a điện áp ra của hai bộ nghịch lưu được cộng với nhau thông qua biến áp đầu ra. Bằng cách thay đổi góc lệch pha φ của điện áp ra giữa hai bộ biến đổi, xem hình 5.11b, điện áp ra có thể điều chỉnh từ 0 đến giá trị lớn nhất, bằng tổng đại số của hai điện áp ra riêng rẽ.

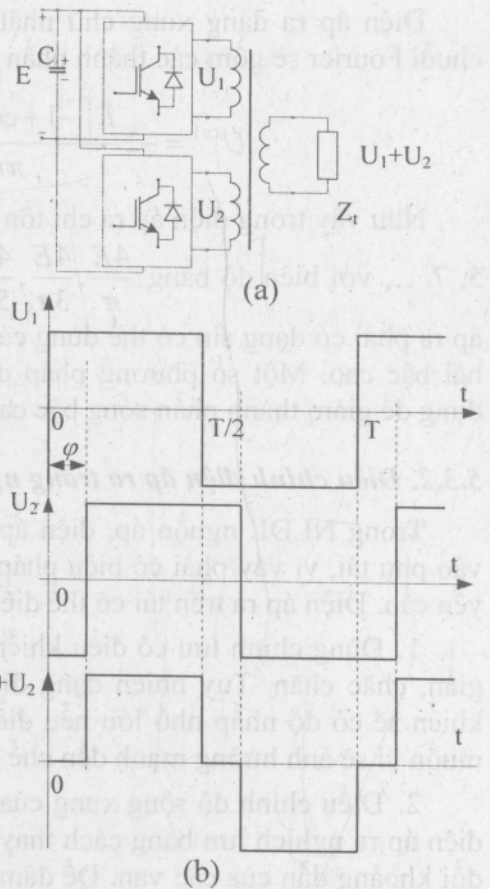
5.3.3. Phương pháp biến điệu bề rộng xung (PWM - Pulse Width Modulation)

Đây là phương pháp tiên tiến, hiệu quả nhất vì:

- Vừa điều chỉnh được điện áp ra, vừa điều chỉnh được tần số.
- Điện áp ra gần với hình sin.

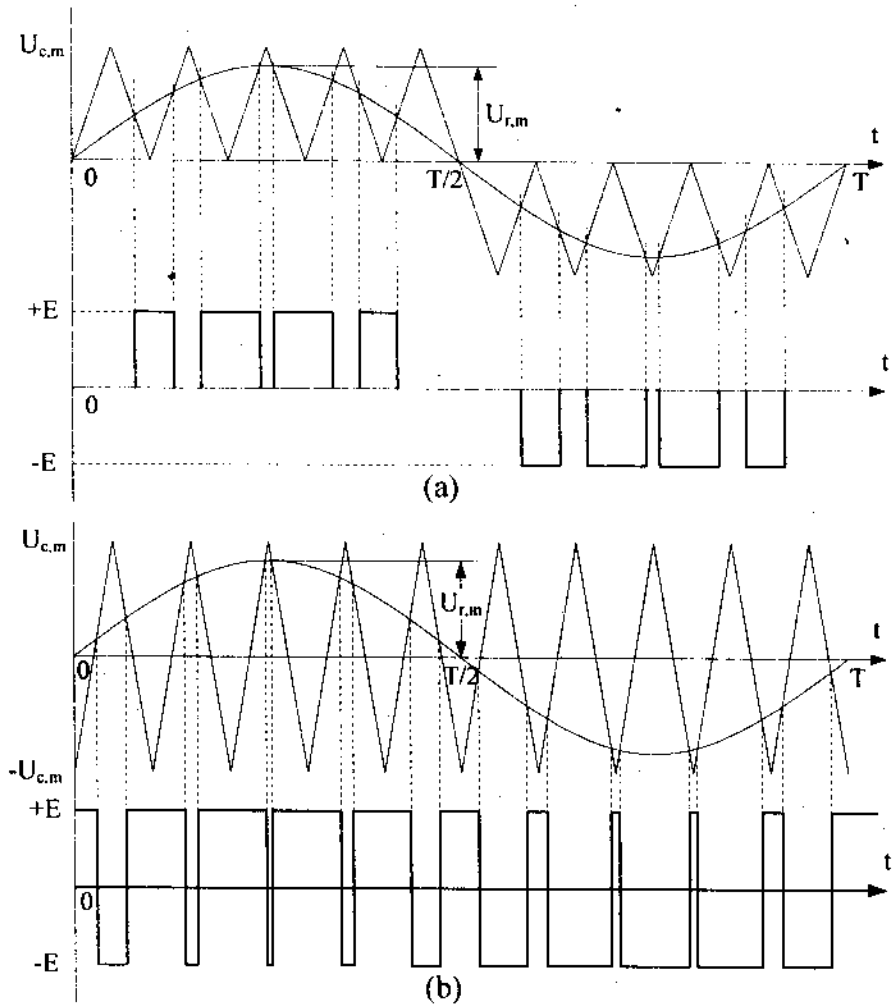
← Có thể dùng chỉnh lưu không điều khiển ở đầu vào nghịch lưu làm tăng hiệu quả của sơ đồ.

Nội dung của phương pháp biến điệu bề rộng xung là so sánh một sóng sin chuẩn, có tần số bằng tần số của điện áp ra nghịch lưu mong muốn, với một điện áp răng cưa tần số cao, cỡ $2 \div 10$ kHz. Phương pháp biến điệu bề rộng xung có nhiều dạng, trong đó có hai dạng đơn giản là: biến điệu bề rộng xung ra một cực tính và hai cực tính. Theo dạng áp ra một cực tính, trong những khoảng điện áp sin chuẩn cao hơn điện áp răng cưa van được mở để đưa điện áp ra tải, trong những khoảng điện áp sin chuẩn thấp hơn điện áp răng cưa van khoá lại để điện áp ra tải bằng không. Điện áp ra sẽ



Hình 5.11. Điều chỉnh điện áp bằng phương pháp cộng hai bộ nghịch lưu.

được tạo thành riêng cho nửa chu kỳ dương và nửa chu kỳ âm. Theo dạng điện áp ra hai cực tính, điện áp ra sẽ là $+E$ khi sin chuẩn cao hơn xung răng cưa và là $-E$ khi sin chuẩn thấp hơn. Hình 5.12 mô tả nguyên lý hoạt động PWM cho hai trường hợp trên.



Hình 5.12. Phương pháp biến điệu bề rộng xung PWM.
(a) Một cực tính; (b) Hai cực tính.

Như vậy điện áp ra sẽ gồm dãy xung có độ rộng thay đổi với chu kỳ lặp lại bằng chu kỳ của sóng răng cưa. Dạng áp như vậy chứa thành phần sóng hài bậc nhất với tần số của sóng chủ đạo, biên độ phụ thuộc hệ số biến điệu μ , trong đó:

$$\mu = \frac{U_{r,m}}{U_{c,m}}, \quad (5.4)$$

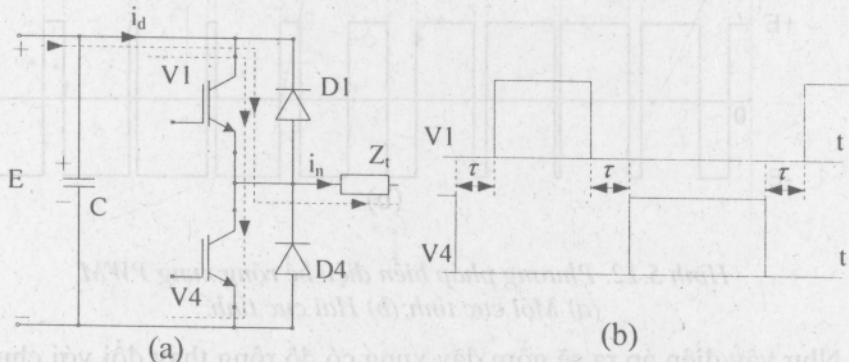
$U_{r,m}$: biên độ của sóng sin chủ đạo,

$U_{c,m}$: biên độ sóng răng cưa.

Để đảm bảo điện áp ra có chứa ít nhất thành phần sóng hài bậc cao, sơ đồ phải làm việc trong chế độ tuyến tính, nghĩa là phải đảm bảo $0 \leq \mu \leq 1$.

Điện áp ra sẽ chứa các thành phần sóng bậc cao với tần số bằng các bội số của tần số xung răng cưa. Do tần số xung răng cưa rất cao so với tần số sin chuẩn nên rất dễ dàng loại bỏ được các sóng hài bậc cao này. Đây là ưu điểm cơ bản của phương pháp biến điệu bề rộng xung. Nhược điểm của phương pháp này là các van phải làm việc với tần số đóng cắt cao nên tổn hao công suất do đóng cắt lớn, hệ thống điều khiển cũng phức tạp hơn.

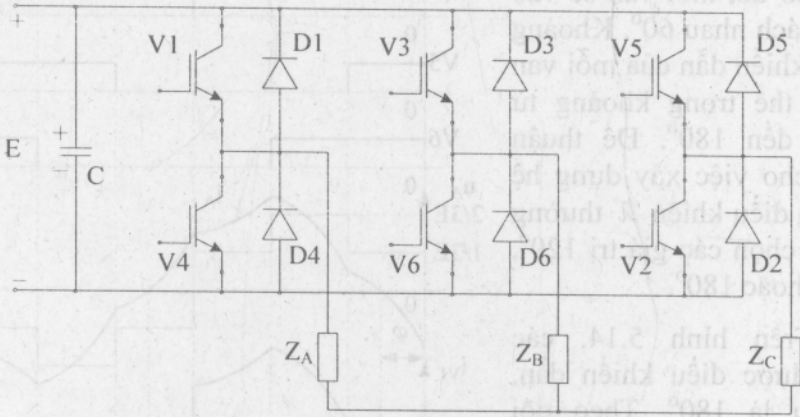
Đối với hai van trên cùng một nhánh cầu tít hiệu điều khiển giữa các lần khoá một van trên mở một van dưới và ngược lại phải có một thời gian trễ tối thiểu nhằm đảm bảo van đã khoá lại chắc chắn trước khi van kia mở ra. Nếu không sẽ xuất hiện dòng đâm xuyên làm tăng tổn thất trên sơ đồ, thậm chí có thể phá hỏng các van. Hình 5.13 mô tả sự xuất hiện dòng đâm xuyên và yêu cầu đối với tín hiệu điều khiển. Thời gian trễ τ giữa tín hiệu mở V1 và V4 phải ít nhất bằng thời gian khoá của van. Đối với IGBT giá trị tiêu biểu $\tau = 1,5 \div 2 \mu s$.



