

CHƯƠNG VI BỘ NGHỊCH LƯU – BỘ BIẾN TẦN

I. BỘ NGHỊCH LƯU

1. Chức năng
 - Chuyển đổi năng lượng từ nguồn điện một chiều thành năng lượng điện xoay chiều
2. Ứng dụng
 - Bộ biến tần (truyền động động cơ điện xoay chiều)
 - Lò cảm ứng trung tần, hàn trung tần
 - Nguồn xoay chiều, nguồn lưu điện (UPS), chiếu sáng (đèn huỳnh quang cao tần).
 - Bù nhuyến công suất phản kháng.
 - Truyền tải điện cao áp một chiều.
3. Phân loại
 - a. Theo tham số điều khiển ngõ ra.
 - Bộ nghịch lưu áp: điều khiển áp ra.
 - Bộ nghịch lưu dòng: điều khiển dòng ra.
 - b. Theo tính chất nguồn
 - Bộ nghịch lưu áp nguồn áp.
 - Bộ nghịch lưu dòng nguồn dòng
 - Bộ nghịch lưu áp nguồn dòng
 - Bộ nghịch lưu dòng nguồn áp.
 - c. Theo quá trình chuyển mạch
 - Bộ nghịch lưu với quá trình chuyển mạch cưỡng bức: linh kiện có khả năng kích đóng và ngắt (MOSFET, BJT, IGBT, GTO)
 - Bộ nghịch lưu với quá trình chuyển mạch phụ thuộc : linh kiện chỉ kích đóng quá trình ngắt phụ thuộc vào áp nguồn hoặc tải (Thyristor)
 - d. Theo số pha
 - Một pha
 - Ba pha
4. Các mức áp cổng ra tiêu chuẩn

-Một pha	120V/50Hz	220V/60Hz	115V/400Hz
-Ba pha	120/208/60Hz	220/380/50Hz	115/200/400Hz

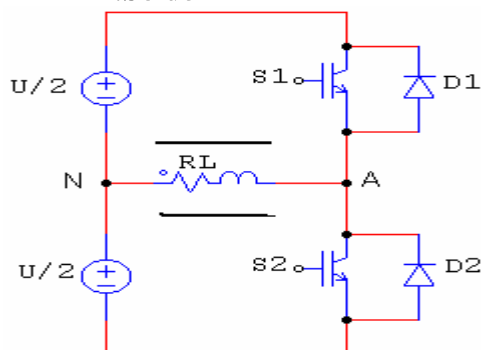
BỘ NGHỊCH LƯU ÁP

1. Những đặc điểm cơ bản.

- Bộ nghịch lưu áp có nhiệm vụ cung cấp và điều khiển điện áp xoay chiều ngõ ra
- Nguồn điện áp moat chiều: ác quy, pin điện, hoặc điện áp chỉnh lưu và lọc phẳng.
- Linh kiện: BJT, MOSFET (công suất nhỏ) IGBT, GTO hoặc SCR kết hợp bộ chuyển mạch (công suất lớn)
- Mỗi một khoá công suất được mắc đối song một diode công suất. Những diode này có nhiệm vụ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình trao đổi công suất ảo giữa nguồn một chiều và tải xoay chiều qua đó hạn chế quá điện áp phát sinh khi kích ngắt các khoá công suất.
- Điện áp ra lý tưởng phải có dạng sin, tuy nhiên trong thực tế không có dạng sin chuẩn và chứa các sóng hài bậc cao, gây ảnh hưởng không tốt đến tải, nguồn . Vì vậy phải có biện pháp chống nhiễu như sử dụng bộ lọc, đặt bộ nghịch lưu trong tủ kim loại, hay sử dụng cáp bọc.
- Thành phần hài bậc cao còn có thể bị loại bỏ nhờ phương pháp điều khiển đóng ngắt các khoá công suất. Ví dụ : phương pháp PWM, PWM sin, Vector không gian...

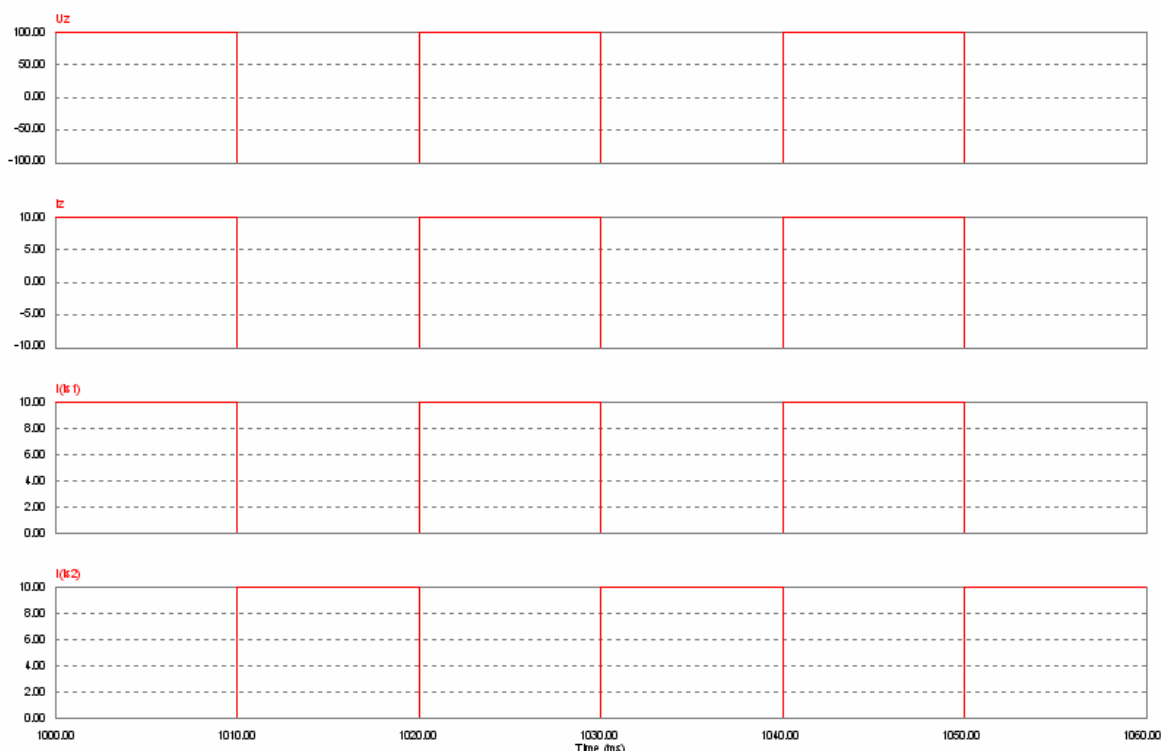
BỘ NGHỊCH LƯU ÁP 1 PHA DẠNG BÁN CẦU

1.Sơ đồ .



- Nguồn một chiều U có thể phân thành hai nguồn $U/2$, nhờ nút phân thế
- Linh kiện $S1, S2$ là Transistor, Mosfet hoặc IGBT, hai diode $D1, D2$
- Tải xoay chiều RL
- Khoá $S1, S2$ được kích đối nghịch

2. Phân tích



Giản đồ áp, dòng tải và dòng qua linh kiện khi tải R

2.1 Trường hợp tải là thuần trở

- $0 \div p$ linh kiện S1 dẫn dòng điện chạy theo chiều từ A đến N theo mạch

(U/2,S1,RL) và điện áp trên tải có giá trị $u_z = u_{AB} = \frac{U}{2}$

- $p \div 2p$ linh kiện S2 dẫn dòng điện chạy theo chiều từ N đến A theo mạch

(U/2,RL,S2) và điện áp trên tải có giá trị $u_z = u_{AB} = -\frac{U}{2}$

3. Hệ quả

-Trị hiệu dụng áp tải $U_z = \sqrt{\frac{1}{p} \int_0^p \left(\frac{U}{2}\right)^2 d(wt)} = \frac{U}{2}$

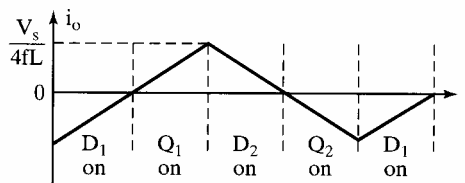
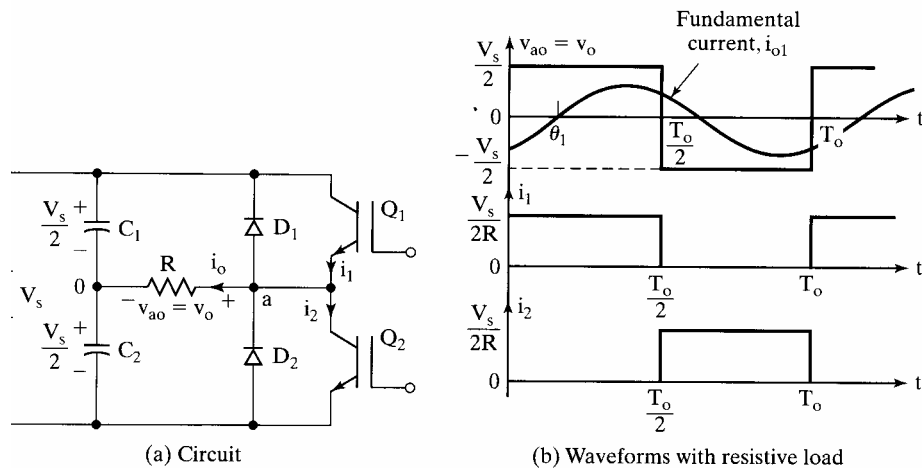
-Trị tức thời áp tải (sau khi phân tích Fourier) $u_z = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{2U}{np} \sin nwt$

-Trị hiệu dụng hài cơ bản áp tải $n=1$ $U_{z(1)} = \frac{2U}{\sqrt{2p}} = 0,45U$

-Hệ số méo dạng toàn phần $THD = \frac{\sqrt{U_z^2 - U_{z(1)}^2}}{U_{z(1)}}$

-Trị tức thời dòng tải $i_z = \frac{u_z}{R}$

2.2 Tải RL



(c) Load current with highly inductive load

- $0 \div p$ linh kiện S1 dẫn dòng điện chạy theo chiều từ A đến N theo mạch (U/2

trên ,S1,RL) và điện áp trên tải có giá trị $u_z = u_{AN} = \frac{U}{2}$

- Tại thời điểm p , khoá S1 ngắt cuộn cảm giải phóng năng lượng để duy trì dòng. Dòng đi qua mạch (RL, U/2 dưới, D2) và giảm về 0. Vì vậy mặc dù S2 được kích nhưng dòng không qua nó. Khi dòng qua tải bằng 0, nó đảo chiều và qua S2 theo mạch (U/2 dưới,RL,S2)

