

ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Tài liệu tham khảo

- Điện tử công suất – Lê Văn Doanh
- Giáo trình điện tử công suất – Nguyễn Văn Nhờ
- Điện tử công suất – Nguyễn Bính

dqvinh@dng.vnn.vn

0903 586 586

CHƯƠNG 1

MỞ ĐẦU – CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

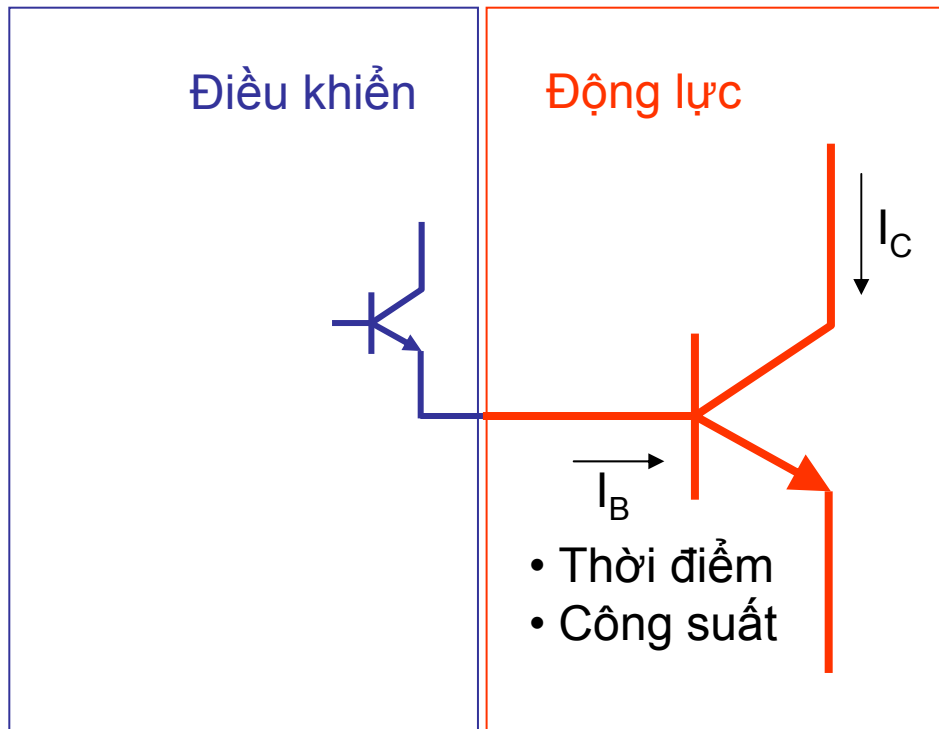
1.1 Khái niệm chung

Điện tử Công suất lớn

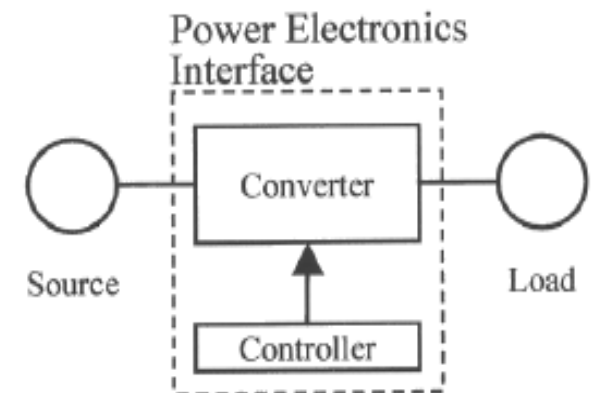
Các linh kiện điện tử công suất được sử dụng
trong các mạch động lực – công suất lớn

Sự khác nhau giữa các linh kiện điện tử ứng dụng (điện tử điều khiển) và điện tử công suất

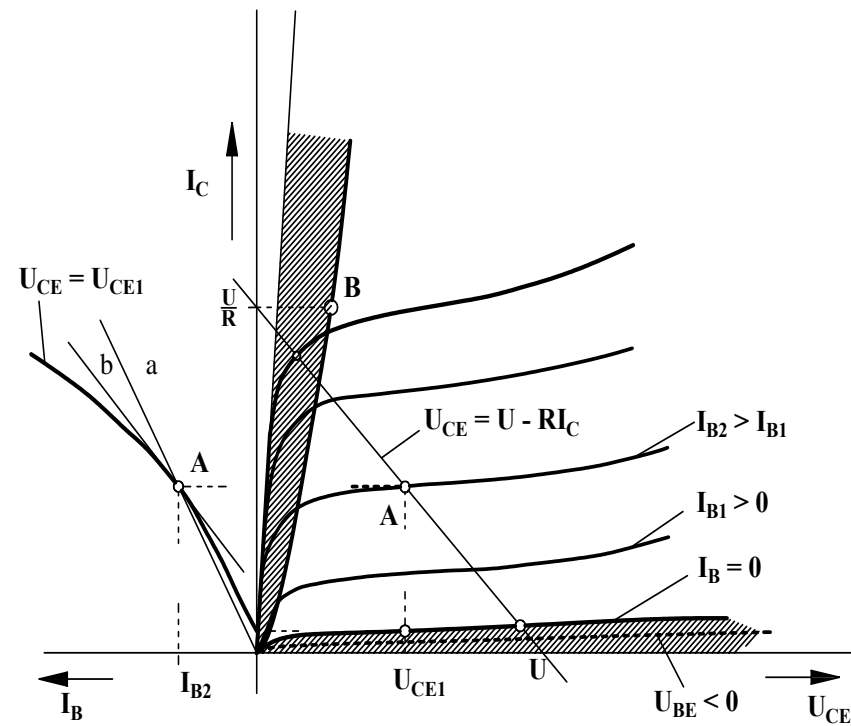
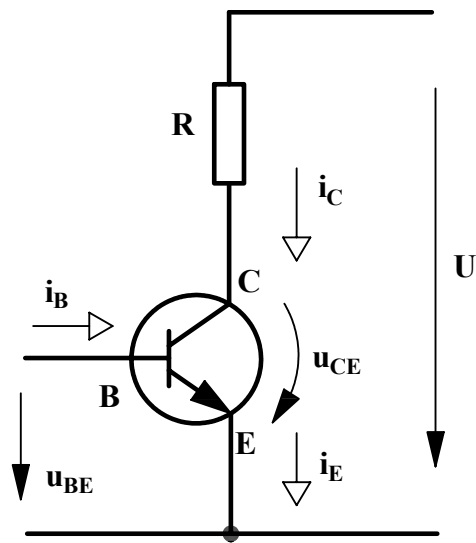
- Công suất: nhỏ – lớn
- Chức năng: điều khiển – đóng cắt dòng điện công suất lớn