Hình 5.13. (a) Sự xuất hiện dòng đâm xuyên;
(b) Tín hiệu điều khiển IGBT.

5.3.4. Nghịch lưu độc lập nguồn áp ba pha, sơ đồ cơ bản

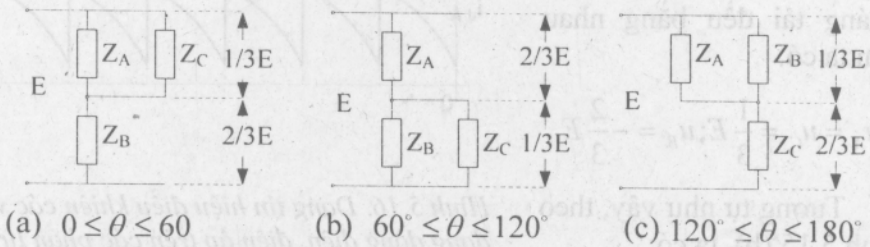
Sơ đồ một nghịch lưu áp ba pha được biểu diễn trên hình 5.14, cấu tạo từ ba sơ đồ nửa cầu, tạo nên ba pha đầu ra. Sơ đồ gồm 6 van điều khiển hoàn toàn V1, V2,..., V6 và diôt ngược D1, D2,..., D6. Các diôt ngược giúp cho quá trình trao đổi công suất phản kháng giữa tải với nguồn. Đầu vào một chiều là một nguồn áp với đặc trưng có tụ C, giá trị đủ lớn. Phụ tải 3 pha đối xứng $Z_A = Z_B = Z_C$ có thể đầu Y hoặc Δ .



Hình 5.14. Sơ đồ nghịch lưu độc lập nguồn áp ba pha.

Đối với nghịch lưu áp ba pha có ba phương pháp điều khiển cơ bản để tạo ra một hệ thống điện áp ba trên tải, đó là:

- Phương pháp cơ bản.
- Phương pháp biến điệu bề rộng xung (Pulse Width Modulation – PWM).
- Phương pháp biến điệu vectơ không gian (Space Vector Modulation – SVM).



Hình 5.15. Sơ đồ tương đương mạch tải ứng với các khoảng dẫn của van.
(a) V1, V6, V5 dẫn; (b) V1, V6, V2 dẫn; (c) V1, V2, V3 dẫn.

Theo phương pháp cơ bản, để tạo ra hệ thống điện áp xoay chiều ba pha có cùng biên độ nhưng lệch pha nhau một góc 120° , các van được điều khiển theo thứ tự như được ký hiệu trên sơ đồ, mỗi van sẽ vào dẫn cách nhau 60° . Khoảng điều khiển dẫn của mỗi van λ có thể trong khoảng từ 120° đến 180° . Để thuận tiện cho việc xây dựng hệ thống điều khiển λ thường được chọn các giá trị 120° , 150° hoặc 180° .

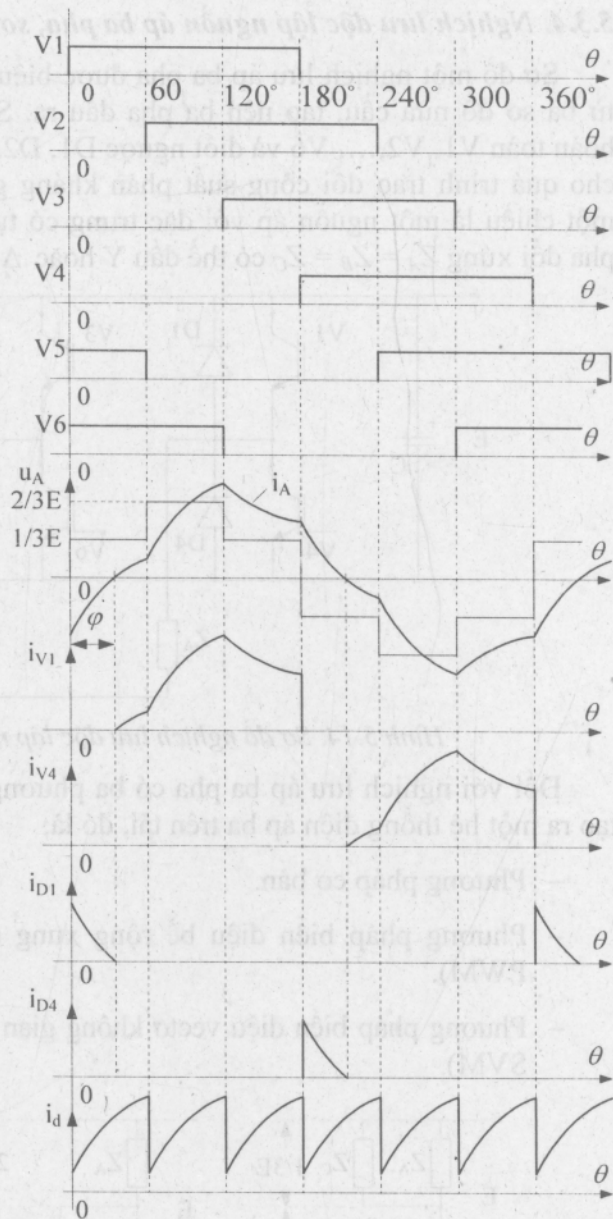
Trên hình 5.14, các van được điều khiển dẫn, ví dụ là 180° . Theo dõi khoảng dẫn của các van có thể thấy được nguyên tắc tạo thành hệ thống điện áp ba pha trên tải.

$0 \leq \theta \leq 60^\circ$: V1, V5, V6 dẫn. Sơ đồ tương đương của mạch tải như trên hình 5.15.a. Do Z_A song song với Z_C và nối tiếp với Z_B và các trở kháng tải đều bằng nhau nên ta có:

$$u_A = u_C = \frac{1}{3} E; u_B = -\frac{2}{3} E.$$

Tương tự như vậy, theo hình 5.15 (b), ta có:

$60^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$: V1, V2, V6 dẫn.



Hình 5.16. Dạng tín hiệu điều khiển các van và dạng dòng điện, điện áp trên các phần tử trong sơ đồ NLĐL ba pha.

$$u_A = \frac{2}{3}E; u_B = u_C = -\frac{1}{3}E.$$

$120^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$: V1, V2, V3 dẫn. Theo hình 5.15.c, ta có:

$$u_A = u_C = \frac{1}{3}E; u_B = -\frac{2}{3}E.$$

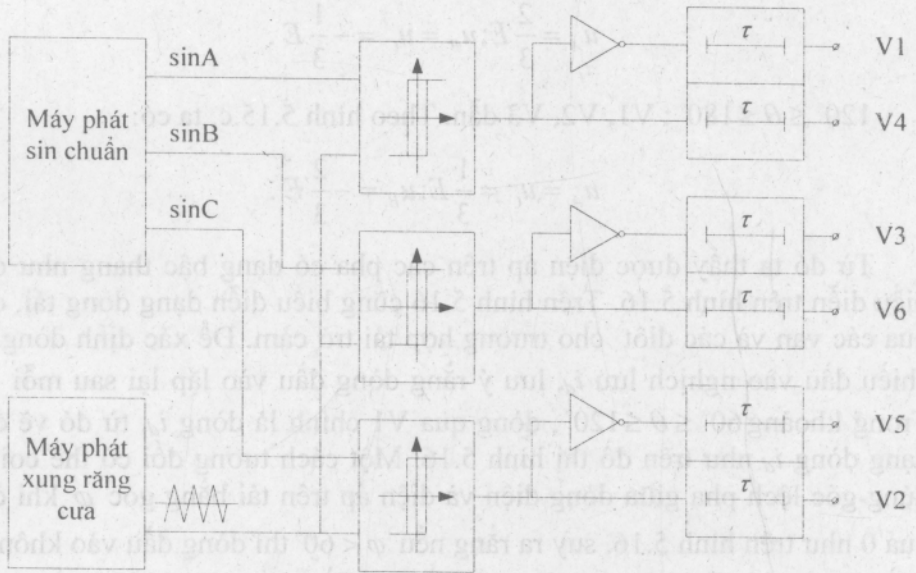
Từ đó ta thấy được điện áp trên các pha có dạng bậc thang như được biểu diễn trên hình 5.16. Trên hình 5.16 cũng biểu diễn dạng dòng tải, dòng qua các van và các điôt cho trường hợp tải trở cảm. Để xác định dòng một chiều đầu vào nghịch lưu i_d , lưu ý rằng dòng đầu vào lặp lại sau mỗi 60° . Trong khoảng $60^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$, dòng qua V1 chính là dòng i_d , từ đó vẽ được dạng dòng i_d như trên đồ thị hình 5.16. Một cách tương đối có thể coi gần đúng góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp trên tải bằng góc φ khi dòng qua 0 như trên hình 5.16, suy ra rằng nếu $\varphi < 60^\circ$ thì dòng đầu vào không có phần âm, nghĩa là không có dòng đi về tụ C đầu vào. Vậy khi hệ số góc của tải $\cos \varphi \geq \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$ thì năng lượng phản kháng của tải chỉ trao đổi giữa các pha với nhau mà không trao đổi với nguồn. *

5.3.5. Nghịch lưu ba pha PWM

Ngày nay nghịch lưu áp ba pha thường được dùng chủ yếu với biến điệu bề rộng xung, đảm bảo điện áp ra có dạng hình sin. Để đảm bảo điện áp ra có dạng không phụ thuộc phụ tải người ta thường dùng biến điệu bề rộng xung hai cực tính, như vậy mỗi pha của sơ đồ ba pha có thể được điều khiển độc lập với nhau. Các van trong mỗi pha được điều khiển ngược nhau, ví dụ ở pha A, khi V1 được điều khiển mở thì V4 khoá và ngược lại.