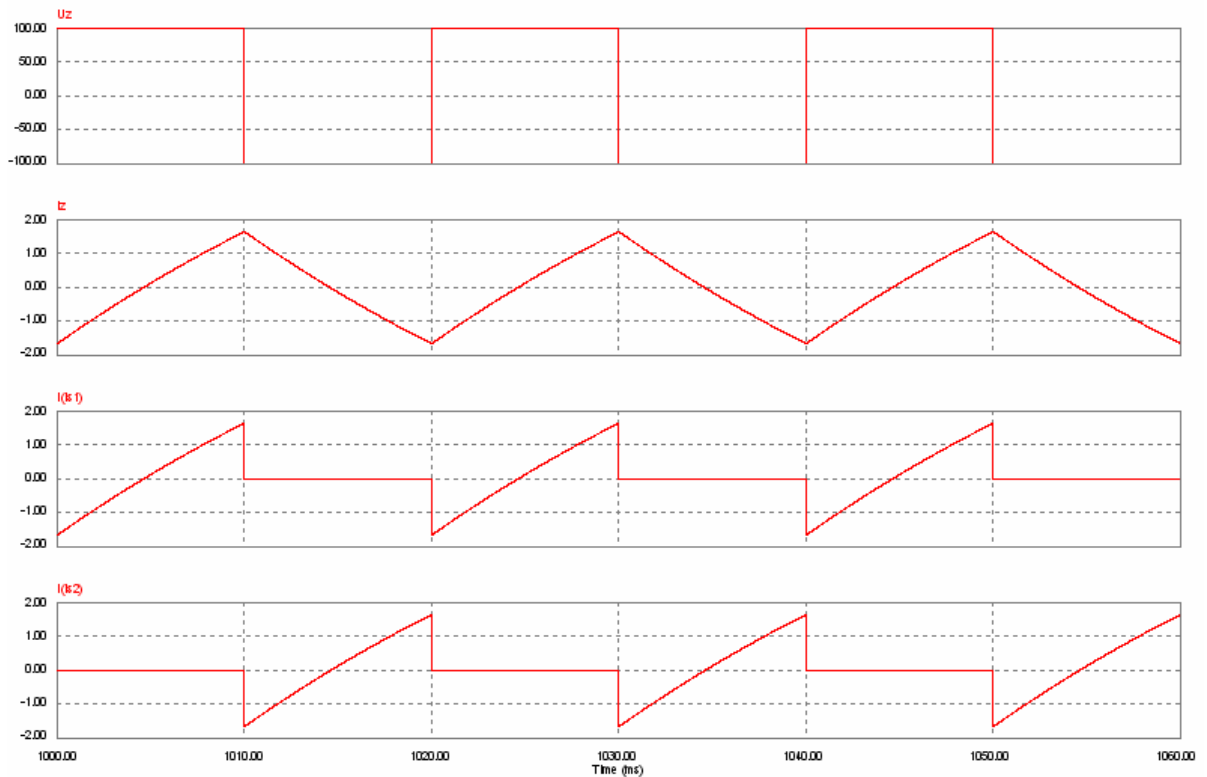
- $p \div 2p$ linh kiện S2 dẫn dòng điện chạy theo chiều từ N đến A theo mạch

(U/2 dưới ,RL,S2) và điện áp trên tải có giá trị $u_z = u_{AN} = -\frac{U}{2}$

- Tại thời điểm $2p$, khoá S2 ngắt cuộn cảm giải phóng năng lượng để duy trì dòng. Dòng đi qua mạch (RL, U/2 trên, D1) và giảm về 0. Vì vậy mặc dù S1 được kích nhưng dòng không qua nó. Khi dòng qua tải bằng 0, nó đảo chiều và qua S1 theo mạch (U/2 trên ,RL,S1)

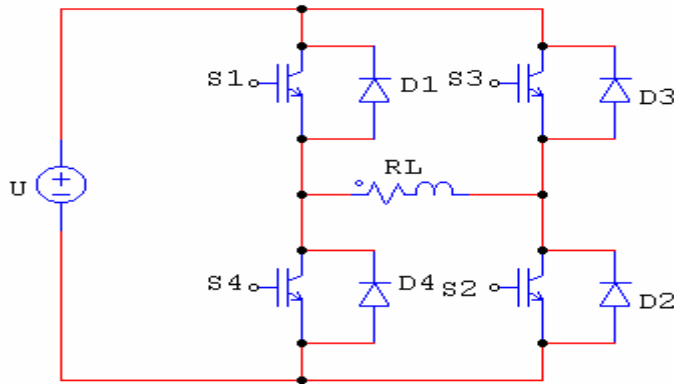
- Khi dòng qua S1, D1 điện áp trên tải $u_z = u_{AN} = \frac{U}{2}$

- Khi dòng qua S2, D2 điện áp trên tải $u_z = u_{AN} = -\frac{U}{2}$



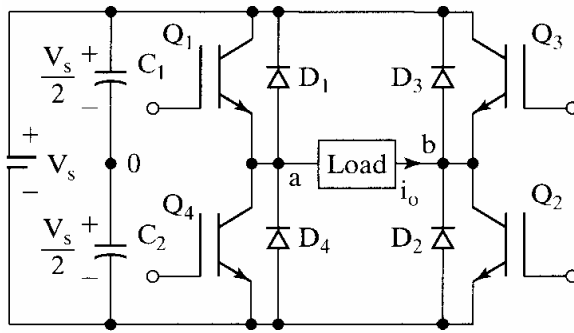
BỘ NGHỊCH LƯU ÁP 1 PHA DẠNG CẦU

1. Sơ đồ

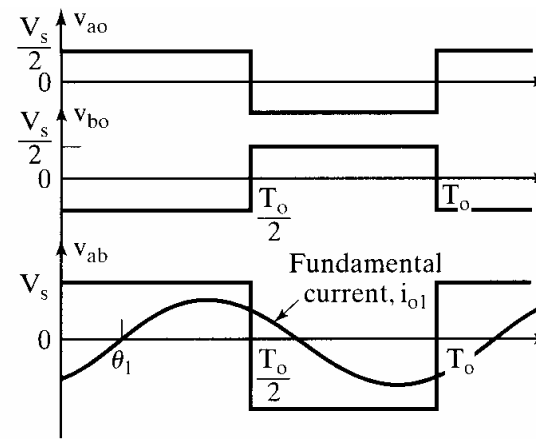


- Nguồn một chiều U
- Linh kiện S_1, S_2, S_3, S_4 là Transistor, Mosfet hoặc IGBT, bốn diode D_1, D_2, D_3, D_4 .
- Tải xoay chiều RL

$$j = \arctg\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$



(a) Circuit



(b) Waveforms

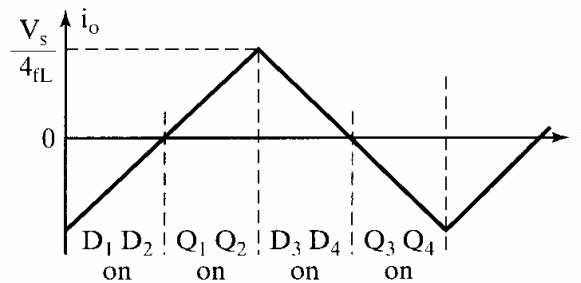


TABLE 6.1 Switch States for a Single-Phase Full-Bridge Voltage-Source Inverter (VSI)

State	State No.	Switch State*	v_{ao}	v_{bo}	v_o	Components Conducting
S_1 and S_2 are on and S_4 and S_3 are off	1	10	$V_s/2$	$-V_s/2$	V_s	S_1 and S_2 if $i_o > 0$ D_1 and D_2 if $i_o < 0$
S_4 and S_3 are on and S_1 and S_2 are off	2	01	$-V_s/2$	$V_s/2$	$-V_s$	D_4 and D_3 if $i_o > 0$ S_4 and S_3 if $i_o < 0$
S_1 and S_3 are on and S_4 and S_2 are off	3	11	$V_s/2$	$V_s/2$	0	S_1 and D_3 if $i_o > 0$ D_1 and S_3 if $i_o < 0$
S_4 and S_2 are on and S_1 and S_3 are off	4	00	$-V_s/2$	$-V_s/2$	0	D_4 and S_2 if $i_o > 0$ S_4 and D_2 if $i_o < 0$
$S_1, S_2, S_3,$ and S_4 are all off	5	off	$-V_s/2$ $V_s/2$	$V_s/2$ $-V_s/2$	$-V_s$ V_s	D_4 and D_3 if $i_o > 0$ D_4 and D_2 if $i_o < 0$

2. Phân tích

- Điều khiển sao cho S_1 - S_2 kích đồng thời, S_3 - S_4 kích đồng thời. Và hai cặp này đối nghịch

- Giả sử chu kỳ đóng ngắt khoá là T

Trong khoảng $0 \div \frac{T}{2}$ Khoá S1,S2 dẫn, khoá S3,S4 ngắt. Điện áp trên tải bằng U,

dòng điện tải chạy theo mạch (U-S1-RL-S2) tăng từ $I_{\min} = i_z(t=0)$ đến $I_{\max} = i_z(t=\frac{T}{2})$

$$u_z = U ; Ri_z + L \frac{di_z}{dt} = U$$

Giải phương trình ta có nghiệm $i_z(t) = \frac{U}{R} + (I_{\min} - \frac{U}{R})e^{-\frac{t}{\tau}}$

Trong đó $\tau = \frac{L}{R}$ - Thời hằng của tải.

I_{\min} - dòng tải tại thời điểm t=0 hay $I_{\min} = i_z(t=0)$

$\frac{T}{2} \div T$ Khoá S3,S4 dẫn, khoá S1,S2 ngắt. Điện áp trên tải bằng -U, dòng điện tải

chạy theo mạch (U-RL-S3-S4) giảm từ $I_{\max} = i_z(t=\frac{T}{2})$ đến $I_{\min} = i_z(t=T)$

$$u_z = -U ; Ri_z + L \frac{di_z}{dt} = -U$$

Giải phương trình ta có nghiệm $i_z(t) = -\frac{U}{R} + (I_{\max} + \frac{U}{R})e^{-\frac{t-\frac{T}{2}}{\tau}}$

Trong đó $\tau = \frac{L}{R}$ - Thời hằng của tải.

I_{\max} - dòng tải tại thời điểm $t=T$ hay $I_{\max} = i_z(t=T)$

Do I_{\min} , I_{\max} xác định từ quá trình đối xứng của hai nửa chu kỳ điện áp và dòng tải nên $I_{\max} = -I_{\min}$.

$$I_{\max} = -I_{\min} = \frac{U}{R} \left[\frac{1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} \right]$$

3. Hệ quả

- Trị hiệu dụng áp tải $U_z = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U^2 dt} = U$

- Phân tích Fourier điện áp này ta được giá trị tức thời $u_z = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{np} \sin n\omega t$

-Trị hiệu dụng hài cơ bản áp tải n=1 $U_{z(1)} = \frac{4U}{\sqrt{2}p} = 0,9U$

- Hệ số méo dạng toàn phần $THD = \frac{\sqrt{U_z^2 - U_{z(1)}^2}}{U_{z(1)}} = 0,483$

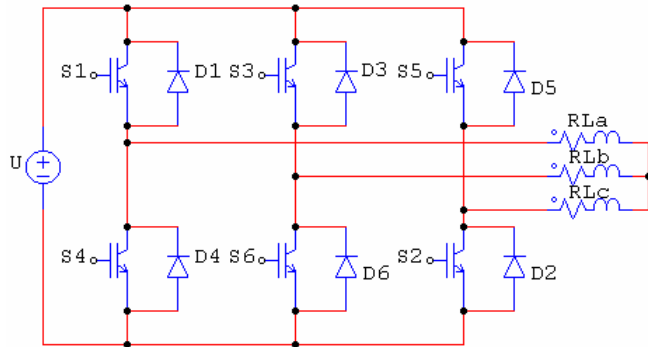
-Trị tức thời dòng tải $i_z = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4U}{np \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}} \sin(n\omega t - j_n)$

Trong đó $j_n = \arctg(\frac{n\omega L}{R})$

- Trị hiệu dụng dòng điện qua tải $I_z = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_z^2(t) dt} = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \left[\frac{U}{R} + \left(I_{min} - \frac{U}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \right]^2 dt}$
- Hoặc $I_z = \sqrt{I_{z(1)}^2 + I_{z(3)}^2 + I_{z(5)}^2 + \dots + I_{z(n)}^2}$