Các linh kiện điện tử công suất chỉ làm chức năng đóng cắt dòng điện – các van

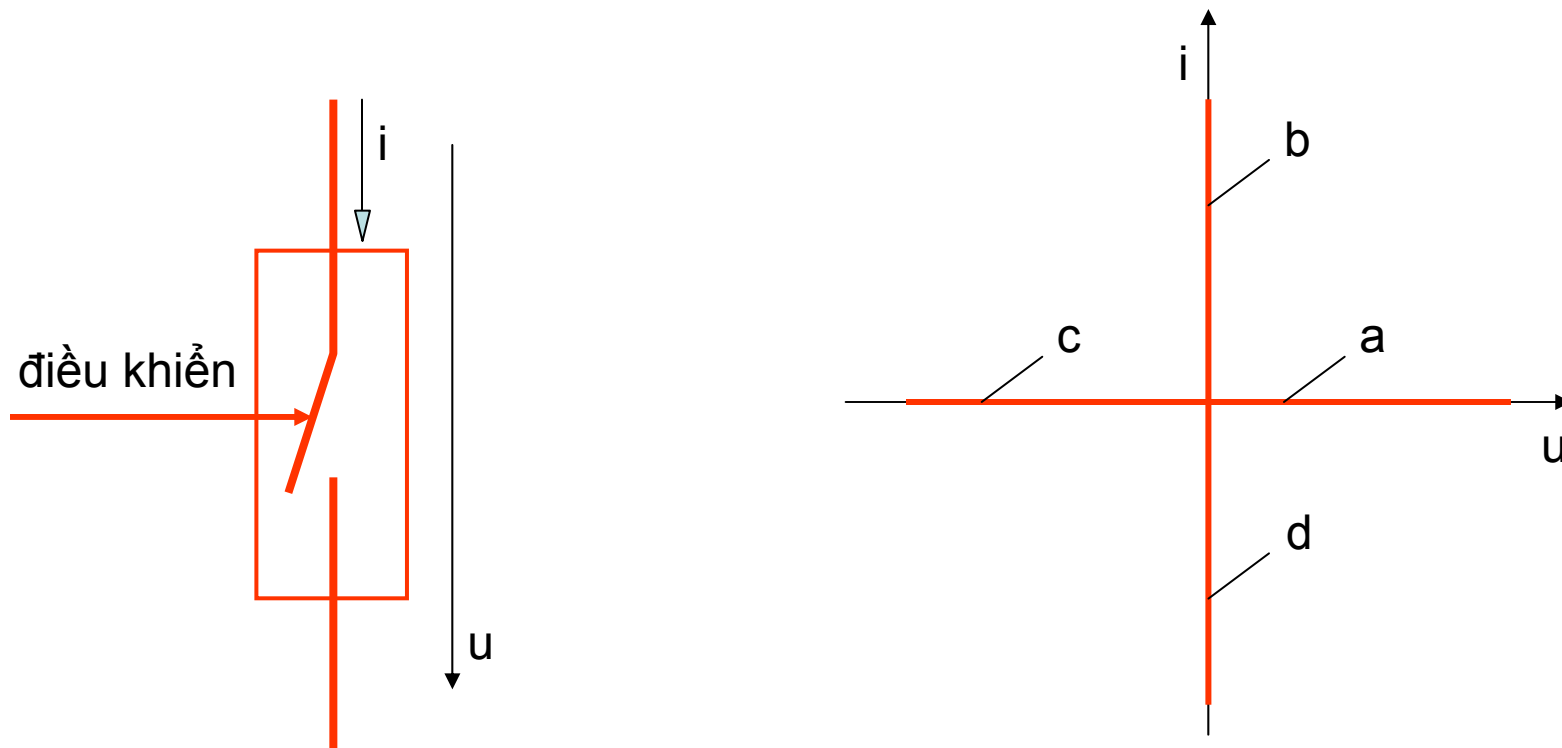


Transistor điều khiển: Khuếch đại



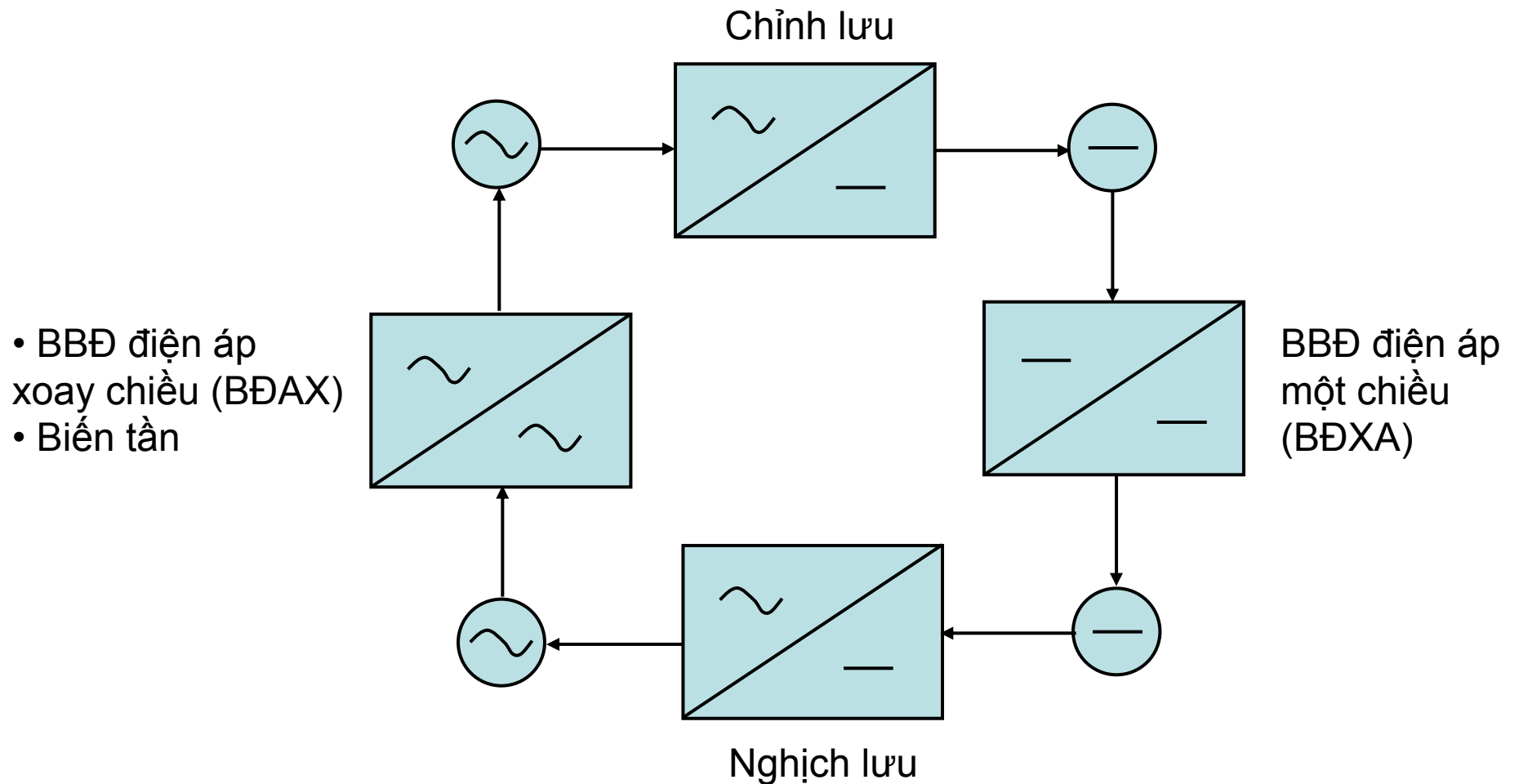
Transistor công suất: đóng cắt dòng điện

Đặc tính Volt – Ampe của van công suất lý tưởng



Đối tượng nghiên cứu của điện tử công suất

- Các bộ biến đổi công suất
- Các bộ khóa điện tử công suất lớn



1. 2. Các linh kiện điện tử công suất

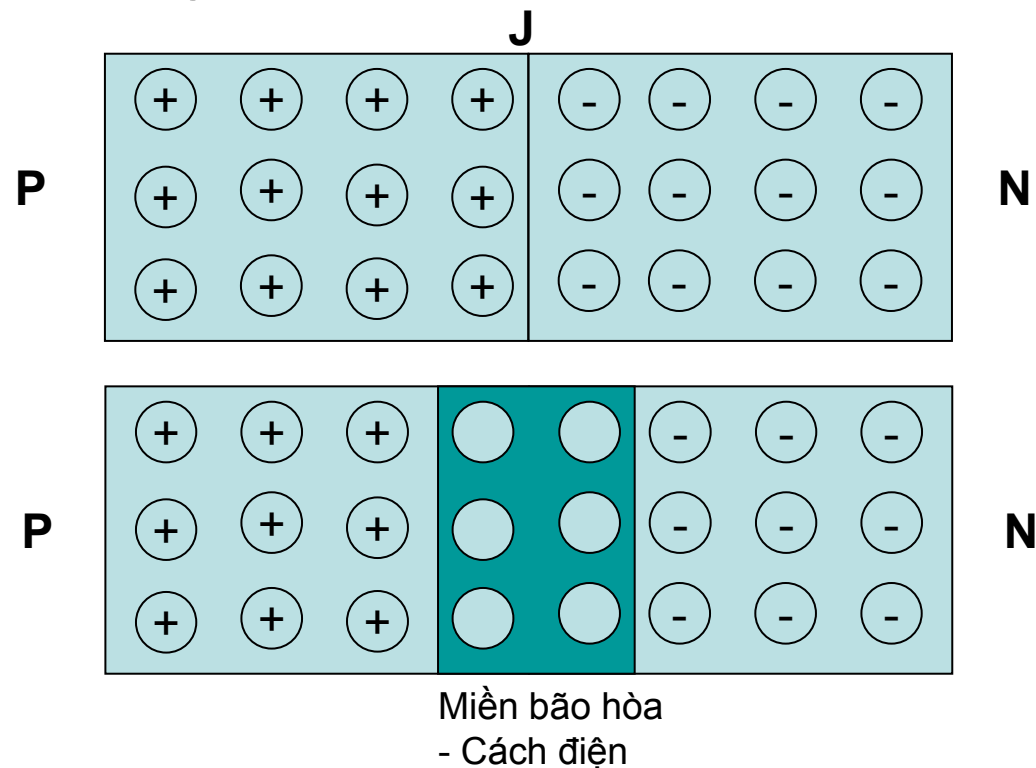
1.2.1 Chất bán dẫn - Lớp tiếp giáp P - N