Cấu trúc mạch điều khiển PWM nghịch lưu áp ba cho trên hình 5.17, trong đó tín hiệu sin chuẩn và tín hiệu răng cưa so sánh với nhau qua mạch so sánh có ngưỡng để tăng khả năng chống nhiễu của sơ đồ. Theo cấu trúc điều khiển hình 5.17, bỏ qua ảnh hưởng của phần tạo trễ chống dòng đâm xuyên, dạng tín hiệu điều khiển và điện áp ra cho trên đồ thị hình 5.18.

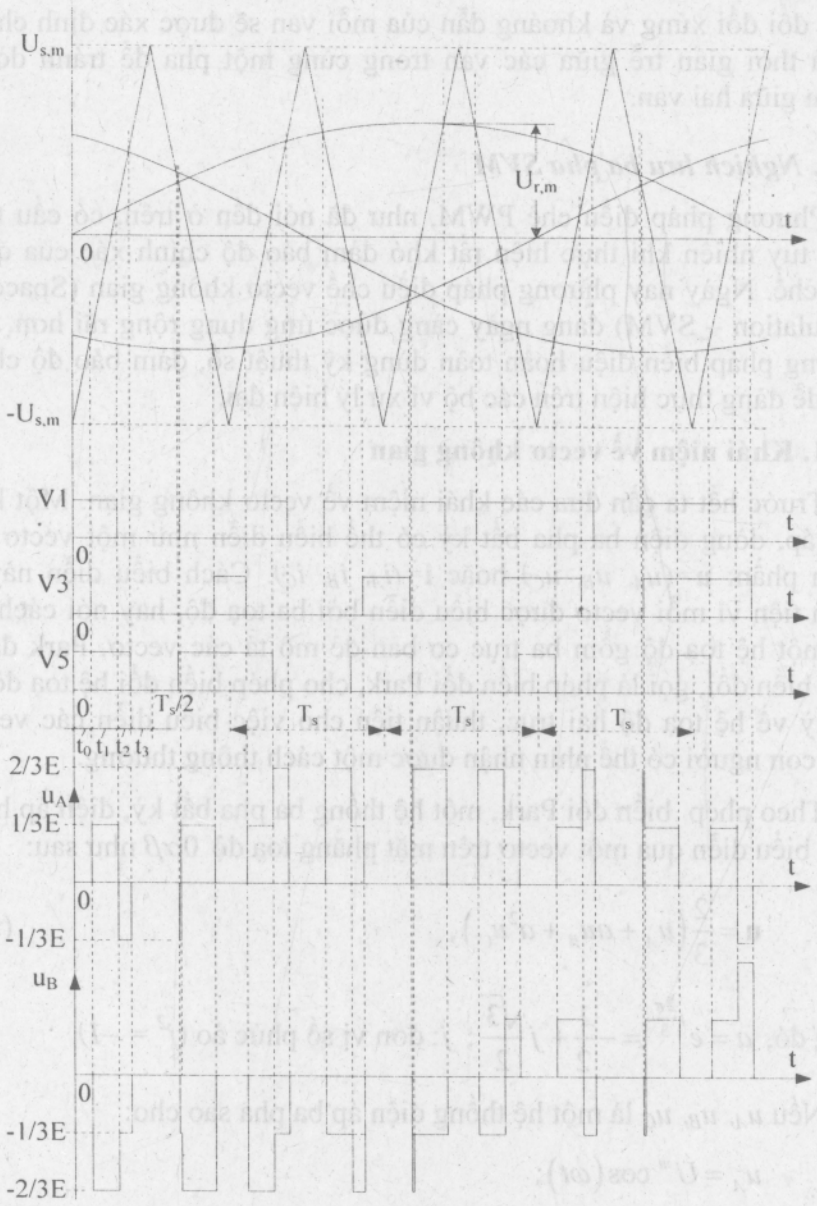
Trên hình 5.18 chỉ thể hiện tín hiệu điều khiển cho ba van V1, V3, V5, nối lên thanh dẫn (+) của nguồn một chiều đầu vào trong sơ đồ hình 5.14. Các van nối xuống thanh dẫn (-) được điều khiển ngược lại. Lưu ý dạng của tín hiệu điều khiển trong mỗi chu kỳ xung răng cưa T_s có dạng đối xứng theo mỗi nửa chu kỳ $T_s/2$. Lý do là vì ở đầu chu kỳ và giữa chu kỳ, tín hiệu răng cưa có biên độ lớn nhất nên không thể cắt một điện áp sin chuẩn nào.



Hình 5.17. Sơ đồ cấu trúc mạch điều khiển PWM nghịch lưu áp ba pha.

Trong mỗi nửa chu kỳ $T_s/2$ đều có 4 khoảng thời gian đặc trưng: t_0, t_1, t_2, t_3 . Trong khoảng t_0 cả ba van V1, V3, V5 đều dẫn, hay nói cách khác là tải ba pha đầu ra bị nối ngắn mạch lên thanh dẫn (+) của nguồn một chiều E . Điện áp ra tải ở cả ba pha đều bằng không. Trong khoảng t_3 cả ba van V2, V4, V6 đều dẫn, nói cách khác là tải ba pha đầu ra bị nối ngắn mạch xuống thanh dẫn (-) của nguồn một chiều E . Điện áp ra tải ở cả ba pha cũng đều bằng không. Quá trình điều chế chỉ diễn ra trong khoảng t_1 và t_2 . Trong các khoảng t_1, t_2 có thể xác định được dạng điện áp ra nhờ các sơ đồ tương đương như trên hình 5.15. Ví dụ, trên đồ thị 5.18, trong khoảng t_1 , V1, V5 và V6 dẫn. Pha A, pha C nối lên thanh dẫn (+), pha B nối xuống thanh dẫn (-) của nguồn E , tải tương đương như sơ đồ hình 5.15 (a), do đó $u_A = u_C = 1/3E, u_B = -2/3E$. Từ đó có dạng điện áp ra u_A, u_B như biểu diễn trên đồ thị hình 5.18.

Cấu trúc điều khiển như trên hình 5.17 cho dạng điện áp ra không phụ thuộc tải và tính chất của tải, tức là phương pháp PWM đảm bảo NLĐL ba pha là nghịch lưu áp. Tính chất thứ hai quan trọng nữa là mẫu xung điều khiển có tính đối xứng trong mỗi nửa chu kỳ xung răng cưa T_s và có tính tối ưu về số lần chuyển mạch ít nhất. Có thể nhận thấy sơ đồ chuyển mạch diễn ra theo trình tự $t_0 \rightarrow t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3 \rightarrow t_3 \rightarrow t_2 \rightarrow t_1 \rightarrow t_0$, mỗi lần chỉ có một cặp van trong một pha phải chuyển mạch.



Hình 5.18: Dạng tín hiệu điều khiển và dạng điện áp ra PWM.

Vấn đề khó khăn nhất trong thực hiện biến điệu bề rộng xung ba pha là phải có ba sóng sin chủ đạo có biên độ chính xác bằng nhau và lệch pha nhau chính xác 120° trong toàn bộ dải điều chỉnh. Điều này rất khó đảm bảo bằng các mạch tương tự. Người ta đã chế tạo các hệ thống điều khiển PWM bởi mạch số với một bộ vi xử lý đặc biệt. Nhờ đó dạng xung điều khiển ra sẽ

tuyệt đối đối xứng và khoảng dẫn của mỗi van sẽ được xác định chính xác, kể cả thời gian trễ giữa các van trong cùng một pha để tránh dòng đâm xuyên giữa hai van.

5.3.6. Nghịch lưu ba pha SVM

Phương pháp điều chế PWM, như đã nói đến ở trên, có cấu trúc đơn giản, tuy nhiên khi thực hiện rất khó đảm bảo độ chính xác của quá trình điều chế. Ngày nay phương pháp điều chế vectơ không gian (Space Vector Modulation – SVM) đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi hơn. SVM là phương pháp biến điệu hoàn toàn dùng kỹ thuật số, đảm bảo độ chính xác cao, dễ dàng thực hiện trên các bộ vi xử lý hiện đại.

1. Khái niệm về vectơ không gian

Trước hết ta cần đưa các khái niệm về vectơ không gian. Một hệ thống điện áp, dòng điện ba pha bất kỳ có thể biểu diễn như một vectơ gồm ba thành phần: $\mathbf{u}=(u_A, u_B, u_C)$ hoặc $\mathbf{i}=(i_A, i_B, i_C)$. Cách biểu diễn này không thuận tiện vì mỗi vectơ được biểu diễn bởi ba tọa độ, hay nói cách khác ta cần một hệ tọa độ gồm ba trục cơ bản để mô tả các vectơ. Park đã đưa ra phép biến đổi, gọi là phép biến đổi Park, cho phép biến đổi hệ tọa độ ba trục bất kỳ về hệ tọa độ hai trục, thuận tiện cho việc biểu diễn các vectơ theo cách con người có thể nhìn nhận được một cách thông thường.

Theo phép biến đổi Park, một hệ thống ba pha bất kỳ, điện áp hay dòng điện, biểu diễn qua một vectơ trên mặt phẳng tọa độ $0\alpha\beta$ như sau:

$$\mathbf{u} = \frac{2}{3}(u_A + au_B + a^2u_C), \quad (5.5)$$

trong đó, $a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$; j : đơn vị số phức ảo ($j^2 = -1$).