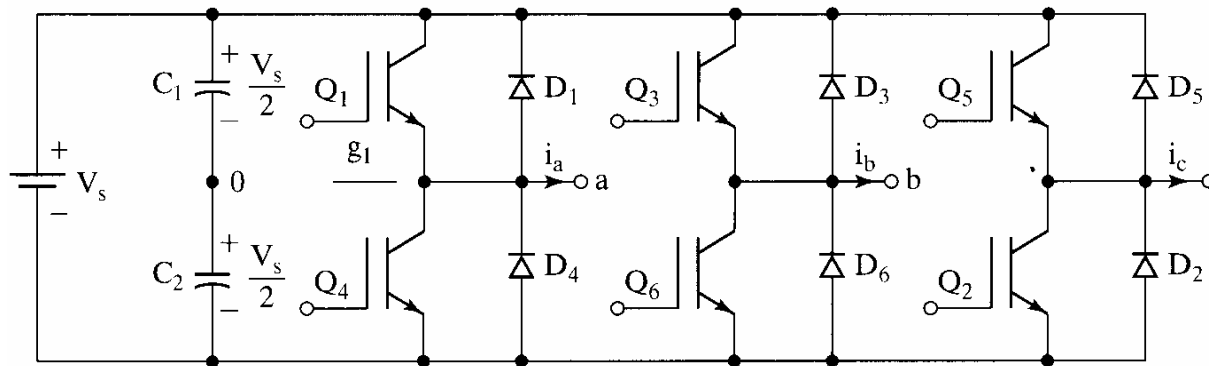
BỘ NGHỊCH LƯU ÁP BA PHA

1. Sơ đồ



- Nguồn một chiều U
 - Linh kiện S1, S2, S3, S4, S5, S6 là Transistor, Mosfet hoặc IGBT. Sáu diode D1, D2, D3, D4, D5, D6
 - Tải xoay chiều 3 pha đối xứng thỏa mãn hệ thức $u_{zA} + u_{zB} + u_{zC} = 0$
- $$j = \arctg\left(\frac{wL}{R}\right)$$

2. Phân tích



(a) Circuit

- Giả tưởng nguồn áp U chia làm hai nguồn U/2 với điểm nút phân thế 0.
- Điều khiển theo quy tắc kích đối nghịch S1-S4, S3-S6, S5-S2.
- Gọi N là điểm nút của tải ba pha dạng sao. Điện áp pha tải

$$u_{zA} = u_{A0} - u_{N0}$$

$$u_{zB} = u_{B0} - u_{N0}$$

$$u_{zC} = u_{C0} - u_{N0}$$

- Điện áp u_{A0}, u_{B0}, u_{C0} được gọi là điện áp pha tâm nguồn ba pha A, B, C.

- Khi các khoá lể S1, S3, S5 đóng áp pha tâm nguồn có giá trị $+\frac{U}{2}$

- Khi các khoá lể S1, S3, S5 đóng áp pha tâm nguồn có giá trị $-\frac{U}{2}$

Từ các biểu thức trên ta có $u_{zA} + u_{zB} + u_{zC} = u_{A0} + u_{B0} + u_{C0} - 3u_{N0} = 0$

Do đó

$$u_{N0} = \frac{u_{A0} + u_{B0} + u_{C0}}{3}$$

Và điện áp pha tải

$$u_{zA} = \frac{2u_{A0} - u_{B0} - u_{C0}}{3}$$

$$u_{zB} = \frac{2u_{B0} - u_{A0} - u_{C0}}{3}$$

$$u_{zC} = \frac{2u_{C0} - u_{A0} - u_{B0}}{3}$$

Điện áp dây tải

$$u_{AB} = u_{zA} - u_{zB}$$

$$u_{BC} = u_{zB} - u_{zC}$$

$$u_{CA} = u_{zC} - u_{zA}$$

3. Hệ quả

- Điện áp trên tải được xác định hoàn toàn không phụ thuộc tính chất tải nếu biết giản đồ đóng cắt các khoá và áp nguồn. Từ đó có thể điều khiển điện áp ngõ ra của bộ nghịch lưu bằng cách điều khiển giản đồ đóng cắt các công tắc bán dẫn .

- Phương trình dòng tức thời

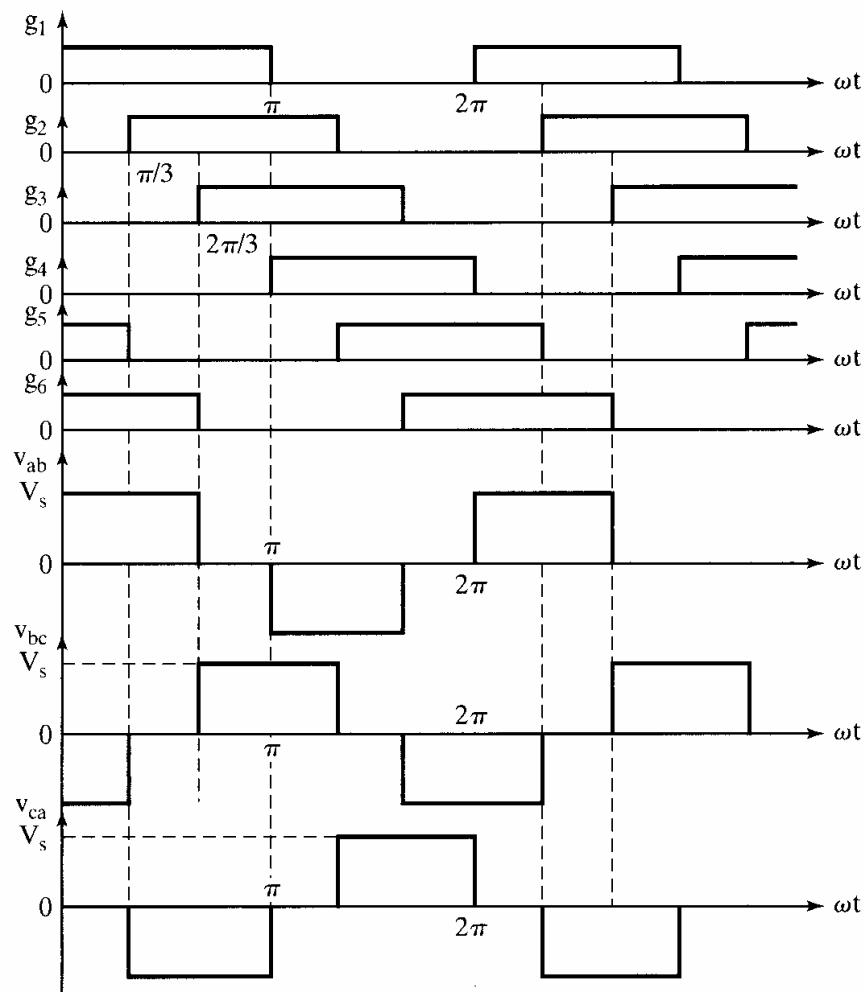
$$u_{zA} = Ri_{zA} + L \frac{di_{zA}}{dt}$$

$$u_{zB} = Ri_{zB} + L \frac{di_{zB}}{dt}$$

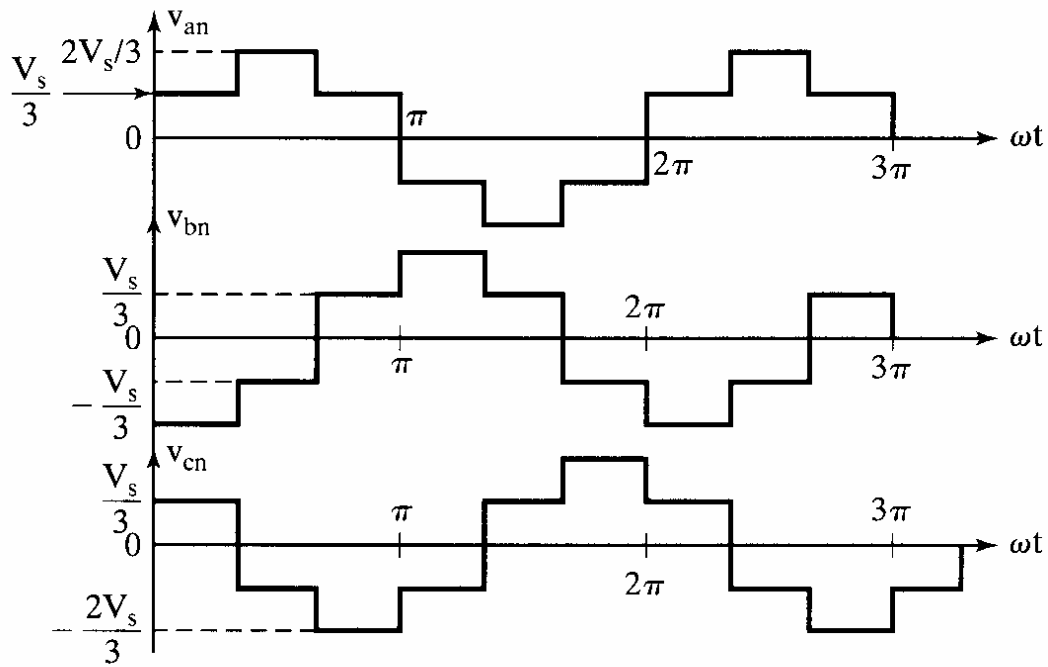
$$u_{zC} = Ri_{zC} + L \frac{di_{zC}}{dt}$$