Chất bán dẫn:

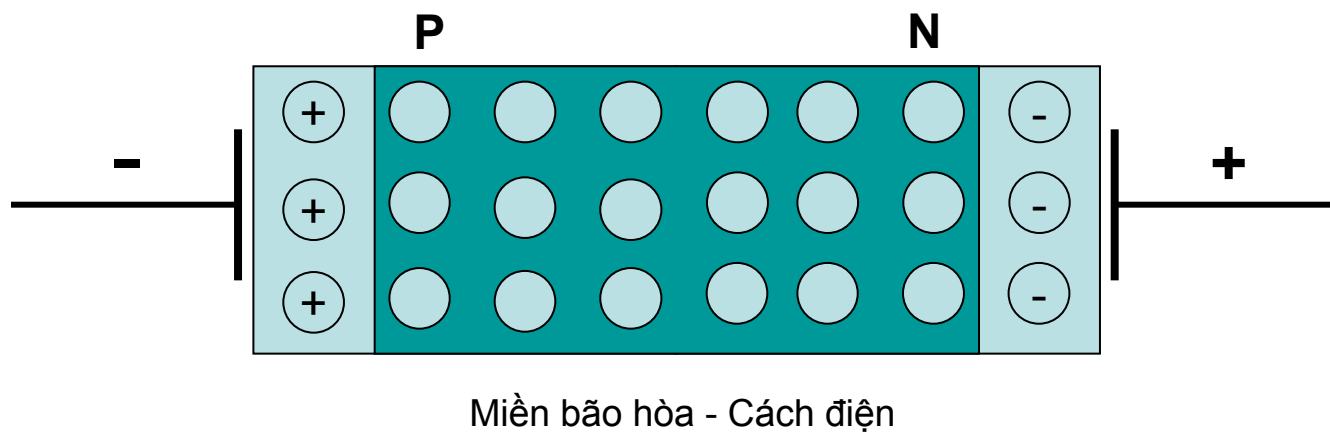
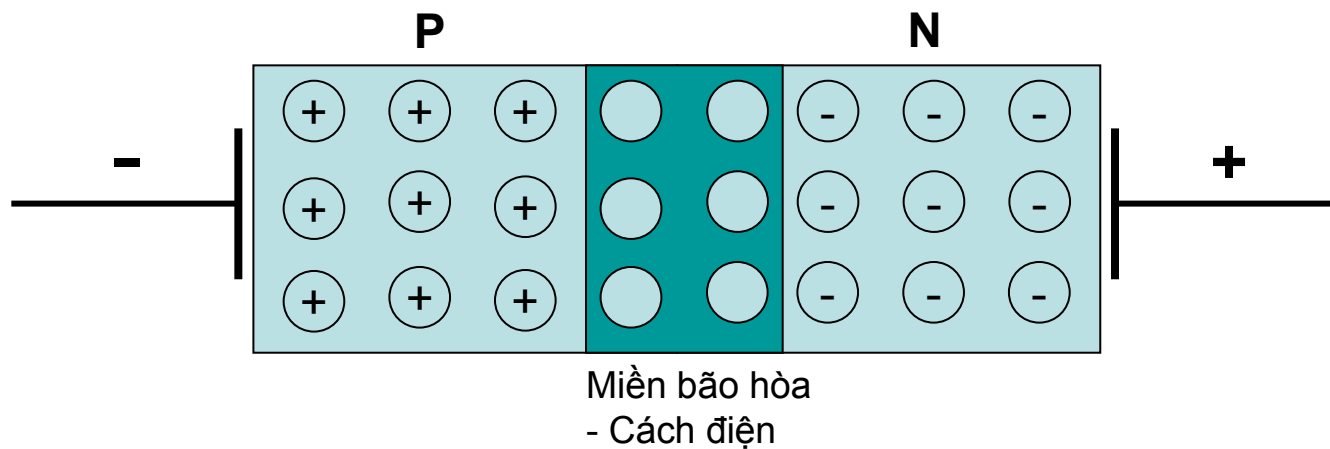
Ở nhiệt độ bình thường có độ dẫn điện nằm giữa chất dẫn điện và chất cách điện

Loại P: phần tử mang điện là lỗ trống – mang điện tích dương

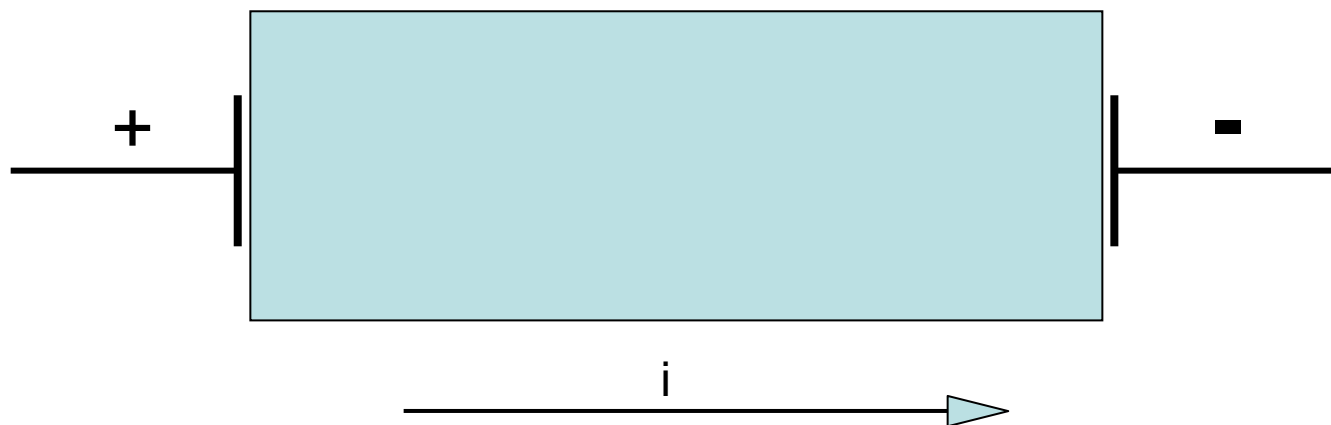
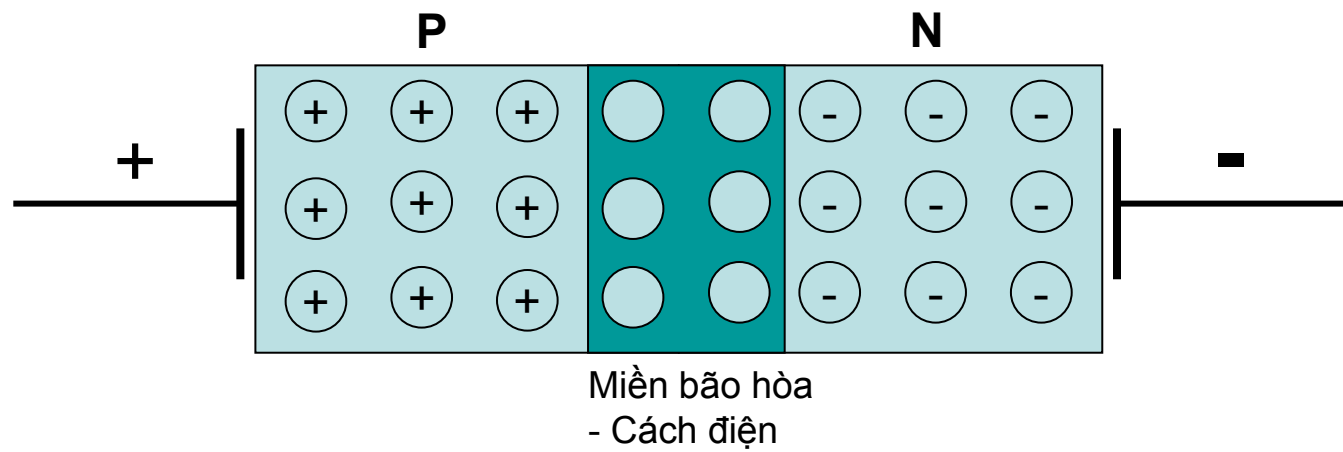
Loại N: phần tử mang điện là các electron – mang điện tích âm