Nếu u_A, u_B, u_C là một hệ thống điện áp ba pha sao cho:

$$\begin{aligned} u_A &= U^m \cos(\omega t); \\ u_B &= U^m \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); \\ u_C &= U^m \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right); \end{aligned} \quad (5.6)$$

thì $\mathbf{u} = U^m e^{j(\omega t)}$. (5.7)

Điều này nghĩa là trên mặt phẳng tọa độ $0\alpha\beta$, \mathbf{u} là một vectơ có độ dài bằng biên độ của các điện áp pha, quay quanh gốc tọa độ với tốc độ góc bằng ω . Để tiện cho việc đánh máy, ta ký hiệu các vectơ bằng chữ đậm, không nghiêng, không có dấu mũi tên ở trên.

Vectơ dòng điện cũng được xác định tương tự.

2. Trạng thái của van và các vectơ biên chuẩn

Trong sơ đồ nghịch lưu áp ba pha, như trên hình 5.14, các van điều khiển phải tuân theo những quy luật nhất định, đó là không được ngắn mạch nguồn một chiều đầu vào, không được hở mạch bất cứ pha nào ở đầu ra.

Không được ngắn mạch nguồn một chiều đầu vào vì sẽ sinh ra dòng lớn, phá huỷ van. Khi van điều khiển không nối một pha đầu ra nào đó với thanh dẫn (+) hoặc (-) của nguồn một chiều, dòng có thể vẫn phải chạy qua các diốt, dẫn đến điện áp ra phụ thuộc vào tải, nghịch lưu không còn là nghịch lưu áp như mong muốn.

Do những quy luật trên chỉ có 8 trạng thái van được phép, như được biểu diễn trong bảng dưới đây.

STT	Van dẫn	u_A	u_B	u_C	\mathbf{u}
0	V1, V3, V5	0	0	0	0
1	V5, V6, V1	$1/3E$	$-2/3E$	$1/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{-j\frac{\pi}{3}}$
2	V6, V1, V2	$2/3E$	$-1/3E$	$-1/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{-j0}$
3	V1, V2, V3	$1/3E$	$1/3E$	$-2/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{j\frac{\pi}{3}}$
4	V2, V3, V4	$-1/3E$	$2/3E$	$-1/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{j\frac{2\pi}{3}}$
5	V3, V4, V5	$-2/3E$	$1/3E$	$1/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{-j\pi}$
6	V4, V5, V6	$-1/3E$	$-1/3E$	$2/3E$	$\frac{2}{3}Ee^{-j\frac{2\pi}{3}}$
7	V2, V4, V6	0	0	0	0

Với mỗi trạng thái van, các điện áp pha có giá trị tương ứng. Tính toán vectơ không gian \mathbf{u} , có thể thấy rằng các trạng thái van từ 1 đến 6 ứng với sáu vectơ, có hướng cố định trên mặt phẳng, lệch nhau một góc 60° , được biểu diễn trên hệ tọa độ $0\alpha\beta$, như trên hình 5.19. Các vectơ, gọi là vectơ biên chuẩn, tạo nên đỉnh của một lục giác đều, chia mặt phẳng thành sáu góc bằng nhau, gọi là các sector, được đánh số từ I đến VI.

3. Tổng hợp vectơ không gian từ các vectơ biên

Một vectơ không gian bất kỳ, giả sử nằm trong một góc phần sáu nào đó, có thể được tổng hợp từ hai vectơ biên. Trên hình 5.19, giả sử vectơ không gian \mathbf{u} nằm trong góc phần sáu II, có thể được tổng hợp từ hai vectơ biên $\mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3$ theo biểu thức (5.8).

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_p + \mathbf{u}_t \quad (5.8)$$

trong đó $\mathbf{u}_p, \mathbf{u}_t$, gọi là vectơ phải và vectơ trái, là hai vectơ nằm dọc theo hai vectơ biên $\mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3$.

Về hình học, có thể tính độ dài các vectơ phải, trái như sau:

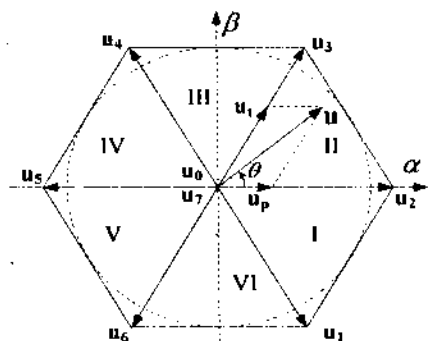
$$|\mathbf{u}_p| = \frac{2}{\sqrt{3}} |\mathbf{u}| \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right); \quad (5.9)$$

$$|\mathbf{u}_t| = \frac{2}{\sqrt{3}} |\mathbf{u}| \sin \theta.$$

θ là góc chỉ ra vị trí tương đối của vectơ \mathbf{u} trong góc phần sáu, tính theo chiều ngược kim đồng hồ. Thực ra, phép điều chế vectơ không gian tạo ra các vectơ $\mathbf{u}_p, \mathbf{u}_t$ trong mỗi chu kỳ tính toán, hay còn gọi là mỗi chu kỳ cắt mẫu T_s . Độ dài của các vectơ này được xác định bởi giá trị trung bình theo thời gian tồn tại của các vectơ $\mathbf{u}_2, \mathbf{u}_3$ trong mỗi chu kỳ cắt mẫu như sau:

$$|\mathbf{u}_p| = \frac{t_p}{T_s} |\mathbf{u}_2|; \quad |\mathbf{u}_t| = \frac{t_t}{T_s} |\mathbf{u}_3| \quad (5.10)$$

Độ dài của các vectơ biên chuẩn được xác định bởi giá trị của điện áp một chiều đầu vào $|\mathbf{u}_i| = \frac{2}{3} E$, ký hiệu $\frac{2}{3} E = U_i$. Độ dài của vectơ \mathbf{u} là vector ra mong muốn, ký hiệu $|\mathbf{u}| = U_o$. Từ (5.9), (5.10) suy ra biểu thức tính toán các giá trị thời gian điều chế như (5.11).



Hình 5.19. Vectơ không gian và các vectơ biên chuẩn.

$$t_p = T_s \frac{U_o}{U_i} \frac{2}{\sqrt{3}} \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right); t_i = T_s \frac{U_o}{U_i} \frac{2}{\sqrt{3}} \sin \theta. \quad (5.11)$$

Gọi $q = \frac{U_o}{U_i}$ là hệ số biến điệu, $0 \leq q \leq 1$, có thể viết lại biểu thức tính toán thời gian như (5.12).

$$t_p = T_s q \frac{2}{\sqrt{3}} \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right); t_i = T_s q \frac{2}{\sqrt{3}} \sin \theta. \quad (5.12)$$

Để phép biến điệu thực hiện được, các thời gian phải, trái phải thoả mãn điều kiện:

$$t_p + t_i \leq T_s. \quad (5.13)$$

Khoảng thời gian còn lại trong chu kỳ cắt mẫu, $t_0 = T_s - (t_p + t_i)$, phải áp dụng vector không, \mathbf{u}_0 hoặc \mathbf{u}_7 . Điều kiện (5.13) nói lên rằng vector điện áp ra phải nằm trong vòng tròn tiếp xúc với các cạnh của lục giác đều như biểu diễn trên hình 5.19.

4. Tóm tắt thuật toán điều chế vector không gian

Có thể tóm tắt lại thuật toán thực hiện điều chế vector không gian được tiến hành qua các bước như sau:

- Lượng đặt là vector điện áp ra mong muốn, có thể cho dưới dạng tọa độ cực $\mathbf{u} = U_o e^{j\theta}$, hoặc dưới dạng tọa độ vuông góc $\mathbf{u} = (u_\alpha, u_\beta)$.
- Xác định vị trí của vector \mathbf{u} đang thuộc sector nào trong sáu sector.
- Lựa chọn hai vector biên chuẩn bên phải, bên trái và vector không, theo bảng dưới đây. Bảng này sẽ cho phép số lần chuyển mạch xảy ra giữa các van là ít nhất.

	Sector					
Vector	I	II	III	IV	V	VI
\mathbf{u}_p	\mathbf{u}_1	\mathbf{u}_2	\mathbf{u}_3	\mathbf{u}_4	\mathbf{u}_5	\mathbf{u}_6
\mathbf{u}_t	\mathbf{u}_2	\mathbf{u}_3	\mathbf{u}_4	\mathbf{u}_5	\mathbf{u}_6	\mathbf{u}_1
\mathbf{u}_0	\mathbf{u}_7	\mathbf{u}_0	\mathbf{u}_7	\mathbf{u}_0	\mathbf{u}_7	\mathbf{u}_0

- Tính toán các thời gian sử dụng các vectơ biên theo (5.12).

Sử dụng các thiết bị điều khiển số dùng vi xử lý, phương pháp SVM có thể áp đặt một cách chính xác các vectơ phải, trái, từ đó xác định chính xác vectơ \mathbf{u} trong mỗi chu kỳ cắt mẫu T_s . Đây là ưu điểm cơ bản của SVM so với PWM.

5.4. Nghịch lưu cộng hưởng (NLCH)

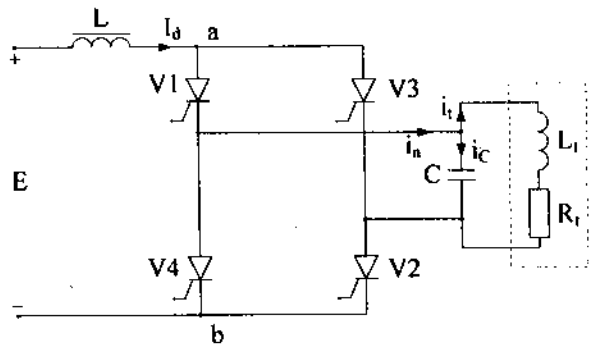
NLCH là các bộ biến đổi đặc biệt, thường dùng tiristo. Đặc điểm cơ bản của NLCH là có phụ tải là một mạch vòng dao động với dòng hoặc áp có dạng hình sin, do đó các tiristo trên sơ đồ sẽ chuyển mạch tự nhiên.