4. Phương pháp điều biên Six-Step (khoảng dẫn linh kiện 180°)

- Trị hiệu dụng áp pha tải



(b) Waveforms for 180° conduction



(b) Phase voltages for 180° conduction

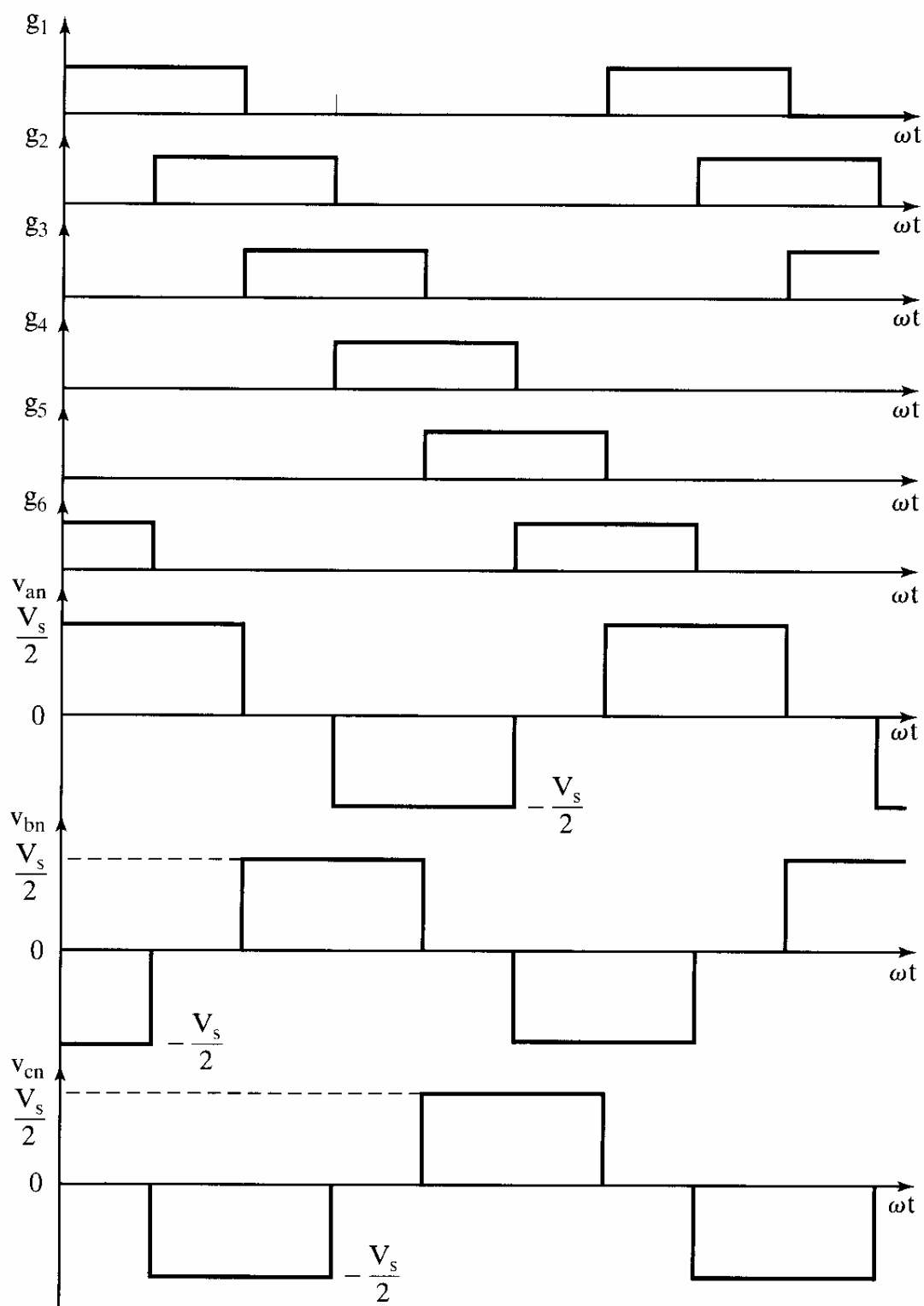
a. Tải đấu hình sao

-Trị hiệu dụng áp pha tải

$$U_z = \sqrt{\frac{1}{p} \left[\int_0^{p/3} \left(\frac{U}{3} \right)^2 d(\omega t) + \int_{p/3}^{2p/3} \left(\frac{2U}{3} \right)^2 d(\omega t) + \int_{2p/3}^p \left(\frac{U}{3} \right)^2 d(\omega t) \right]} = \frac{\sqrt{2}}{3} U$$

-Trị hiệu dụng hài cơ bản áp pha tải $U_{z(1)} = \frac{\sqrt{2}}{p} U$ **b Tải đấu tam giác (giản đồ)**- Trị hiệu dụng áp pha $U_{zAB} = \sqrt{\frac{1}{p} \int_0^{2p/3} U^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{2}{3}} U$ - Trị hiệu dụng hài cơ bản áp pha tải $U_{zAB(1)} = \frac{\sqrt{6}}{p} U$ **5. Phương pháp điều biên Six-Step (khoảng dẫn linh kiện 120°)**

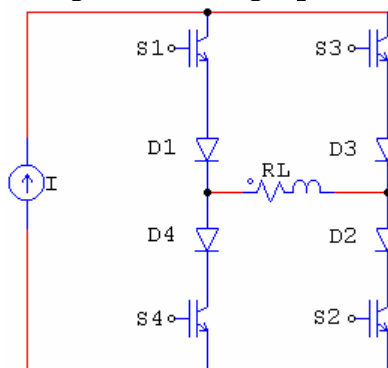
$$v_{an} = \frac{V_s}{2} \quad v_{bn} = -\frac{V_s}{2} \quad v_{cn} = 0$$



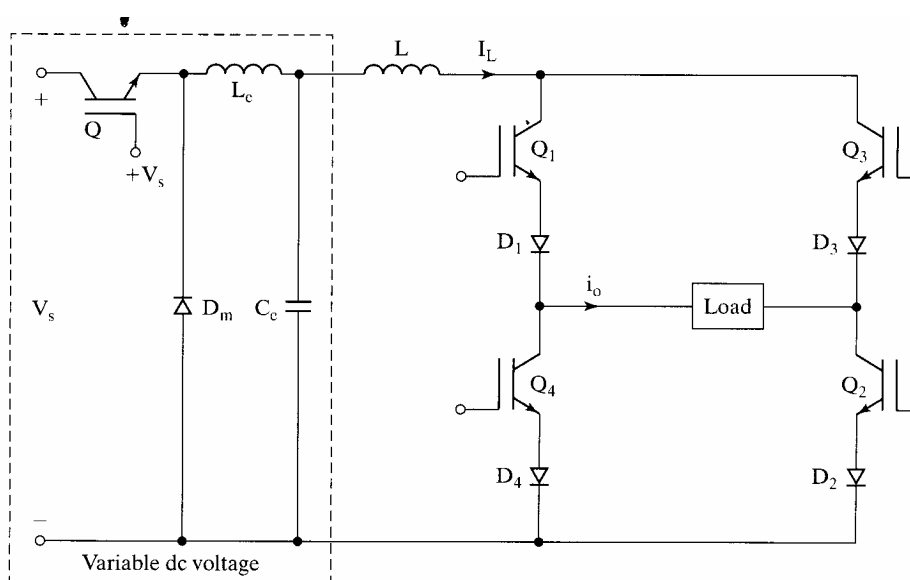
Giải đồ khi khoảng dẫn 120°

BỘ NGHỊCH LƯU DÒNG

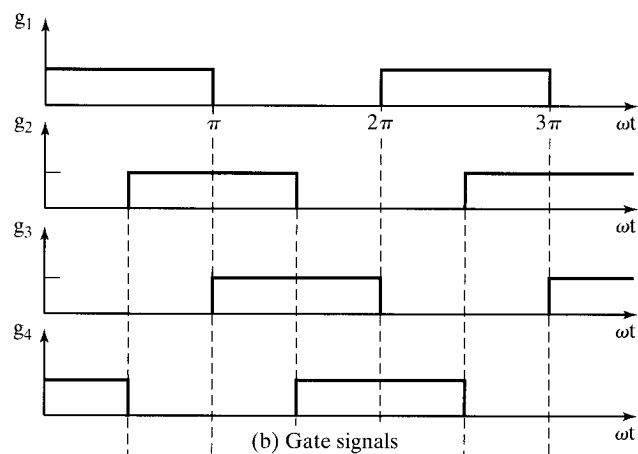
1. Bộ nghịch lưu dòng 1 pha



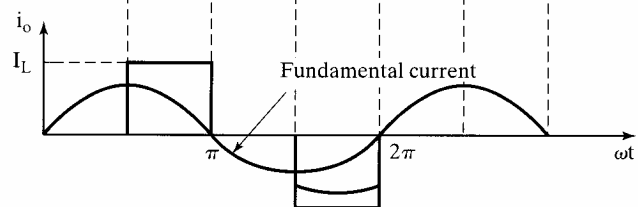
- Nguồn dòng một chiều I
- Linh kiện S1, S2, S3, S4 là Transistor, Mosfet hoặc IGBT. Bốn diode D1, D2, D3, D4 là diode cao áp