Phân cực ngược

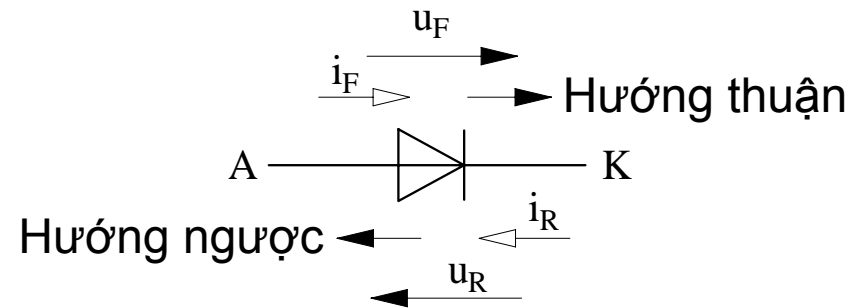
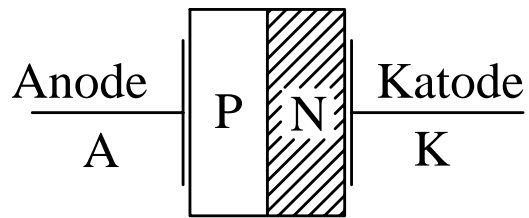


Phân cực thuận



1.2.2 Diode

Cấu tạo, hoạt động



R: reverse – ngược

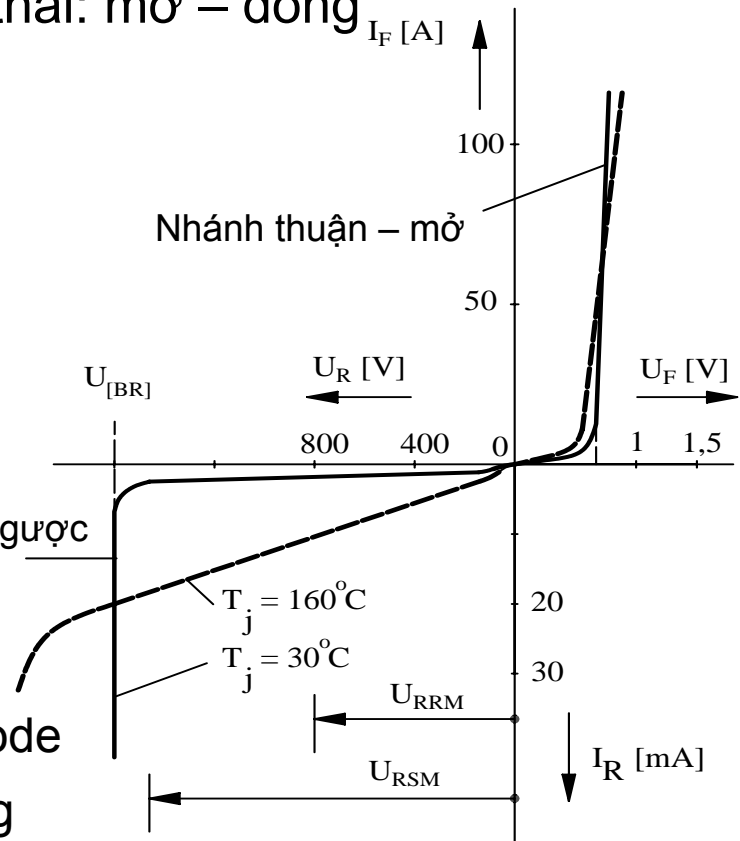
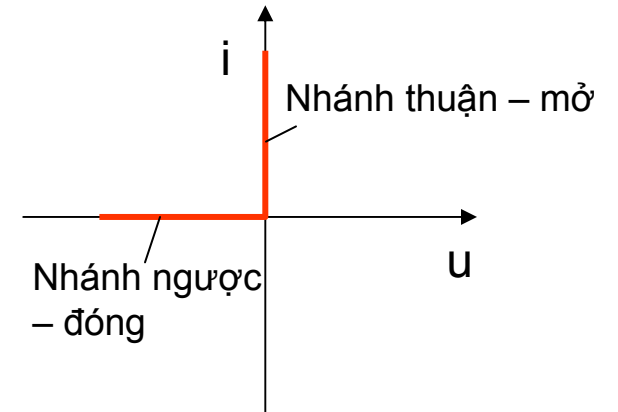
F: forward – thuận

Đặc tính V – A

Diode lý tưởng

Hai trạng thái: mở – đóng

Diode thực tế



$$r_R = \frac{dU_R}{dI_R}$$

điện trở ngược trong diode

U_{BR} : điện áp đánh thủng

U_{TO} : điện áp rơi trên diode

$$r_F = \frac{dU_F}{dI_F}$$

điện trở thuận trong diode

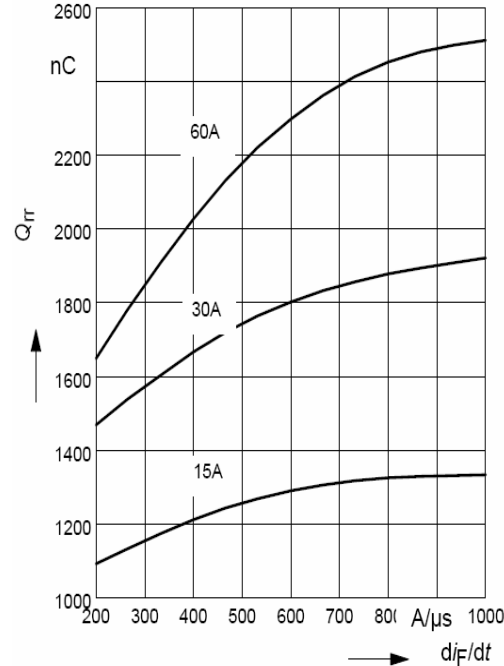
Đặc tính động của diode

- U_K : Điện áp chuyển mạch
- t_{rr} : Thời gian phục hồi khả năng đóng
- i_{rr} : Dòng điện chuyển mạch – phục hồi