NLCH thường được dùng để tạo dòng điện, điện áp gần sin với tần số tương đối cao (từ vài trăm Hz đến 30 kHz). NLCH có ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực gia nhiệt cảm ứng, nấu luyện thép cảm ứng, trong đó dòng điện cảm ứng trong các vật liệu sắt từ cung cấp năng lượng làm tăng nhiệt độ của vật, không cần đến sự tiếp xúc giữa nguồn nhiệt với vật bị nung nóng. NLCH chính là nguồn cấp năng lượng với hiệu suất cao trong các thiết bị tôi cao tần, lò nấu thép cảm ứng,... NLCH cũng được dùng trong các thiết bị quấy thép đang nóng chảy.

Quá trình điện tử trong NLCH khá phức tạp vì thông số của phụ tải thay đổi trong một phạm vi rộng.

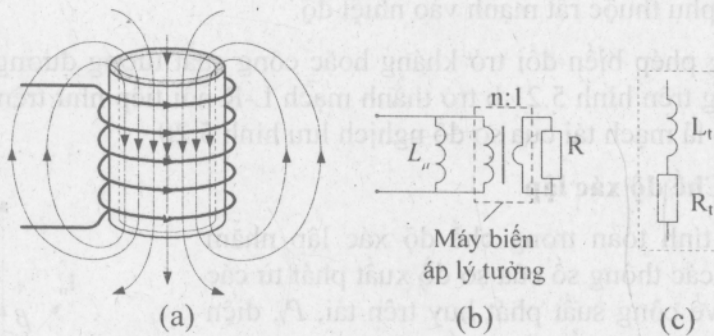
5.4.1. Nghịch lưu cộng hưởng song song

NLCH song song có sơ đồ giống như sơ đồ NLĐL nguồn dòng song song ở phần 5.2.1, được biểu diễn trên hình 5.20. Khác biệt chính ở đây là mạch phụ tải thường là tải trở cảm với hệ số công suất rất thấp, cỡ 0,1 đến 0,5. Tụ C song song với phụ tải, tạo với tải mạch vòng dao động song song. Điện cảm đầu vào L có giá trị lớn nên đầu vào có thể coi là nguồn dòng.



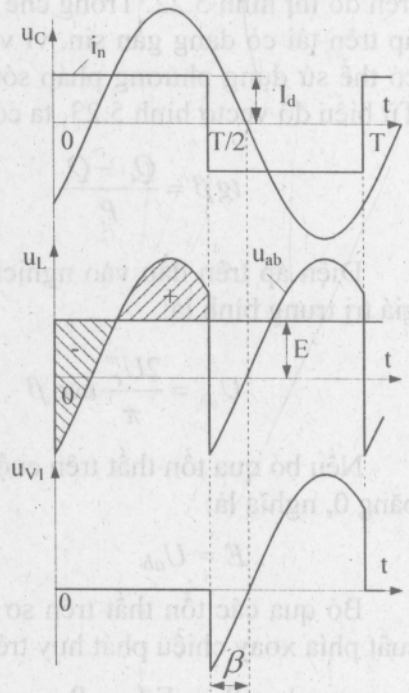
Hình 5.20. Sơ đồ nghịch lưu cộng hưởng nguồn dòng song song.

Tải của nghịch lưu thường là cuộn dây của thiết bị nung nóng cảm ứng, có mô hình vật lý như biểu diễn trên hình 5.21a.



Hình 5.21. Phụ tải của NL cộng hưởng. (a) Mô hình vật lý thiết bị nung nóng cảm ứng; (b) Mạch tải đơn giản hoá; (c) Mạch tải trở cảm tương đương.

Trên hình 5.21a một khối trụ đặt trong từ trường của một ống dây có dòng điện tần số cao chạy qua. Dưới tác dụng của từ trường biến thiên trong khối vật liệu sắt từ xuất hiện dòng điện xoáy. Nếu tần số biến thiên của từ trường tương đối cao thì do hiệu ứng mặt ngoài, dòng điện xoáy chỉ tập trung ở một lớp phía ngoài của khối trụ, có độ dày d , gọi là độ sâu thẩm thấu, như phần tô đen trên hình 5.21a. Do đó có thể coi cuộn dây và khối trụ như một máy biến áp mà phía thứ cấp chỉ có một cuộn dây. Từ đó đưa ra mô hình mạch tải đơn giản hoá như trên hình 5.21b. Trên mạch tải đơn giản hoá điện cảm L'' đóng vai trò như điện cảm từ hoá máy biến áp, về giá trị đó chính là điện cảm của cuộn dây tần số cao. Phần còn lại được mô tả như một máy biến áp lý tưởng với tỷ số máy biến áp $n:1$. Điện trở tải tương đương ở phía thứ cấp một cuộn dây là điện trở của một vòng dây, phần bị bôi đen trên hình 5.21 a, phụ thuộc vào đường kính D , chiều cao H của khối trụ, độ sâu d của



Hình 5.22. Dạng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ NLCH.

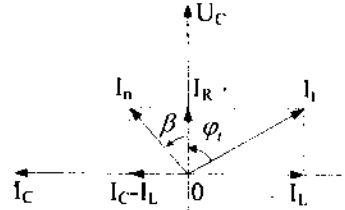
phần dòng điện thâm thấu, điện trở suất ρ của vật liệu. Như đã biết ρ của kim loại phụ thuộc rất mạnh vào nhiệt độ.

Bằng phép biến đổi trở kháng hoặc công suất tương đương, mạch L-R song song trên hình 5.21.b trở thành mạch L-R nối tiếp như trên hình 5.21c. Đó chính là mạch tải của sơ đồ nghịch lưu hình 5.20.

1. Chế độ xác lập

Các tính toán trong chế độ xác lập nhằm xác định các thông số của sơ đồ xuất phát từ các yêu cầu về công suất phát huy trên tải, P_t , điện áp trên tải, U_C , hệ số công suất tải, $\cos \varphi$.

Dòng nghịch lưu có dạng xung chữ nhật, còn điện áp có dạng gần sin như được thể hiện trên đồ thị hình 5.22. Trong chế độ xác lập, điện áp trên tải có dạng gần sin, vì vậy các tính toán có thể sử dụng phương pháp sóng hài bậc nhất. Từ biểu đồ vectơ hình 5.23, ta có:



Hình 5.23. Biểu đồ vectơ.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{Q_C - Q_t}{P_t} \quad (5.14)$$

Điện áp trên đầu vào nghịch lưu, giữa hai điểm a, b trên hình 5.20, có giá trị trung bình là:

$$U_{ab} = \frac{2U_C^m}{\pi} \cos \beta \quad (5.15)$$

Nếu bỏ qua tổn thất trên cuộn cảm L_d thì điện áp trung bình trên L_d phải bằng 0, nghĩa là:

$$E = U_{ab} \quad (5.16)$$

Bỏ qua các tổn thất trên sơ đồ thì công suất phía một chiều bằng công suất phía xoay chiều phát huy trên tải:

$$P_d = E \cdot I_d = P_t \quad (5.17)$$

Từ đó có thể xác định được giá trị cần có của dòng một chiều đầu vào:

$$I_d = \frac{P_t}{E} = \frac{P_t}{U_{ab}} \quad (5.18)$$

Ta sẽ tính toán các thông số của sơ đồ cho một ví dụ sau đây:

Ví dụ: Tải là cuộn dây của một lò điện cảm ứng với các thông số sau:

- Công suất $P_t = 300kW$.
- Điện áp định mức trên cuộn dây: $U_t = 800 Vac$.
- Tần số làm việc $f = 1 kHz$.
- Hệ số công suất của tải $\cos \varphi = 0,4$.
- Thời gian phục hồi tính chất khoá của van $t_r = 20\mu s$.

Công suất toàn phần của tải bằng: $S = \frac{P_t}{\cos \varphi} = \frac{300}{0,4} = 750 (kVA)$.

Công suất phản kháng của tải:

$$Q_t = S_t \sin \varphi_t = 750 \sqrt{1 - 0,4^2} = 682,5 (kVar)$$

Góc nghịch lưu nhỏ nhất:

$$\beta_{\min} = \omega t_r = 2\pi \cdot 1000 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 0,1256 (rad)$$

Tụ C phải có công suất đủ để bù hết công suất phản kháng của tải và tạo ra góc vượt trước $\beta > \beta_{\min}$. Chọn $\beta = \beta_{\min} + 30^\circ = 0,6484 (rad)$, tính được công suất của tụ C:

$$Q_c = P_t \tan \beta + Q_t = 909 (kVar)$$

Với $Q_c = \omega C U_c^2 \Rightarrow C = \frac{Q_c}{\omega U_c^2} = \frac{909 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 1000 \cdot 800^2} = 226 (\mu F)$.