(a) Transistor CSI

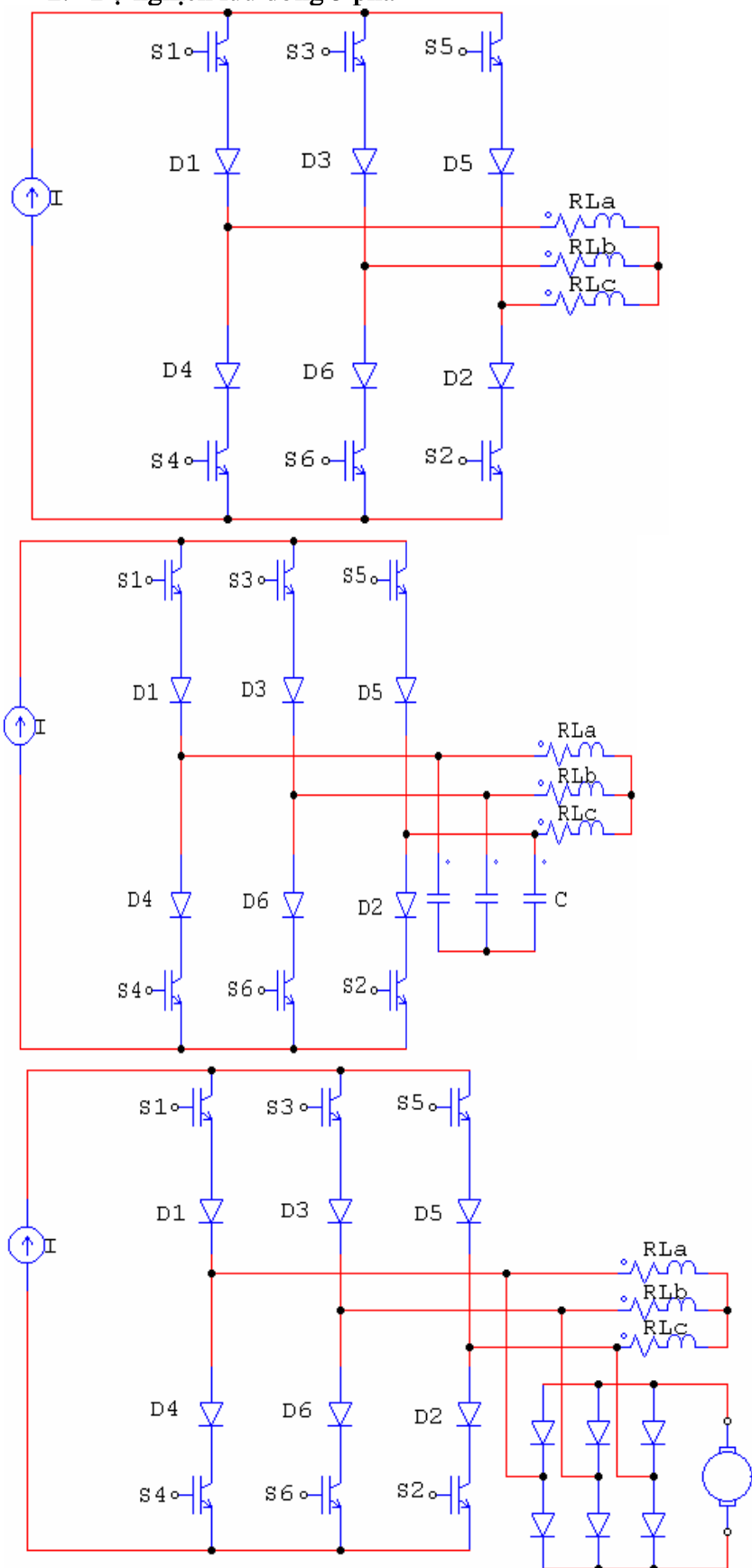


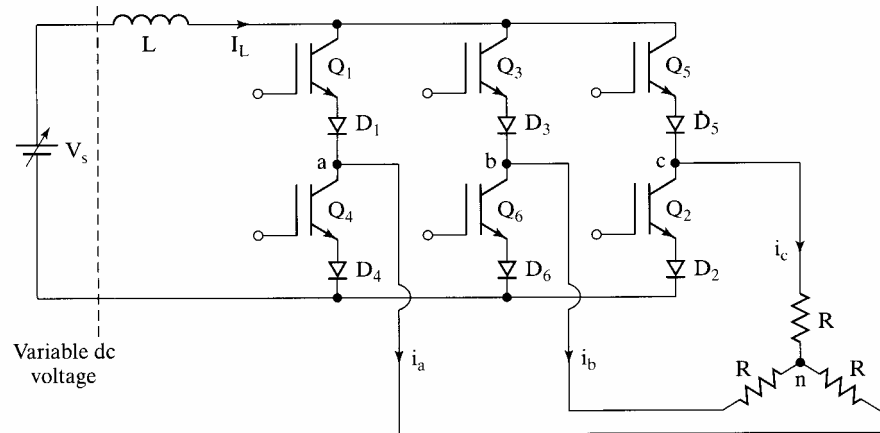
(b) Gate signals



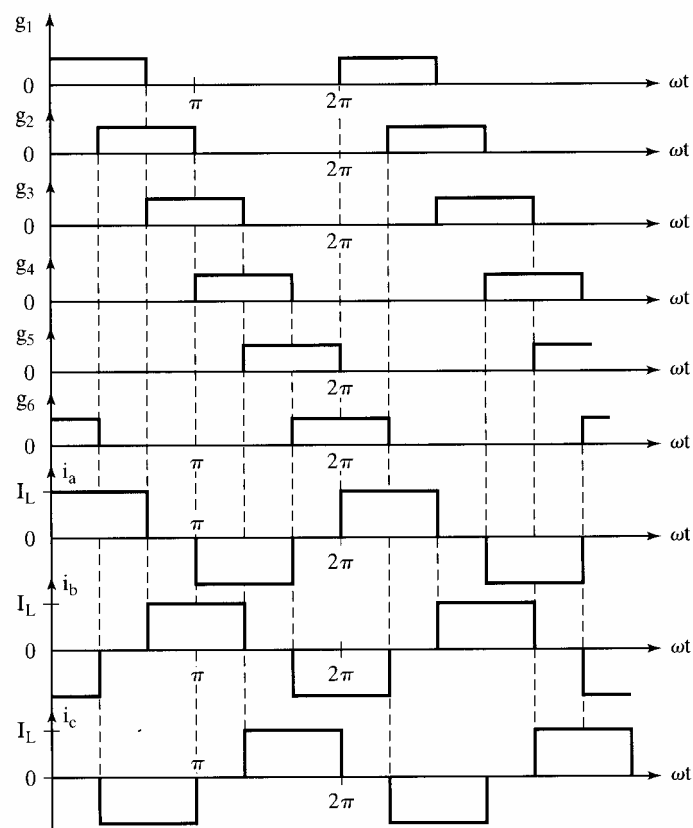
(c) Load current

2. Bộ nghịch lưu dòng 3 pha





(a) Circuit

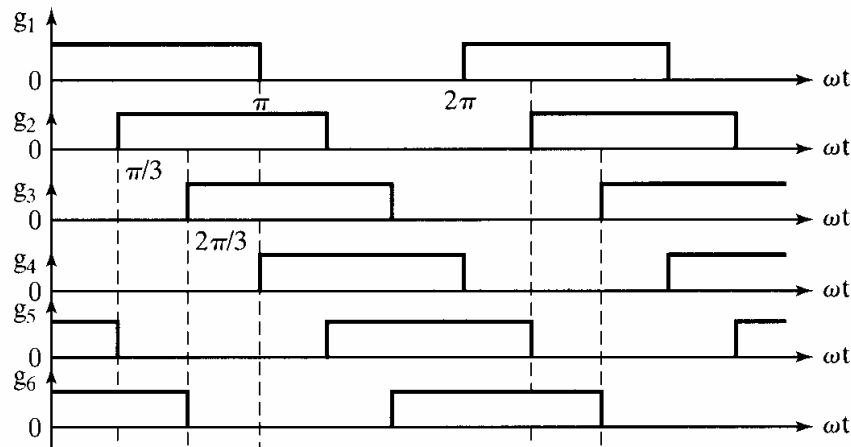


(b) Waveforms

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN BỘ NGHỊCH LƯU

1. Phương pháp điều biên Six-Step.

- Ứng dụng cho cả bộ nghịch lưu áp và dòng



2. Phương pháp điều biên độ rộng xung PWM (Pulse Width Modulation)

- Hạn chế ảnh hưởng của các hài bậc cao do tần số đóng ngắt khoá
- Quy tắc đối nghịch : một khoá kích đóng, một khoá kích ngắt trong cặp khoá cùng pha.

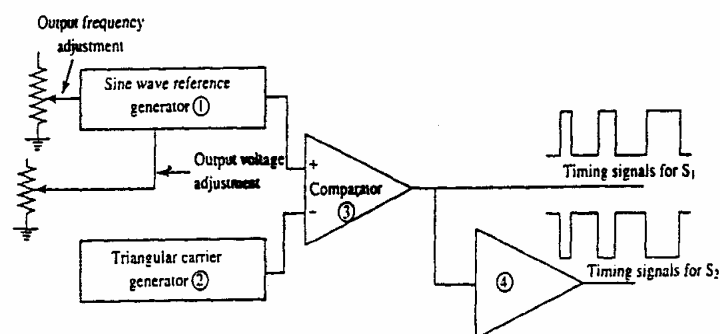
3. Phương pháp điều biên độ rộng xung sin SINPWM (Pulse Width Modulation)

- Là kết quả so sánh hai tín hiệu: sóng sin biên độ U_{rm} có tần số f_r và sóng mang (Carrier) biên độ U_{pm} có tần số cao f_c . Tần số càng cao thành phần hài bậc cao càng giảm ở ngõ ra của bộ nghịch lưu.

- Khi $U_r > U_p$ khoá lẻ đóng
- Khi $U_r < U_p$ khoá chẵn đóng

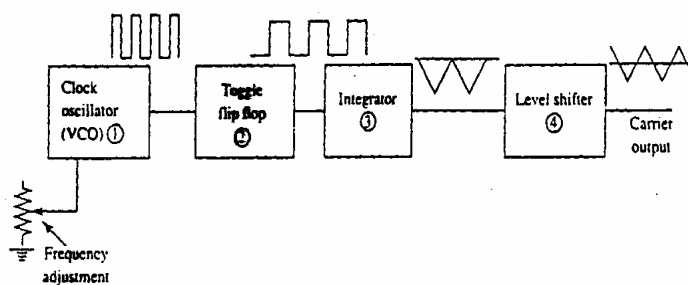
$$\text{Tỷ số điều chế tần số } m_f = \frac{f_c}{f_r}$$

$$\text{Tỷ số điều biên } m_a = \frac{U_{rm}}{U_{pm}}$$



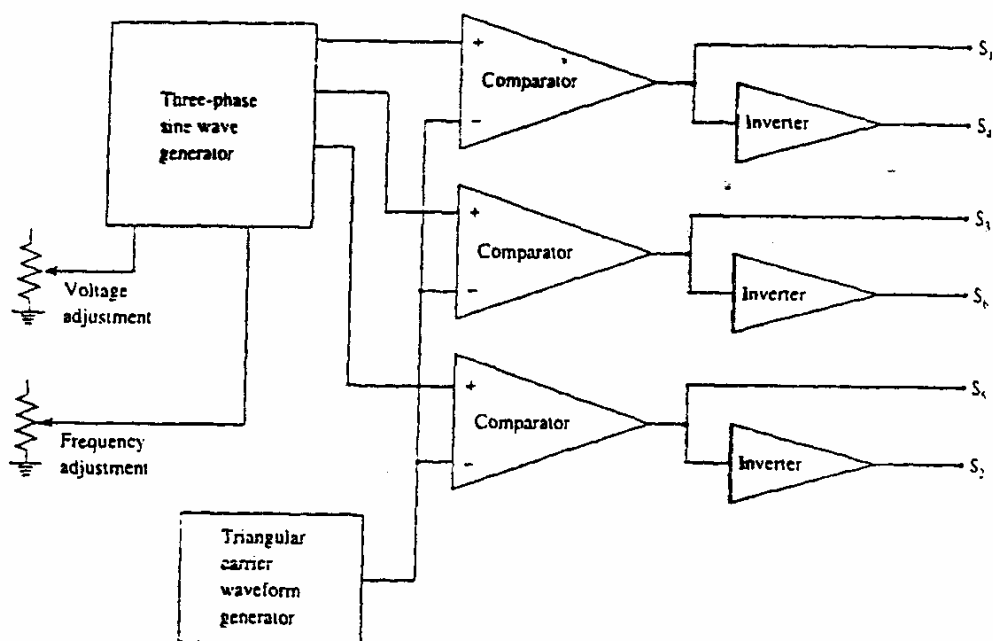
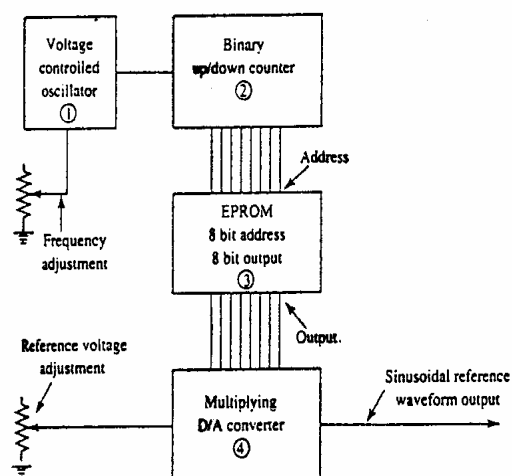
Mạch điều khiển cầu 1 pha