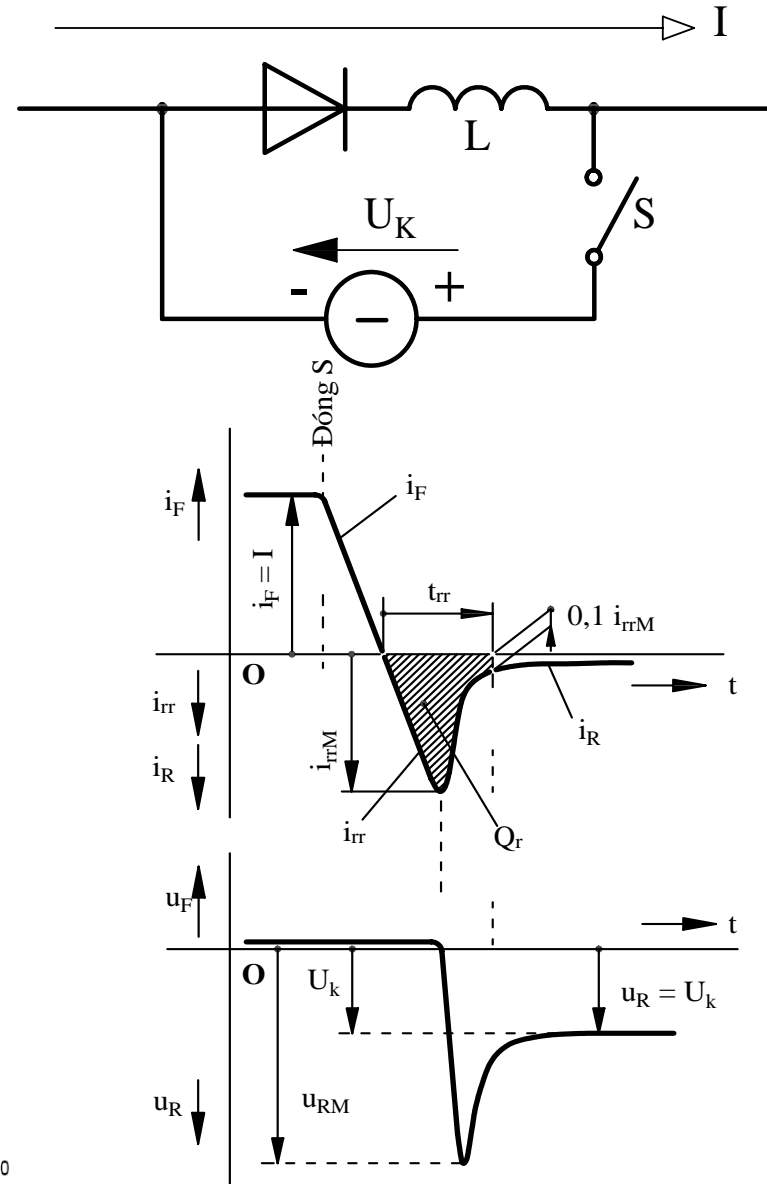
$$Q_r = \int_0^{t_{rr}} i_{rr} dt \quad : \text{điện tích chuyển mạch}$$

$$Q_{rr} = f(di_F/dt)$$

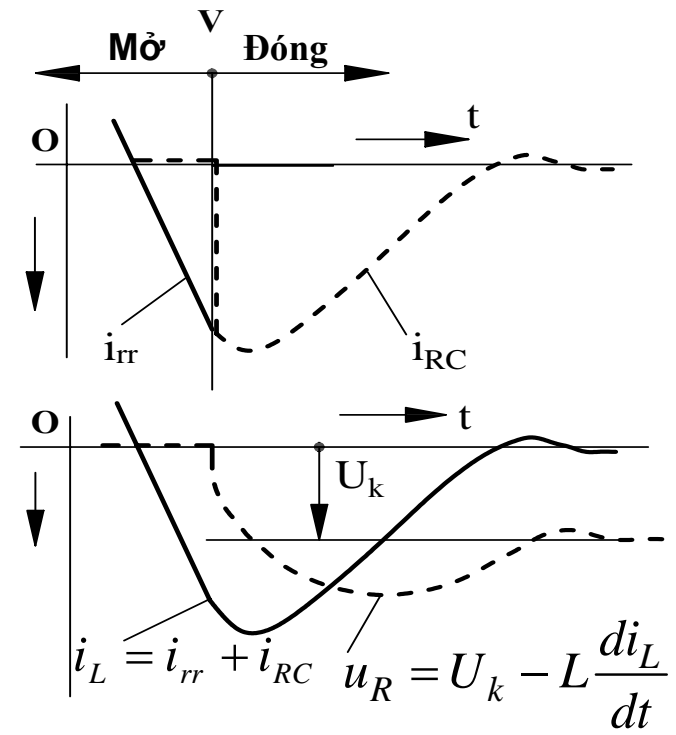
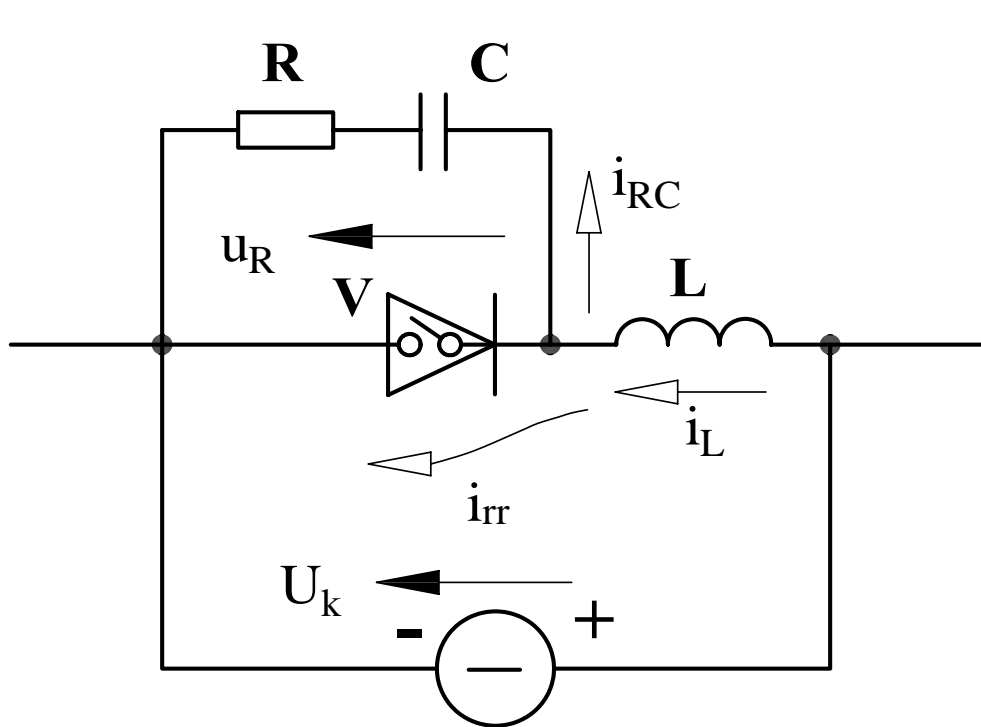
parameter: $V_R = 400V, T_j = 125^\circ C$



Quá áp trong



Bảo vệ chống quá áp trong



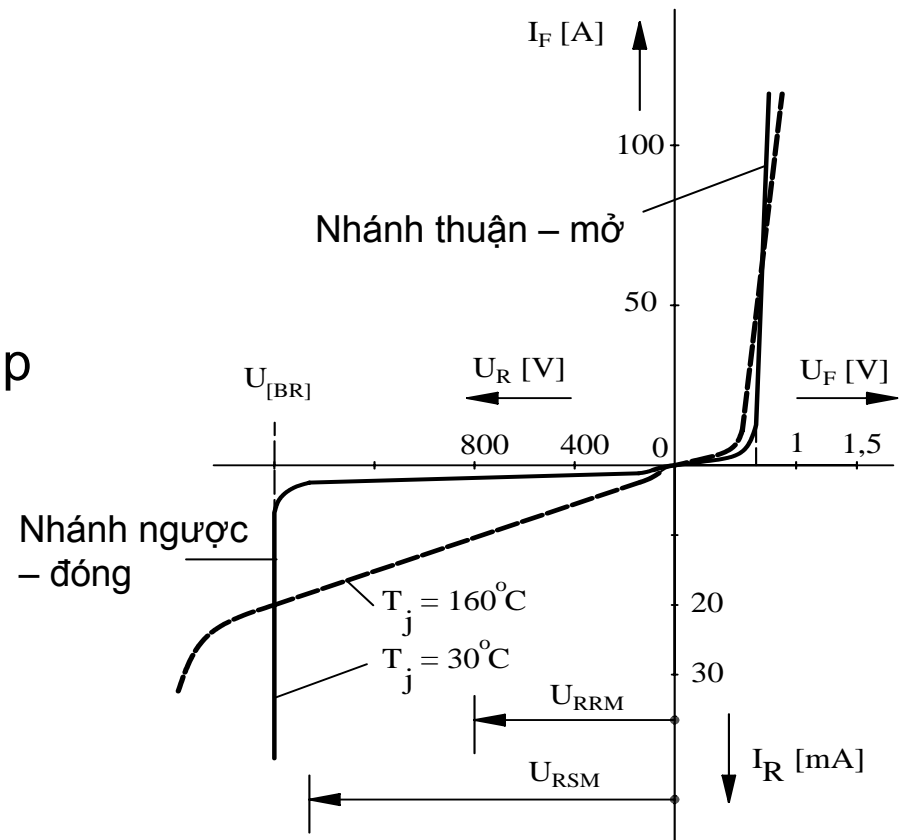
Các thông số chính của diode

Điện áp:

- Giá trị điện áp đánh thủng U_{BR}
- Giá trị cực đại điện áp ngược lặp lại:
 U_{RRM}
- Giá trị cực đại điện áp ngược không lặp lại: U_{RSM}

Dòng điện - nhiệt độ làm việc

- Giá trị trung bình cực đại dòng điện thuận: $I_{F(AV)M}$
- Giá trị cực đại dòng điện thuận không lặp lại: I_{FSM}

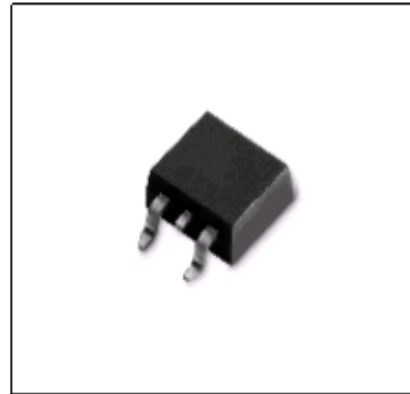


Diode thực tế: IDB30E60 – Infineon Technologies

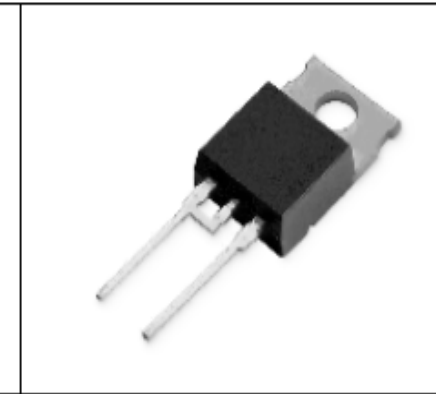
Product Summary

V_{RRM}	600	V
I_F	30	A
V_F	1.5	V
T_{jmax}	175	°C

P-TO220-3.SMD



P-TO220-2-2.

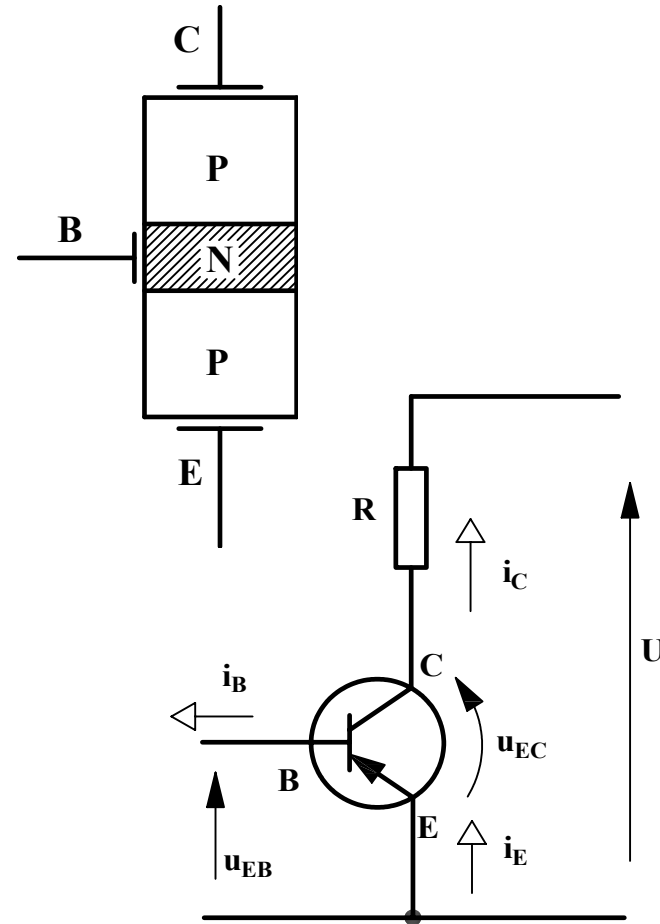
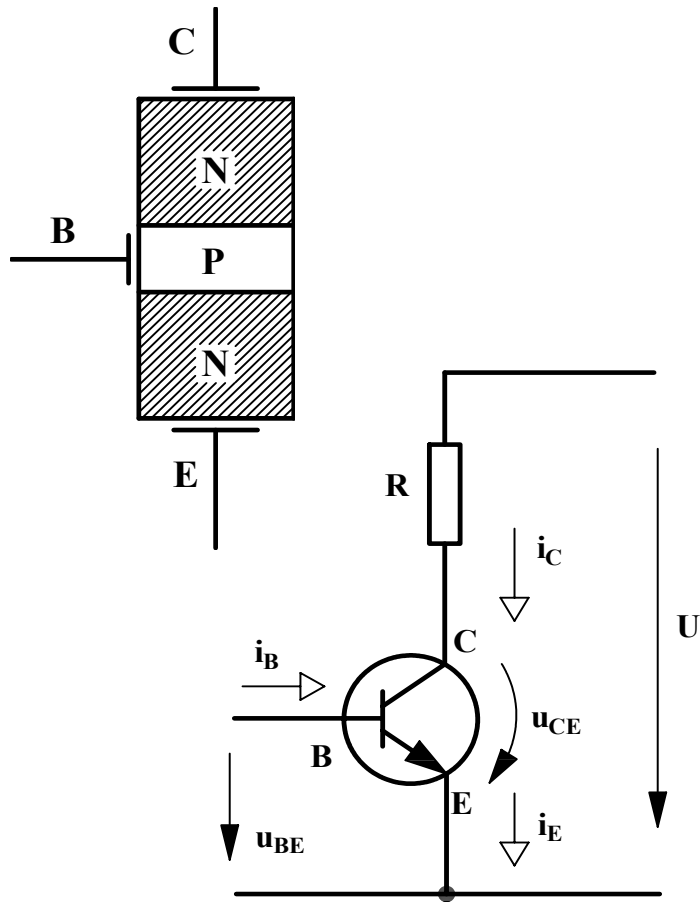


Type	Package	Ordering Code	Marking	Pin 1	PIN 2	PIN 3
IDP30E60	P-TO220-2-2.	Q67040-S4488	D30E60	C	A	-
IDB30E60	P-TO220-3.SMD	Q67040-S4376	D30E60	NC	C	A

1.2.3 Transistor lưỡng cực (BT)

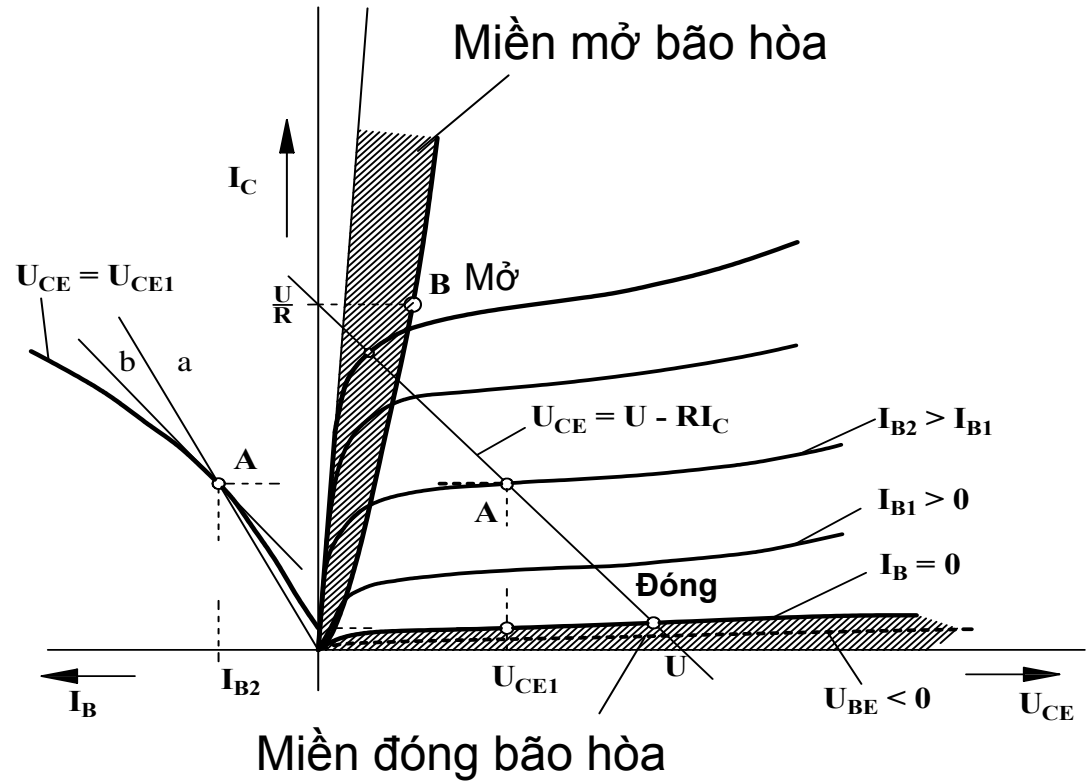
(Bipolar Transistor)