$$E = U_{ob} = \frac{2U_c^m}{\pi} \cos \beta = 576 (V)$$

$$I_d = \frac{P_t}{E} = \frac{300 \cdot 10^3}{576} = 520 (A)$$

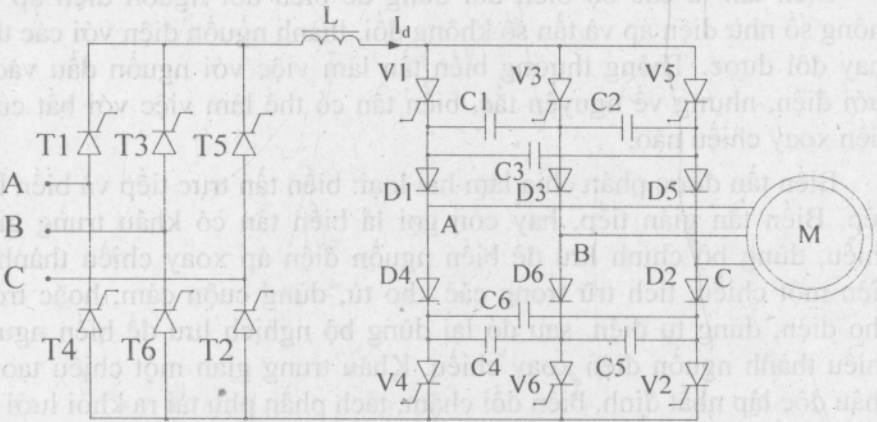
2. Hệ thống điều khiển NLCH dòng song song

a) Vấn đề khởi động

NLCH nguồn dòng chỉ làm việc trong chế độ mạch tải là mạch dao động. Như vậy vấn đề đầu tiên là cần tạo ra ít nhất một chu kỳ dao động trên tải, sau đó là điều khiển các van để dao động trên tải tiếp tục được duy trì. Để cung cấp năng lượng cho tải thì nguồn vào phải làm việc ở chế độ nguồn

6.2.1. Biến tần nguồn dòng

Sơ đồ tiêu biểu của biến tần nguồn dòng cho trên hình 6.1. Chính lưu tiristo đầu vào cùng với cuộn cảm L phía một chiều tạo nên nguồn dòng. Nghịch lưu ở đây là sơ đồ nguồn dòng song song, có diốt cách ly. Dòng điện đầu ra nghịch lưu có dạng xung chữ nhật, điện áp ra có dạng tương đối sin nếu phụ tải là động cơ.



Hình 6.1. Sơ đồ biến tần gián tiếp nguồn dòng.

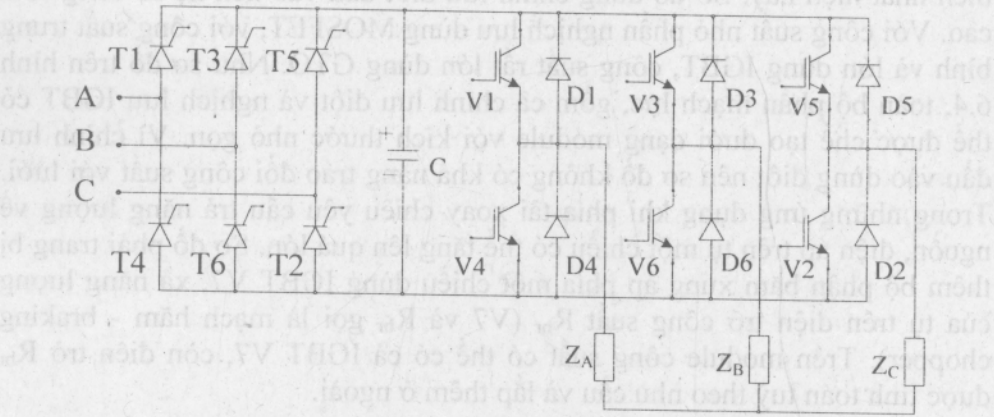
Ưu điểm cơ bản của sơ đồ này khi dùng với động cơ không đồng bộ là có khả năng trả năng lượng về lưới. Để lý giải điều này trước hết ta giả thiết bỏ qua tổn thất trên bộ biến đổi. Khi đó công suất ra tải có thể coi gần đúng bằng công suất phía một chiều, $P_t = U_{d\alpha} I_d$. Do dòng một chiều luôn chỉ có một hướng cố định nên khi động cơ phát huy công suất trên tải ta phải có $U_{d\alpha} > 0$. Khi động cơ chuyển sang chế độ máy phát mà dòng một chiều vẫn giữ nguyên chiều cũ thì bắt buộc $U_{d\alpha} < 0$, mạch chỉnh lưu chuyển sang chế độ nghịch lưu phụ thuộc đưa trả năng lượng về phía lưới xoay chiều. Điều này xảy ra một cách tự nhiên do tác dụng của mạch vòng dòng điện phía đầu vào biến tần. Biến tần nguồn dòng cũng không sợ chế độ ngắn mạch vì dòng một chiều luôn được giữ không đổi.

Nhược điểm của biến tần nguồn dòng là hệ số công suất thấp và phụ thuộc vào phụ tải. Với công suất nhỏ sơ đồ này kém hiệu quả vì kích thước công kênh nhưng với công suất lớn hơn 100 kW thì biến tần nguồn dòng có thể là một giải pháp thích hợp.

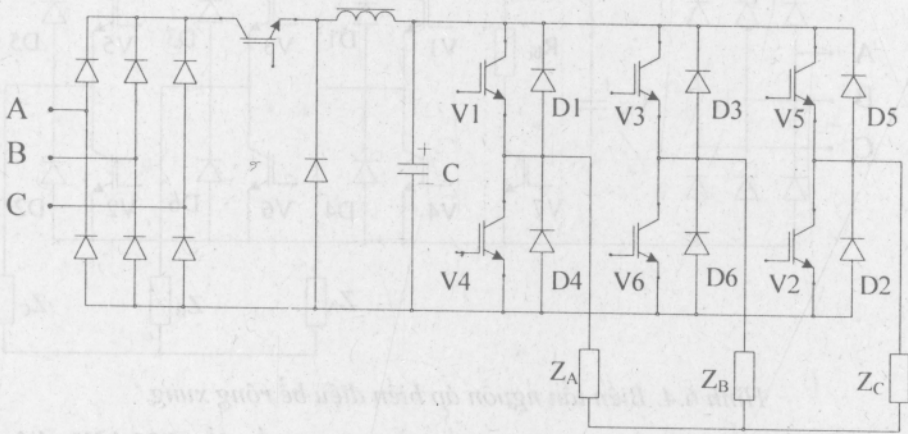
6.2.2. Biến tần nguồn áp với nguồn một chiều đầu vào có điều chỉnh

Biến tần nguồn áp loại này dùng nghịch lưu nguồn áp với đầu vào một chiều điều khiển được. Điện áp phía một chiều có thể điều chỉnh được nhờ

chỉnh lưu tiristo, như sơ đồ trên hình 6.2, hoặc chỉnh lưu điôt có bộ biến đổi xung áp một chiều, như sơ đồ trên hình 6.3.



Hình 6.2. Biến tần nguồn áp với phần một chiều dùng chỉnh lưu tiristo.

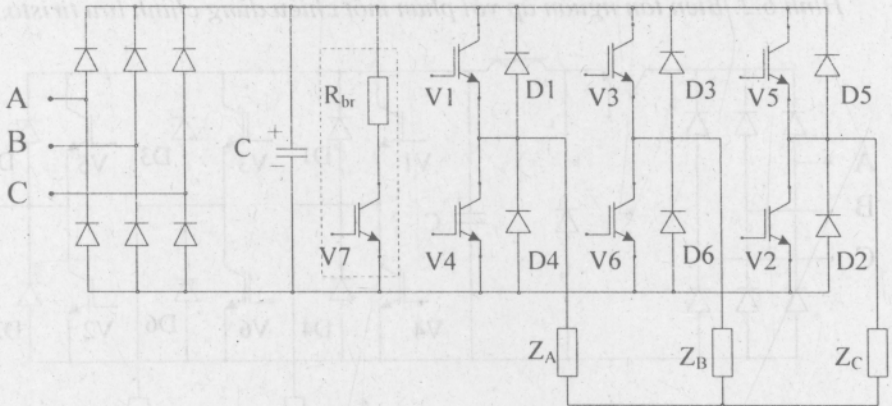


Hình 6.3. Biến tần nguồn áp với phần một chiều dùng chỉnh lưu điôt và bộ biến đổi xung áp một chiều.

Điện áp ra nghịch lưu có dạng bậc thang chữ nhật, biên độ thay đổi nhờ điều chỉnh điện áp phía một chiều. Hình dạng và giá trị điện áp ra không đổi, không phụ thuộc phụ tải, nhưng có độ méo phi tuyến lớn. Sơ đồ hình 6.2 có hệ số công suất thấp, tụ một chiều phải có giá trị lớn để san bằng điện áp chỉnh lưu. Sơ đồ hình 6.3 có nhược điểm là qua nhiều khâu biến đổi, tổn thất lớn. Các sơ đồ này chỉ ý nghĩa truyền thống khi phía nghịch lưu chưa có được những van tác động nhanh để áp dụng biến điệu bề rộng xung.

6.2.3. Biến tần biến điện áp bề rộng xung PWM

Biến tần nguồn áp biến điện áp bề rộng xung là dạng được ứng dụng phổ biến nhất hiện nay. Sơ đồ dùng chỉnh lưu diôt đầu vào nên hệ số công suất cao. Với công suất nhỏ phân nghịch lưu dùng MOSFET, với công suất trung bình và lớn dùng IGBT, công suất rất lớn dùng GTO. Như sơ đồ trên hình 6.4, toàn bộ phần mạch lực, gồm cả chỉnh lưu diôt và nghịch lưu IGBT có thể được chế tạo dưới dạng module với kích thước nhỏ gọn. Vì chỉnh lưu đầu vào dùng diôt nên sơ đồ không có khả năng trao đổi công suất với lưới. Trong những ứng dụng khi phía tải xoay chiều yêu cầu trả năng lượng về nguồn, điện áp trên tụ một chiều có thể tăng lên quá lớn. Sơ đồ phải trang bị thêm bộ phận băm xung áp phía một chiều dùng IGBT V7, xả năng lượng của tụ trên điện trở công suất R_{br} (V7 và R_{br} gọi là mạch hãm - braking chopper). Trên module công suất có thể có cả IGBT V7, còn điện trở R_{br} được tính toán tùy theo nhu cầu và lắp thêm ở ngoài.