* Mạch tạo xung sóng mang

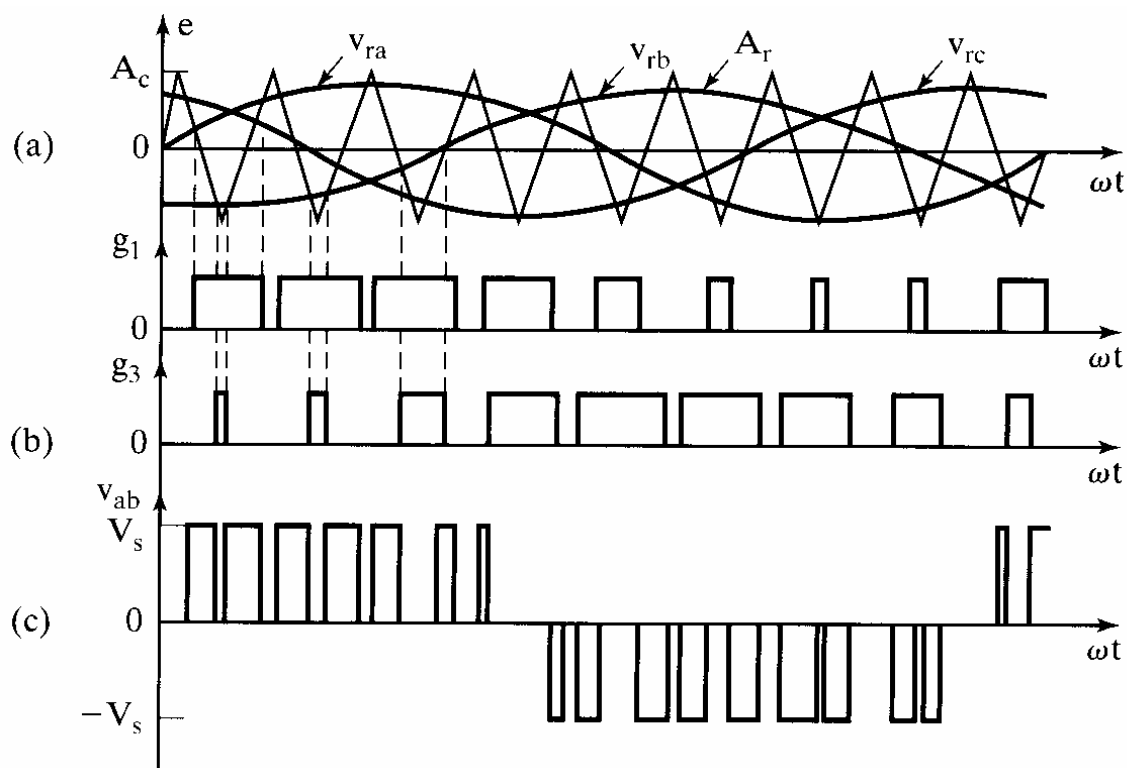


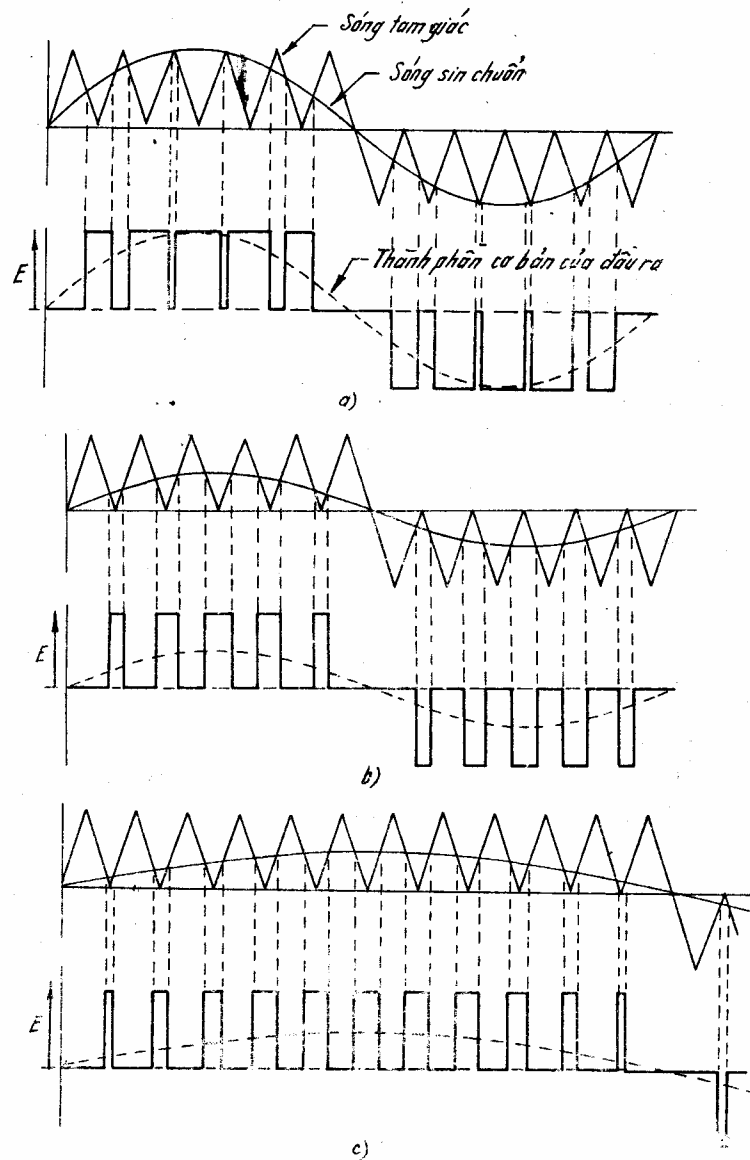
H5.9

* Mạch tạo sóng Sin:

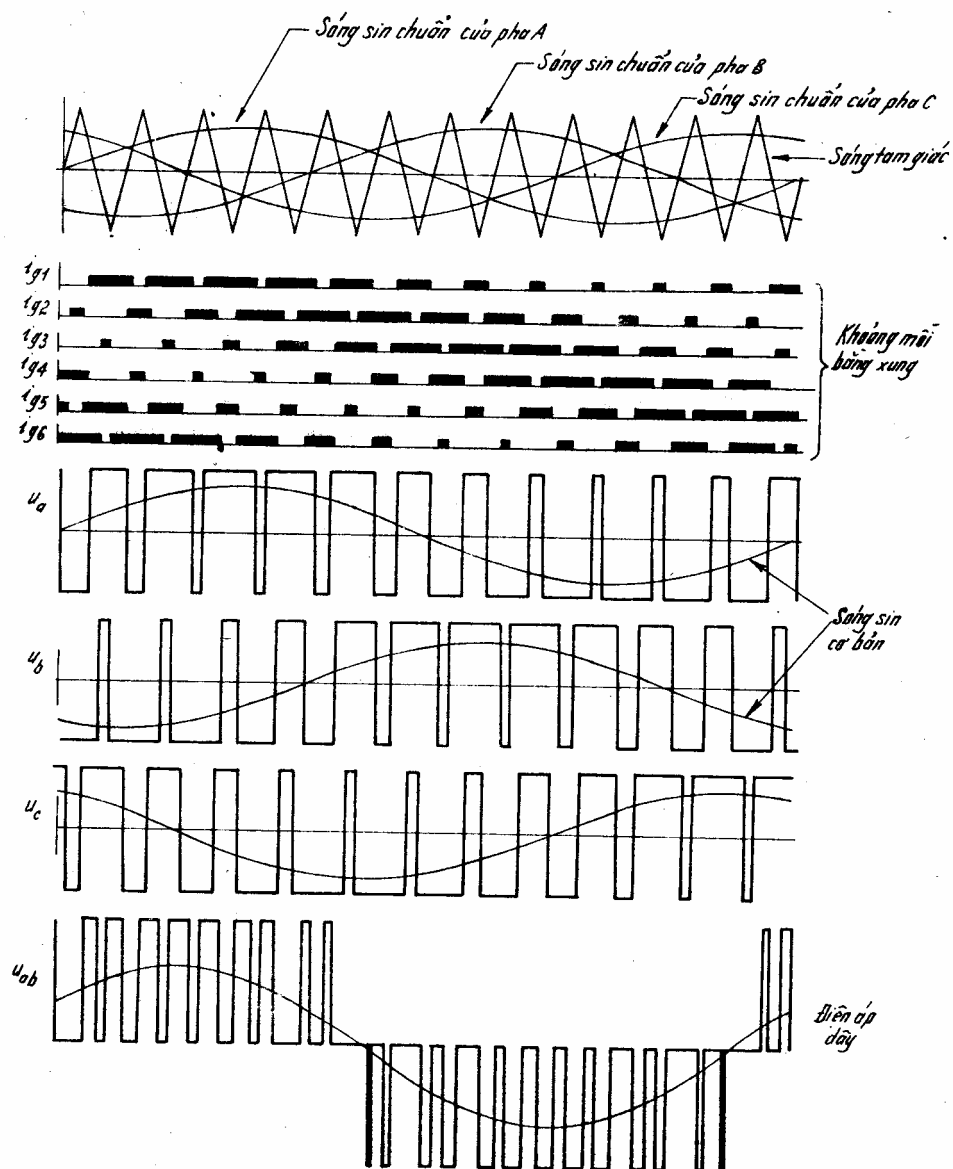


Mạch điều khiển cầu 3 pha





Hình 5-24. Xác định các thời điểm mở đối với sóng điều khiển bằng PWM
 a) Ở điện áp ra cực đại; b) Để có một nửa điện áp ra cực đại;
 c) Ở nửa sóng và nửa chu kỳ.

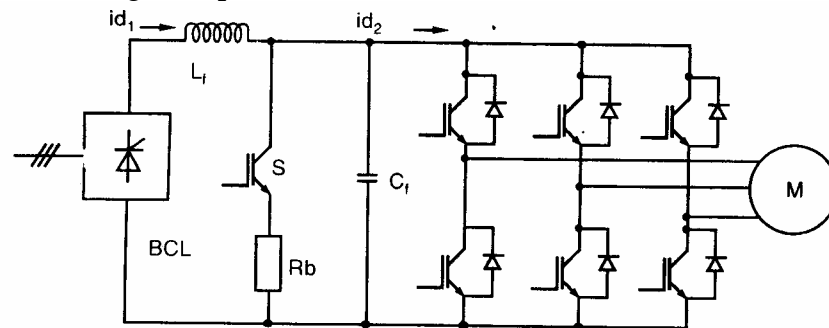


BỘ BIẾN TẦN

1. Chức năng dùng để chuyển đổi điện áp hoặc dòng xoay chiều ở đầu vào từ tần số này thành điện áp hoặc dòng xoay chiều tần số khác ở đầu ra.
2. Ứng dụng
 - Điều khiển vận tốc động cơ xoay chiều theo phương pháp điều khiển tần số
 - Bộ biến pha
 - Là cảm ứng
3. Phân loại
 - a. Theo số pha
 - Một pha
 - Ba pha
 - b. Theo cấu trúc
 - Gián tiếp : gồm bộ chỉnh lưu và bộ nghịch lưu
 - Trực tiếp

BỘ BIẾN TẦN GIÁN TIẾP (Converter)

1. Bộ biến tần nguồn áp



Bộ chỉnh lưu

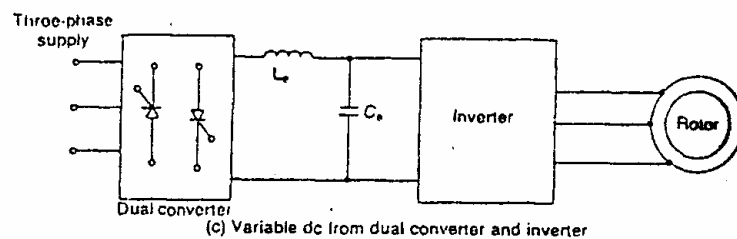
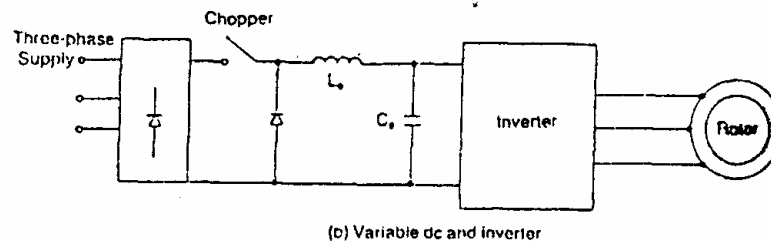
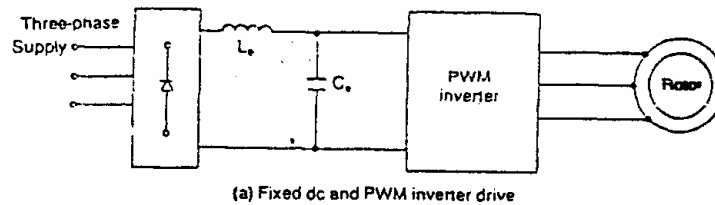
- Mạch tia, cầu
- 1 pha, 3 pha
- Điều khiển hoặc không điều khiển

Bộ nghịch lưu

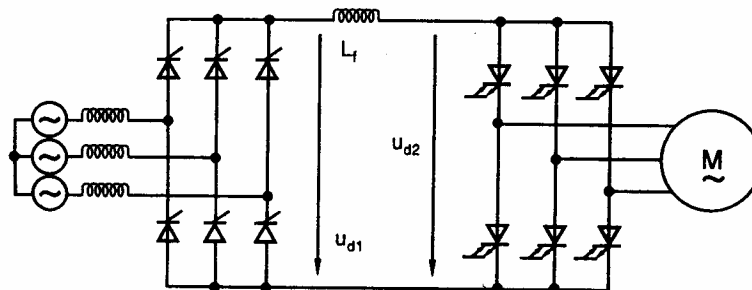
- Dạng 1 pha, 3 pha.
- Quá trình chuyển mạch thường là cưỡng bức.