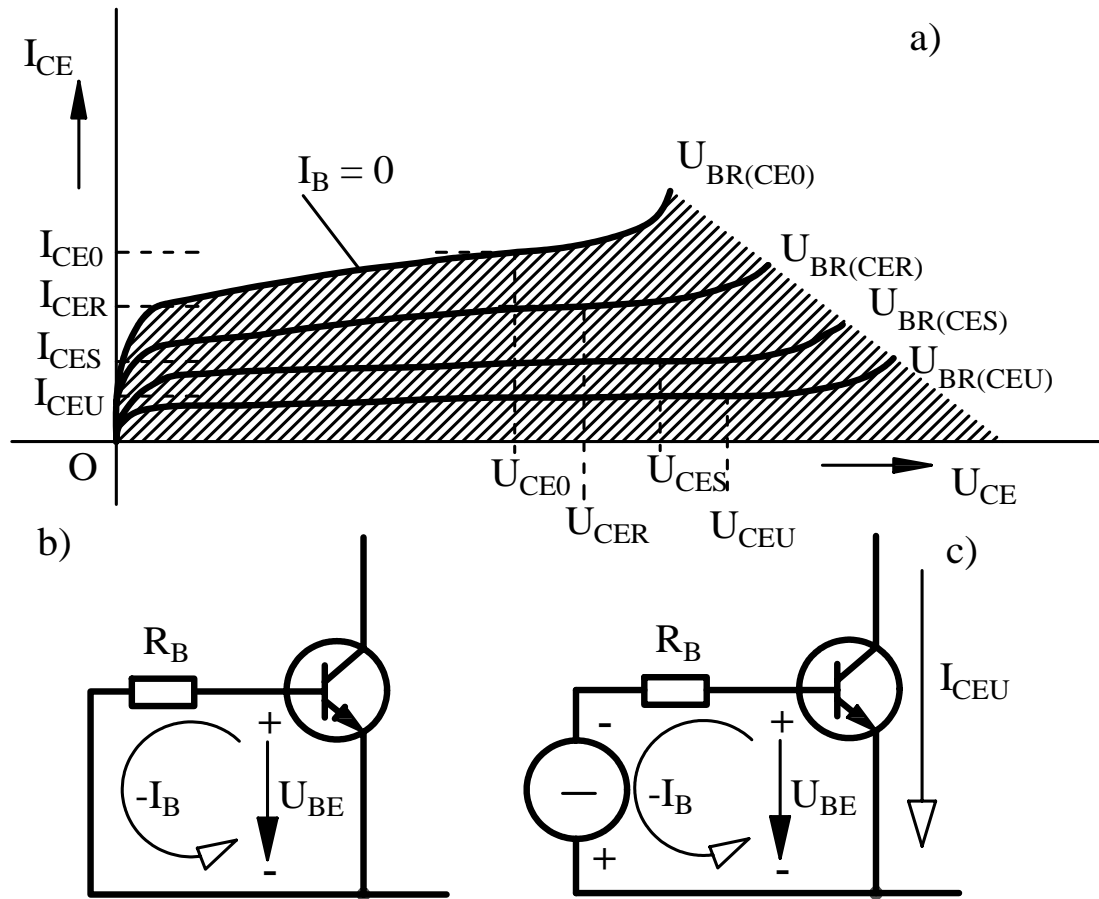
Cấu tạo, hoạt động



Đặc tính Volt – Ampe

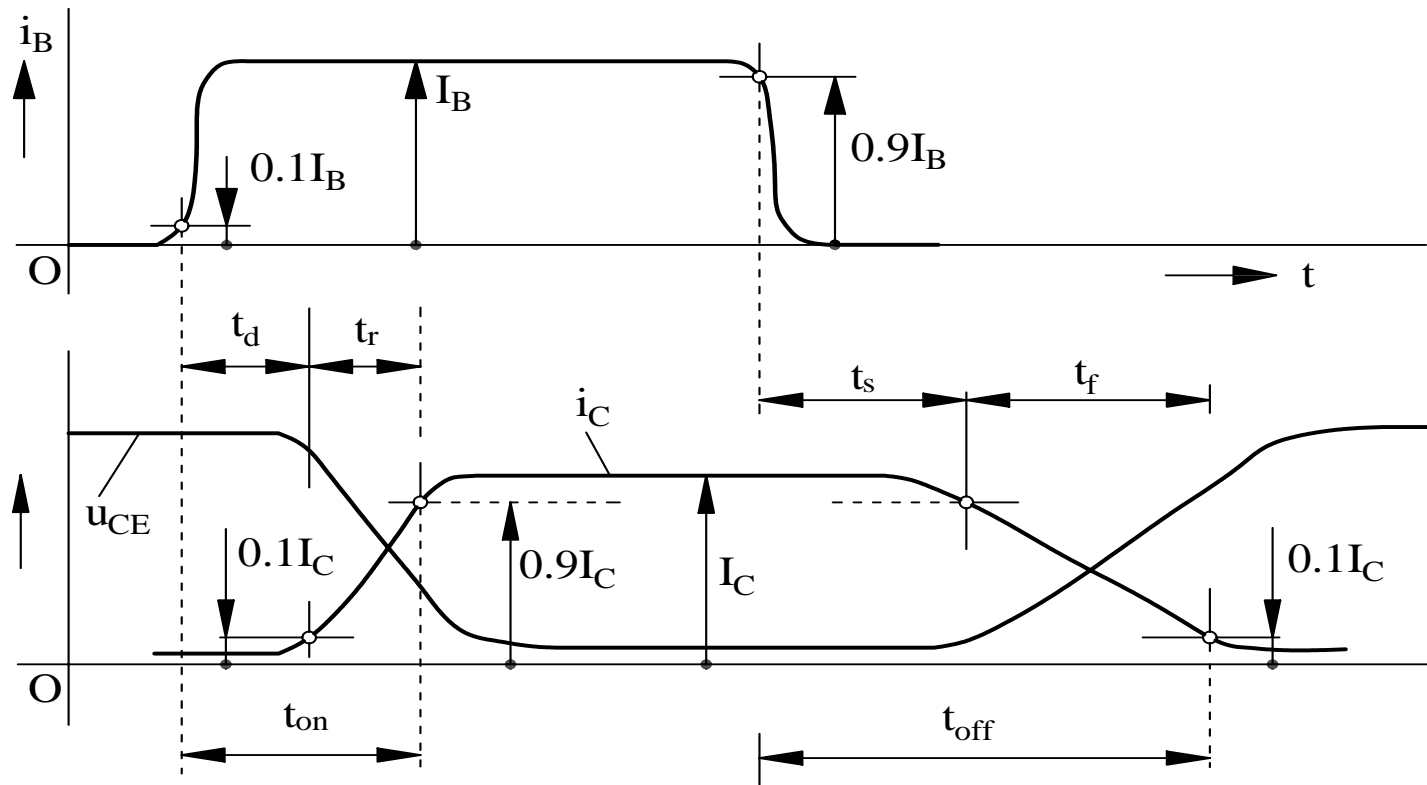
- Đặc tính ngoài $I_C = f(U_{CE})$
- Đặc tính điều khiển $I_C = f(I_B)$