Hình 6.4. Biến tần nguồn áp biến điện áp bề rộng xung.

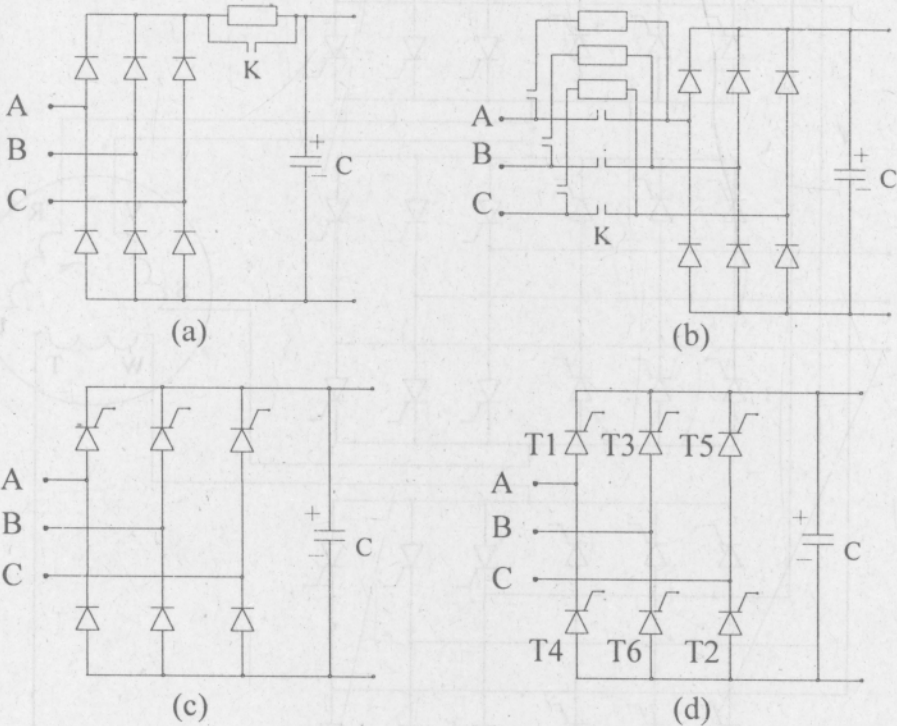
IGBT được sử dụng trong các biến tần công suất đến 300 kW, điện áp lưới đầu vào đến 690 V. Tần số băm xung của PWM thay đổi từ 2 kHz đến 10 kHz. Công suất càng lớn thì tần số băm xung càng phải chọn thấp để giảm tổn hao do quá trình đóng cắt trên van.

GTO được sử dụng ở dải công suất lớn, trên 300 kW, điện áp lưới đến 690 V, tần số băm xung cỡ 1 kHz.

Điện áp ở đầu ra của biến tần là những xung áp có độ rộng thay đổi theo phương pháp biến điện áp bề rộng xung, chứa chủ yếu là thành phần sóng hài cơ bản. Trên những phụ tải mang tính cảm, như cuộn dây của động cơ xoay chiều, điện áp này tạo nên dòng điện rất gần hình sin. Tuy vậy, những xung áp có độ rộng ngắn có giá trị dU/dt lớn có thể gây hỏng cách điện của các động cơ. Đây là điều cần lưu ý, nhất là với những động cơ công suất lớn

khi thành phần điện trở thuần của cuộn dây rất nhỏ. Trong những trường hợp cần thiết có thể phải dùng những mạch lọc LC đơn giản, kích thước nhỏ để tạo ra điện áp hình sin tuyến đối.

Vì sử dụng chỉnh lưu không điều khiển phía đầu vào nên hệ số công suất của sơ đồ cao, không phụ thuộc vào phụ tải. Tuy nhiên ở thời điểm đóng điện ban đầu, dòng nạp cho tụ một chiều có thể có giá trị quá lớn, làm hỏng các điốt đầu vào. Dòng nạp cho tụ lúc khởi động phải được hạn chế, bằng một trong các phương pháp như trình bày trên hình 6.5.

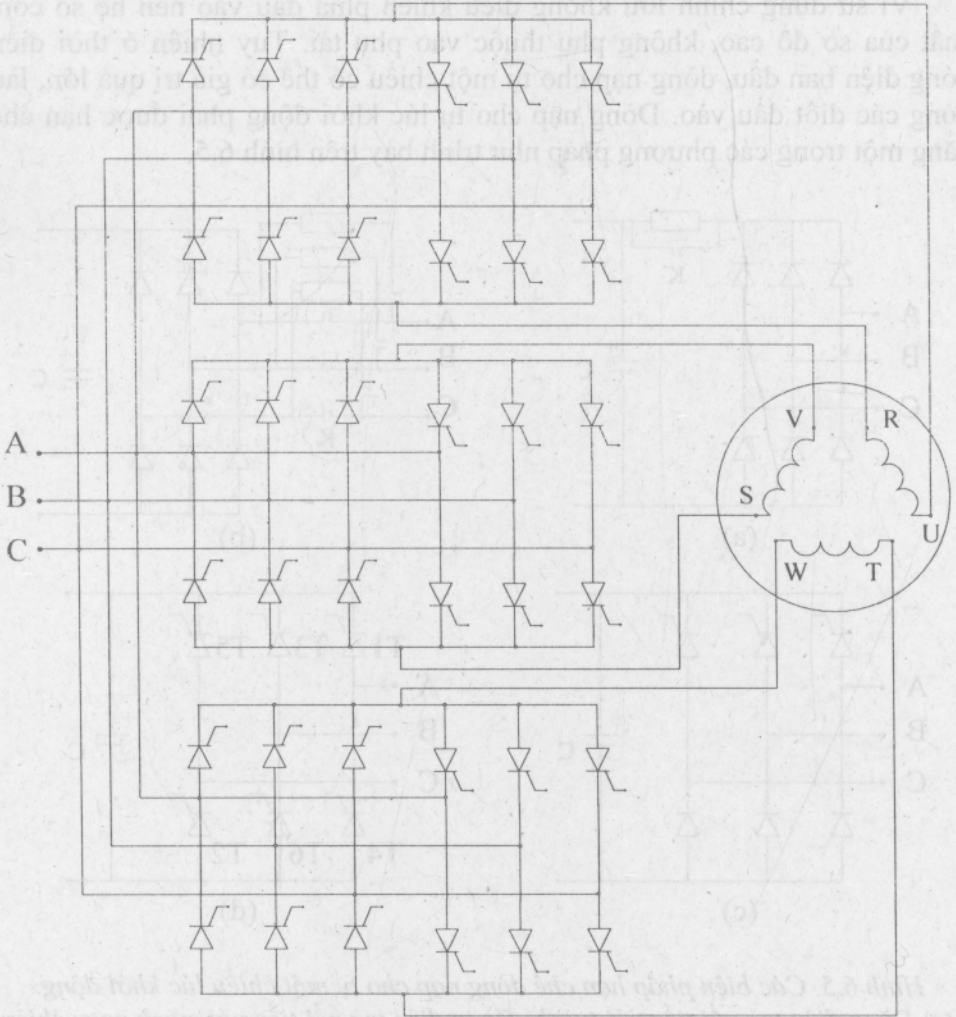


Hình 6.5. Các biện pháp hạn chế dòng nạp cho tụ một chiều lúc khởi động.
 (a) Dùng điện trở nối tiếp với tụ; (b) Dùng điện trở nối tiếp với mạch xoay chiều đầu vào; (c) Dùng cầu chỉnh lưu bán điều khiển; (d) Dùng cầu chỉnh lưu tiristo.

Các biện pháp trên hình 6.5 được áp dụng cho các dải công suất từ nhỏ đến lớn theo thứ tự từ (a) đến (d). Với công suất rất lớn việc dùng tiếp điểm công-tác-tơ để loại bỏ điện trở khởi động không thể áp dụng được mà phải dùng đến các mạch không tiếp điểm dùng tiristo. Sau khi khởi động xong các cầu chỉnh lưu sẽ làm việc ở góc điều khiển bằng 0, giống như cầu điốt để đảm bảo hệ số công suất của sơ đồ.

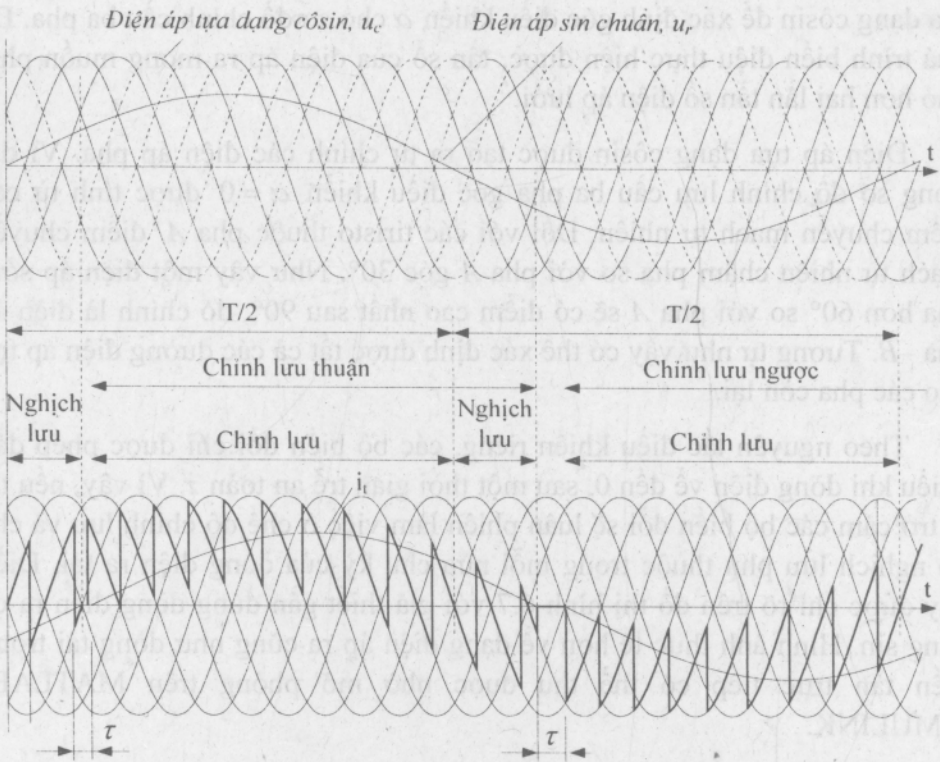
6.3. Biến tần trực tiếp

6.3.1. Nguyên lý biến tần trực tiếp



Hình 6.6. Sơ đồ nguyên lý biến tần trực tiếp.