Mạch trung gian: bao gồm tụ C và cuộn cảm L

- Tụ lọc có điện dung khá lớn , và hoạt động như nguồn áp



2. Bộ biến tần nguồn dòng



Bộ chỉnh lưu

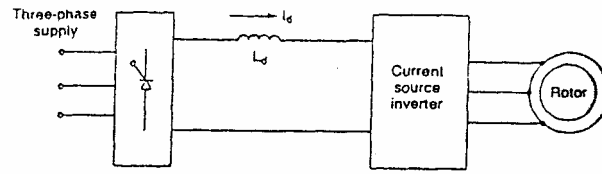
- Một pha, ba pha. Thường sử dụng 3 pha
- Phải điều khiển được

Bộ nghịch lưu

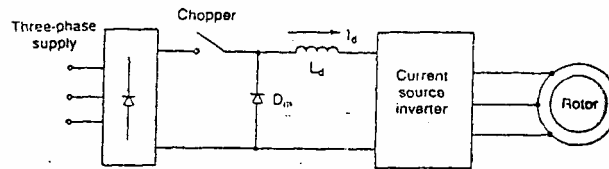
- Một pha hoặc ba pha
- Chuyển mạch cưỡng bức hoặc tự động
- Điều khiển bằng phương pháp điều biên hoặc PWM, SINPWM

Mạch trung gian: bao gồm chỉ cuộn cảm L (vài mH) hoạt động với chức năng nguồn dòng

2. Bộ biến tần nguồn dòng



(a) Controlled rectifier-led current source



(b) Chopper-led current source

H5.17

BỘ BIẾN TẦN TRỰC TIẾP
(Cycloconverter)

Phân loại theo quá trình chuyển mạch

- Chuyển mạch cưỡng bức: linh kiện là GTO, Transistor

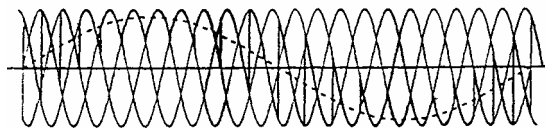
Ưu điểm – điện áp ra đạt tần số cao

Nhược điểm – đòi hỏi bộ chuyển mạch

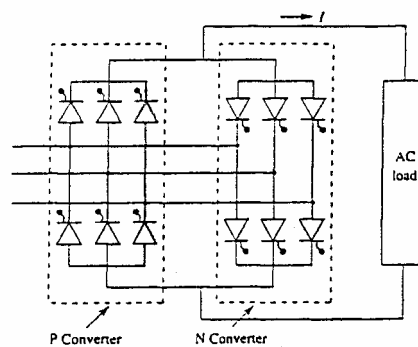
- Chuyển mạch phụ thuộc: linh kiện là Thyristor

Ưu điểm không cần bộ chuyển mạch

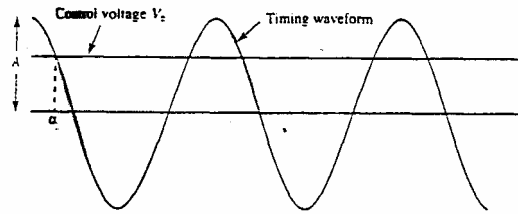
Nhược điểm tần số thấp



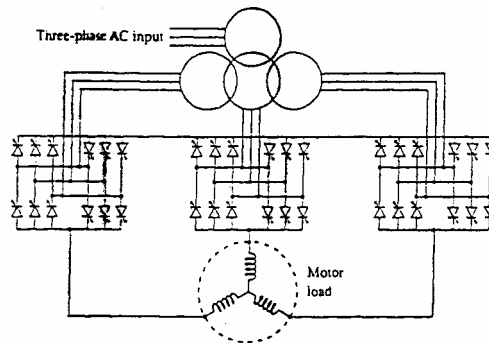
H5.19. Điện áp ngõ ra trên tải



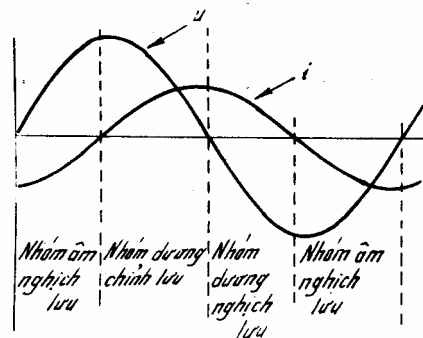
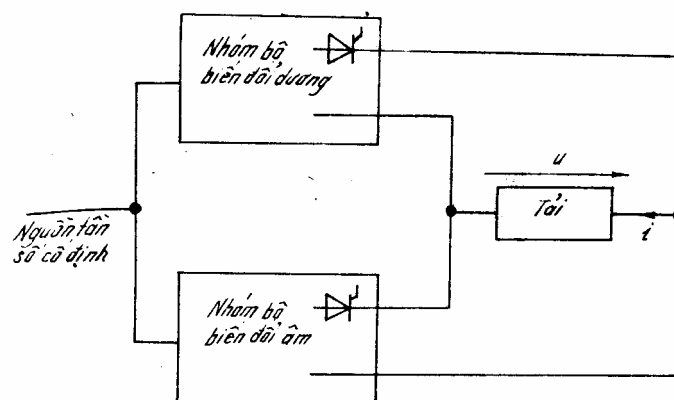
H5.18



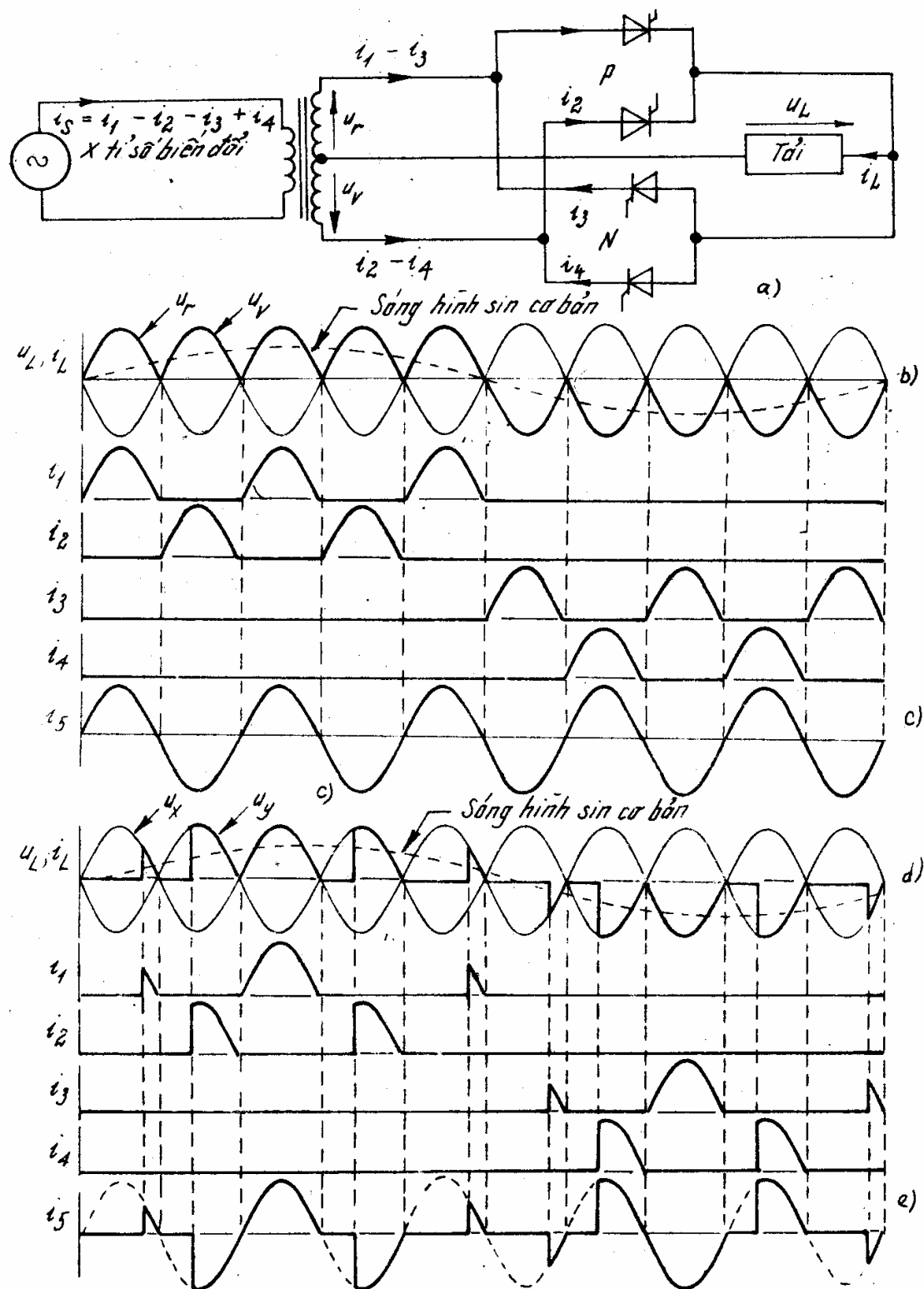
H5.20. Giảm đồ áp điều khiển



H5.21

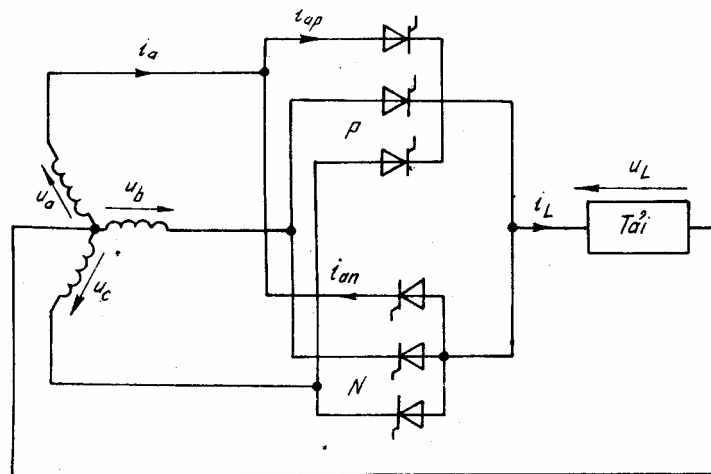


Hình 5-1. Bộ biến tần trực tiếp tổng quát a) Sơ đồ chức năng, b) Các dạng sóng lý tưởng của tải.

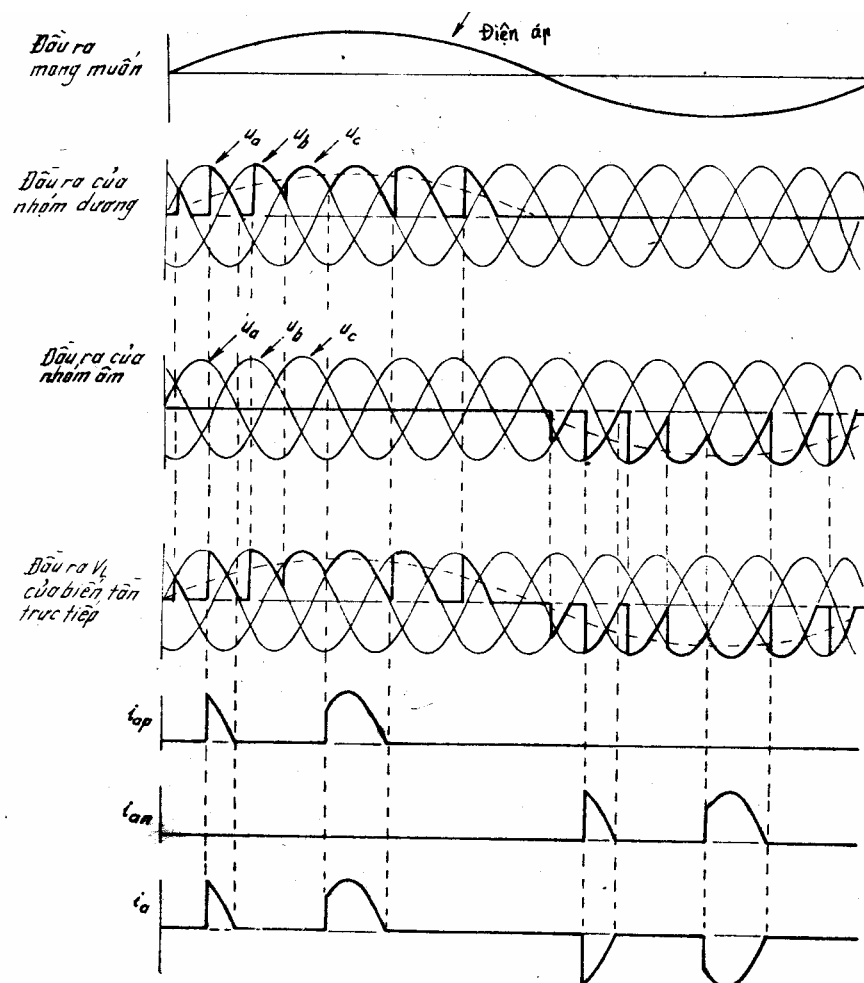


Hình 5-2. Các bộ biến đổi hai pha có tải thuần trở.

a) Mạch điện; b) Điện áp tải khi mỗi tiristo dẫn hoàn toàn; c) Các dạng sóng dòng điện đi với; d) Điện áp tải khi điều chỉnh pha các tiristo; e) Các dạng sóng dòng điện đi với d).

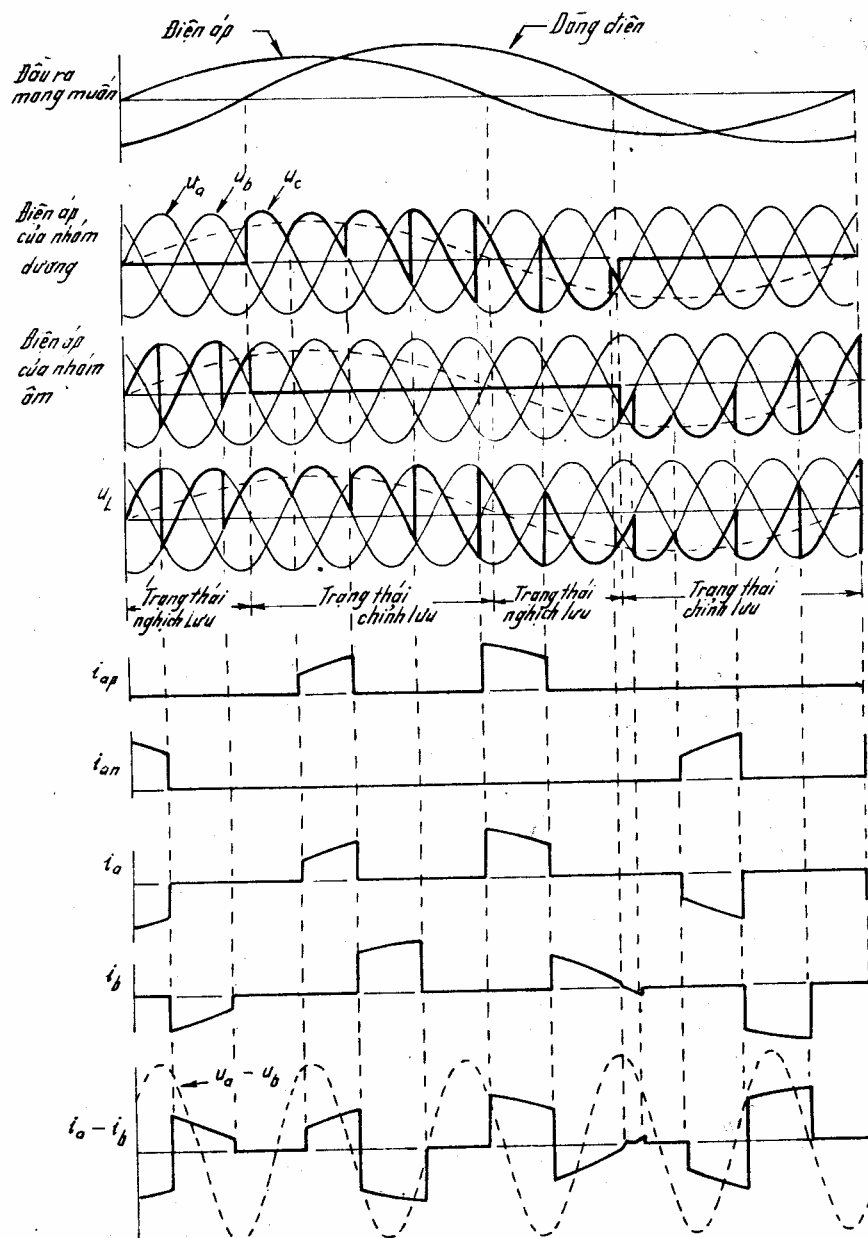


Hình 5-3. Biến tần trực tiếp có chỉ số dập mạch bậc ba cấp điện cho tải một pha.

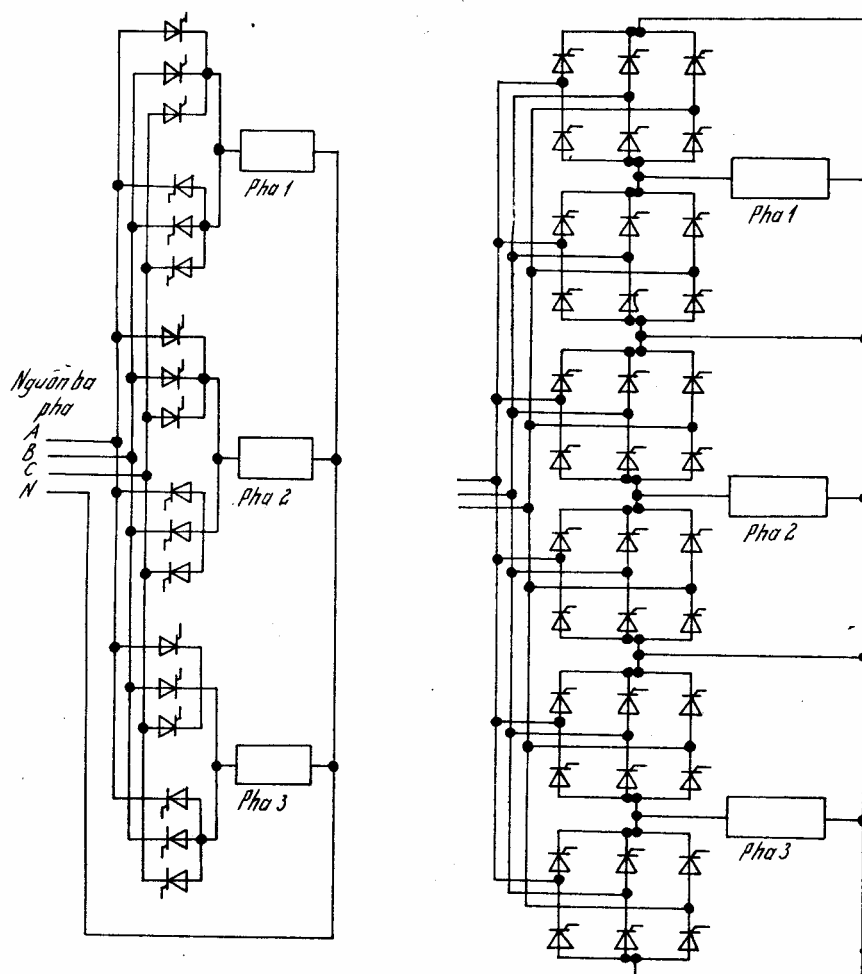


Hình 5-4. Các dạng sóng với điện áp cực đại trên điện trở thuần.

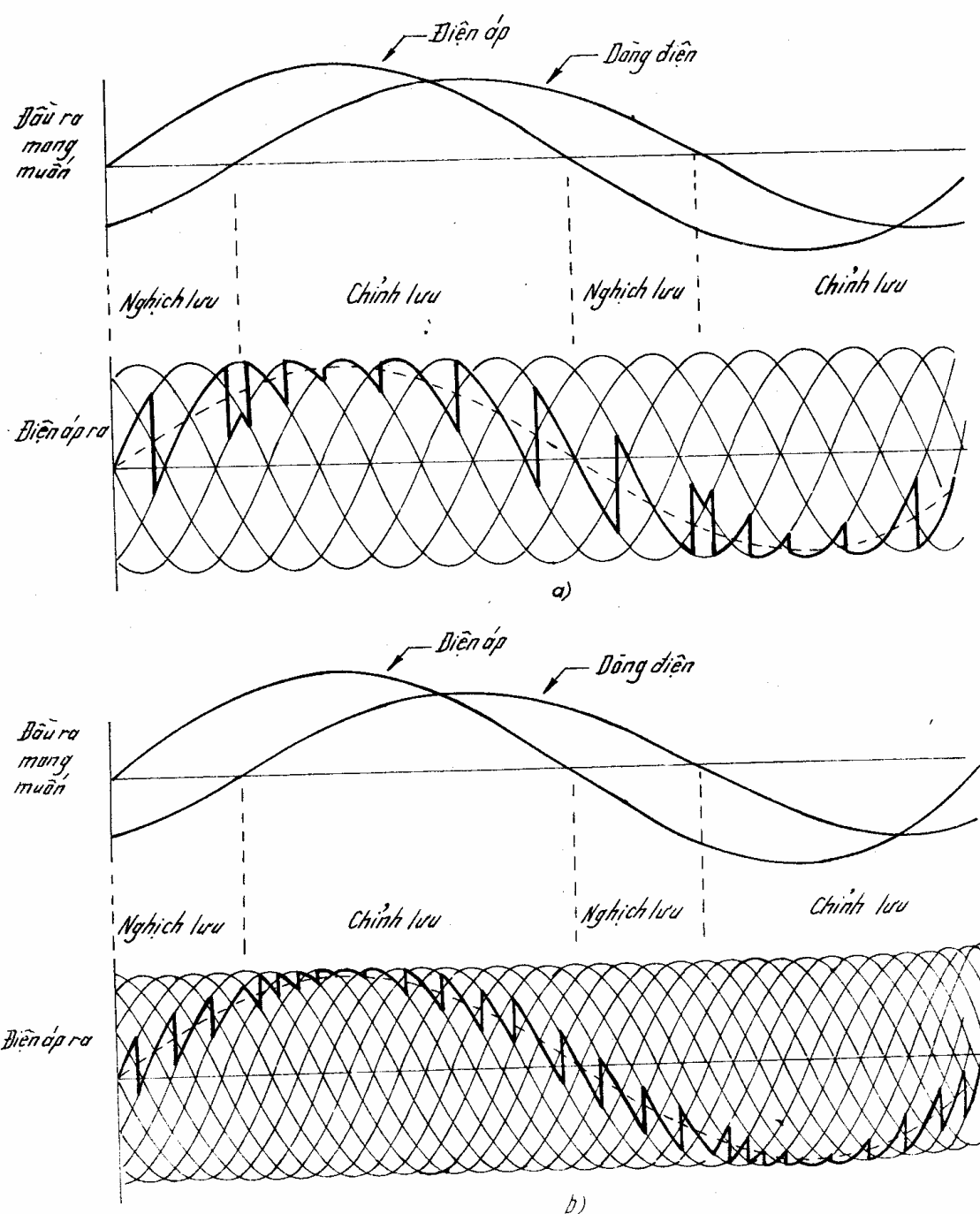
Hình 5-5. Hình ảnh minh họa...



Hình 5-5. Các dạng sóng với điện áp cực đại trên tải điện cảm.



Hình 5-7. Bộ biến đổi tần số trực tiếp có đầu ra ba pha.
a) Có chỉ số đập mạch bậc ba ; b) Sơ đồ cầu có chỉ số đập mạch bậc sáu.



Hình 5-8. Các dạng sóng điện áp ra của bộ biến tần trực tiếp có tải điện cảm.
a) Sơ đồ có chỉ số đập mạch bậc sáu; b) Sơ đồ có chỉ số đập mạch bậc mười hai.