Sơ đồ cơ bản của biến tần trực tiếp cho trên hình 6.6. Sơ đồ gồm ba pha điện áp ra. Mỗi pha đầu ra, về nguyên tắc, chính là đầu ra của một chỉnh lưu có đảo chiều. Mỗi sơ đồ chỉnh lưu có đảo chiều có thể điều khiển chung hoặc điều khiển riêng. Phương pháp điều khiển riêng cho phép loại bỏ cuộn kháng cân bằng là một kỹ thuật tiên tiến thường được áp dụng ngày nay. Nguyên lý điều khiển và dạng điện áp ra một pha của biến tần trực tiếp trên hình 6.6 được mô tả trên hình 6.7.



Hình 6.7. Dạng điện áp ra một pha của biến tần trực tiếp.

Như đã biết, điện áp ra của sơ đồ chỉnh lưu phụ thuộc góc điều khiển α theo quy luật:

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha .$$

Nếu sử dụng quy luật điều khiển arccos, sao cho $\alpha = \arccos U_r$, thì ta sẽ có $U_{d\alpha} = U_{d0} U_r$. Do đó nếu thay đổi điện áp điều khiển U_r theo một sóng hình sin, tần số thấp $U_r = \mu \sin(\omega_2 t)$, ta được:

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \mu \sin(\omega_2 t),$$

trong đó ω_2 là tần số góc của điện áp ra mong muốn, $\mu = \frac{U_r}{U_{r,\max}}$; $0 \leq \mu \leq 1$ là

hệ số biên điệu.

Đồ thị hình 6.7 mô tả nguyên lý hoạt động trên. Theo nguyên lý này, một điện áp sin chuẩn với tần số góc ω_2 được so sánh với hệ thống điện áp

tựa dạng côsin để xác định góc điều khiển α cho sơ đồ chỉnh cầu ba pha. Để quá trình biến điệu thực hiện được, tần số của điện áp ra mong muốn phải nhỏ hơn hai lần tần số điện áp lưới.

Điện áp tựa dạng côsin được tạo ra từ chính các điện áp pha. Ví dụ, trong sơ đồ chỉnh lưu cầu ba pha góc điều khiển $\alpha = 0$ được tính từ các điểm chuyển mạch tự nhiên. Đối với các tiristo thuộc pha A , điểm chuyển mạch tự nhiên chậm pha so với pha A góc 30° . Như vậy một điện áp sớm pha hơn 60° so với pha A sẽ có điểm cao nhất sau 90° , đó chính là điện áp pha $-B$. Tương tự như vậy có thể xác định được tất cả các đường điện áp tựa cho các pha còn lại.

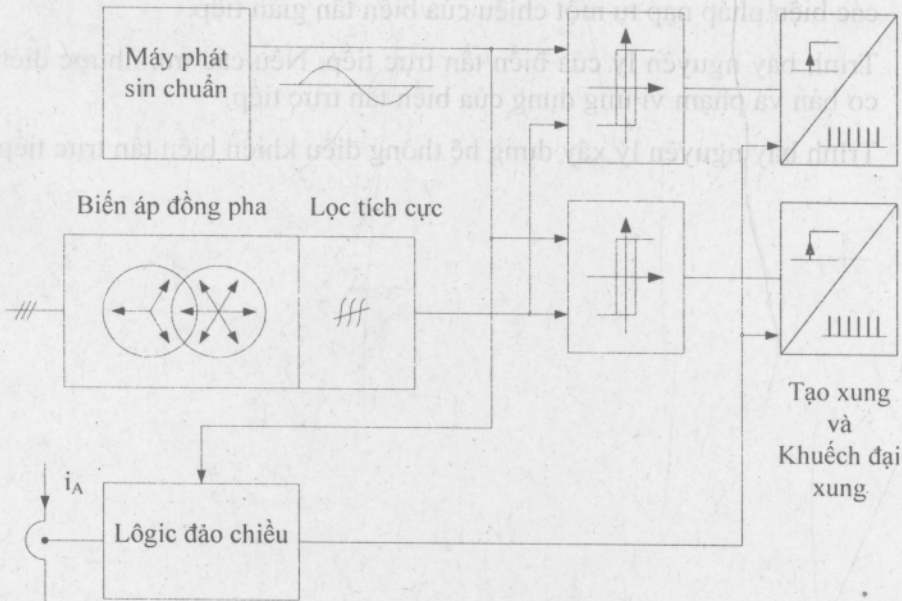
Theo nguyên tắc điều khiển riêng, các bộ biến đổi chỉ được phép đảo chiều khi dòng điện về đến 0, sau một thời gian trễ an toàn τ . Vì vậy, nếu tải là trở cảm các bộ biến đổi sẽ luân phiên làm việc ở chế độ chỉnh lưu và chế độ nghịch lưu phụ thuộc trong mỗi nửa chu kỳ của dòng điện ra tải. Điều này được chi rõ trên đồ thị hình 6.7 với giả thiết gần đúng dòng điện ra có dạng sin. Hình ảnh thực tế hơn về dạng điện áp ra cũng như dòng tải trong biến tần trực tiếp có thể thu được nhờ mô phỏng trên MATLAB-SIMULINK.

6.3.2. Nguyên lý xây dựng hệ thống điều khiển biến tần trực tiếp

Hình 6.8 mô tả nguyên lý xây dựng hệ thống điều khiển cho biến tần trực tiếp. Hệ thống điều khiển bao gồm khâu phát sóng sin chuẩn ba pha $U_{r,a}$, $U_{r,b}$, $U_{r,c}$, với biên độ và tần số ra có thể thay đổi được như mong muốn. Khâu quan trọng trong hệ thống điều khiển là khâu tạo nên các điện áp tựa dạng côsin. Yêu cầu cơ bản đối với khâu này là điện áp tựa phải ổn định về biên độ và có dạng sóng không bị méo. Đây là yêu cầu khó khăn vì điện áp lấy vào qua biến áp đồng pha sẽ chịu ảnh hưởng của điện áp lưới. Về nguyên tắc dùng các bộ lọc tích cực có thể đáp ứng được phần nào yêu cầu này. Khâu so sánh sẽ xác định góc điều khiển cho mỗi tiristo trên sơ đồ. Mạch logic đảo chiều có vai trò rất quan trọng, như đã được nói đến ở chương 3, đảm nhận việc phát tín hiệu điều khiển cho bộ chỉnh lưu thuận hoặc bộ chỉnh lưu ngược, tùy theo chiều của dòng điện.

Có thể thấy số lượng van bán dẫn rất lớn dẫn đến hệ thống điều khiển rất phức tạp. Việc đảm bảo tính đối xứng cho tất cả các kênh điều khiển tiristo cũng như tính ổn định của hệ thống điện áp tựa dạng côsin bằng các

mạch điện tử tương tự là hầu như không thể thực hiện được. Các hệ thống điều khiển số có thể giúp giải quyết khó khăn này. Trong hệ thống điều khiển số, điện áp đồng pha chỉ xác định các thời điểm đồng bộ, còn hệ thống điện áp tựa dạng cosin tạo ra bởi các mạch số, đảm bảo chính xác và ổn định, không phụ thuộc vào điện áp lưới. Hệ thống điều khiển số cũng đảm bảo tính đối xứng cho các kênh điều khiển một cách dễ dàng.



Hình 6.8. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển biến tần trực tiếp.

Đặc tính ưu việt của biến tần trực tiếp là khả năng trao đổi công suất với lưới theo cả hai chiều. Sơ đồ dùng tiristo nên khả năng quá tải cao. Nhược điểm cơ bản là số lượng van bán dẫn lớn, hệ thống điều khiển phức tạp, tần số điện áp ra bị giới hạn trên ở một phần hai tần số lưới. Ngoài ra biến tần trực tiếp thừa hưởng những nhược điểm của các sơ đồ chỉnh lưu là dòng đầu vào không sin, hệ số công suất thấp. Biến tần trực tiếp chỉ phù hợp với những phụ tải công suất rất lớn, từ 1000 đến 30000 kW. Khi công suất yêu cầu lớn như vậy thì số lượng van sử dụng và độ phức tạp của hệ thống điều khiển không còn được coi là trở ngại, vì vấn đề chính là khả năng điều chỉnh công suất và hiệu suất của bộ biến đổi. Với những hệ truyền động công suất lớn thì việc giảm bớt được hộp giảm tốc đem lại hiệu quả kinh tế lớn vì giá thành và chi phí vận hành cho hộp giảm tốc đều rất cao.

Câu hỏi ôn tập chương 6

1. Biến tần là gì? Phân biệt biến tần gián tiếp và biến tần trực tiếp.
2. Có những loại biến tần gián tiếp nào?
3. Nêu ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của biến tần nguồn dòng.
4. Trình bày các loại biến tần nguồn áp. Ưu, nhược điểm cơ bản. Nêu các biện pháp nạp tụ một chiều của biến tần gián tiếp.
5. Trình bày nguyên lý của biến tần trực tiếp. Nêu các ưu, nhược điểm cơ bản và phạm vi ứng dụng của biến tần trực tiếp.
6. Trình bày nguyên lý xây dựng hệ thống điều khiển biến tần trực tiếp.