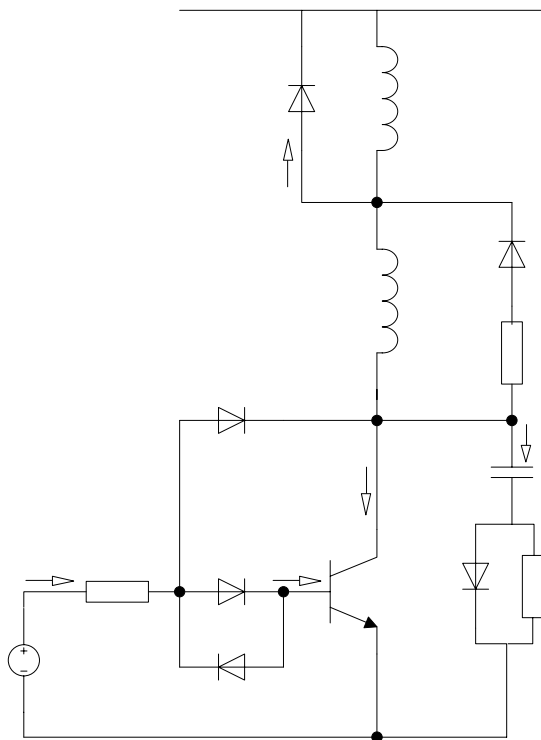


- 0 ... Hở mạch B – E ($I_B = 0$)
- R ... Mạch B – E theo hình b)
- S ... Ngắn mạch B – E ($R_B \rightarrow 0$)
- U ... Mạch B – E theo hình c)

Quá trình quá độ của transistor



Mạch trợ giúp đóng mở



(Điện tử công suất – Nguyễn Bính)

Các thông số chính

Điện áp:

- Giá trị cực đại điện áp collector – emitter U_{CE0M} khi $I_B = 0$
- Giá trị cực đại điện áp emitter – bazơ U_{EB0M} khi $I_C = 0$

Dòng điện: **Z** Giá trị cực đại của các dòng điện I_C, I_B, I_E

L_2

D_2

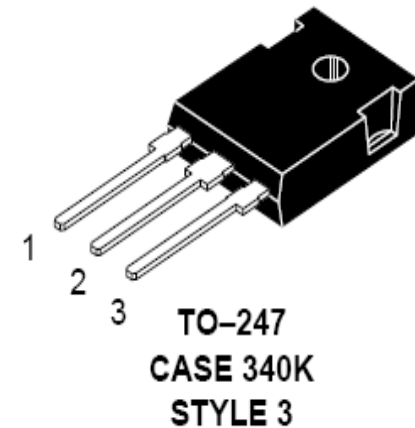
R_2

DAS

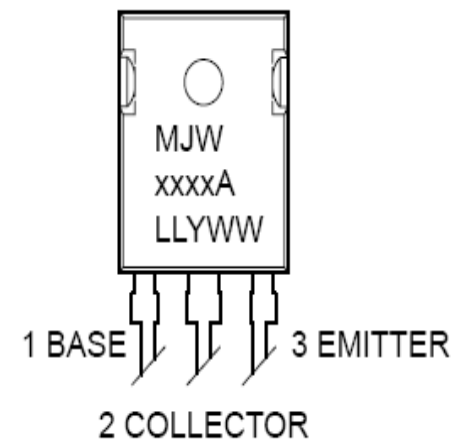
Transistor thực tế - MJW3281A (NPN) – ON Semiconductor

MAXIMUM RATINGS ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	230	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	230	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector–Emitter Voltage – 1.5 V	V_{CEX}	230	Vdc
Collector Current – Continuous – Peak (Note 1)	I_C	15 25	Adc
Base Current – Continuous	I_B	1.5	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate Above 25°C	P_D	200 1.43	Watts W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

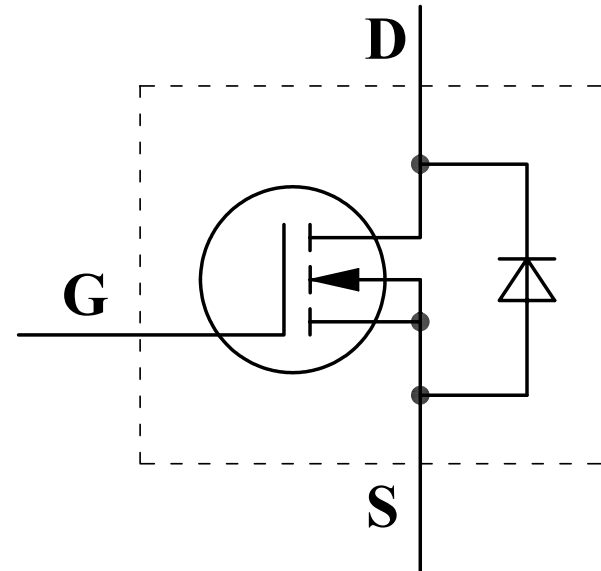
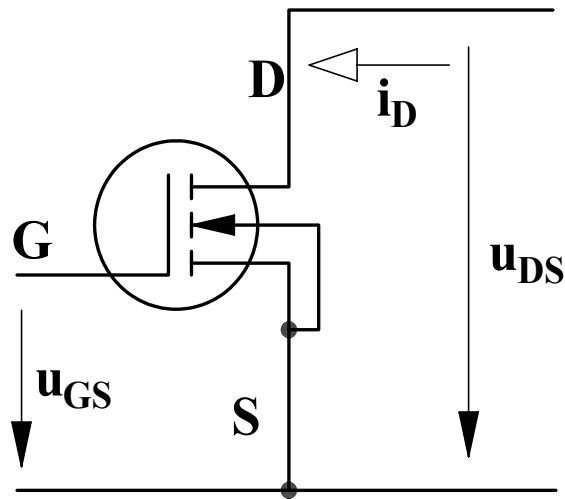
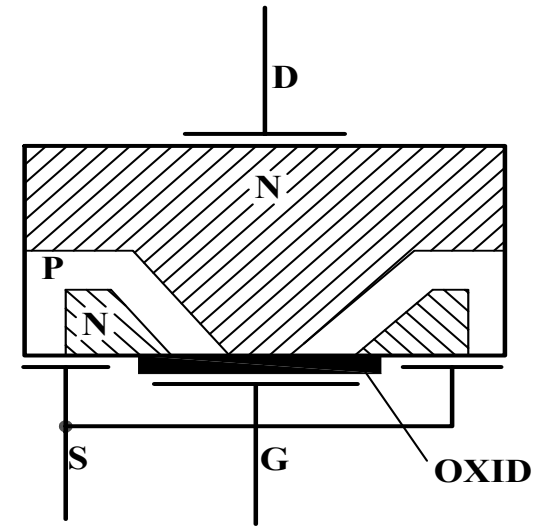
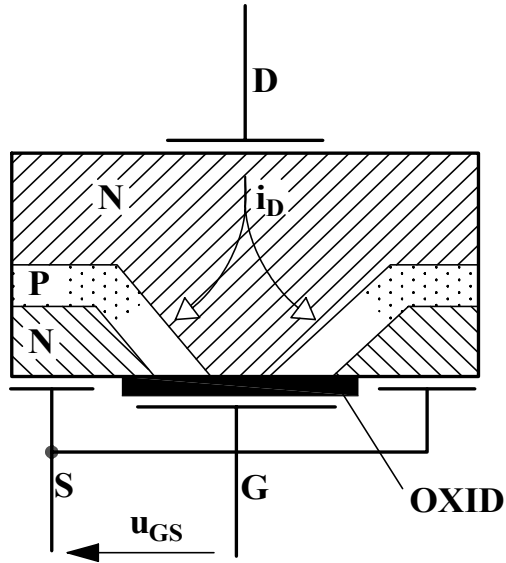


MARKING DIAGRAM

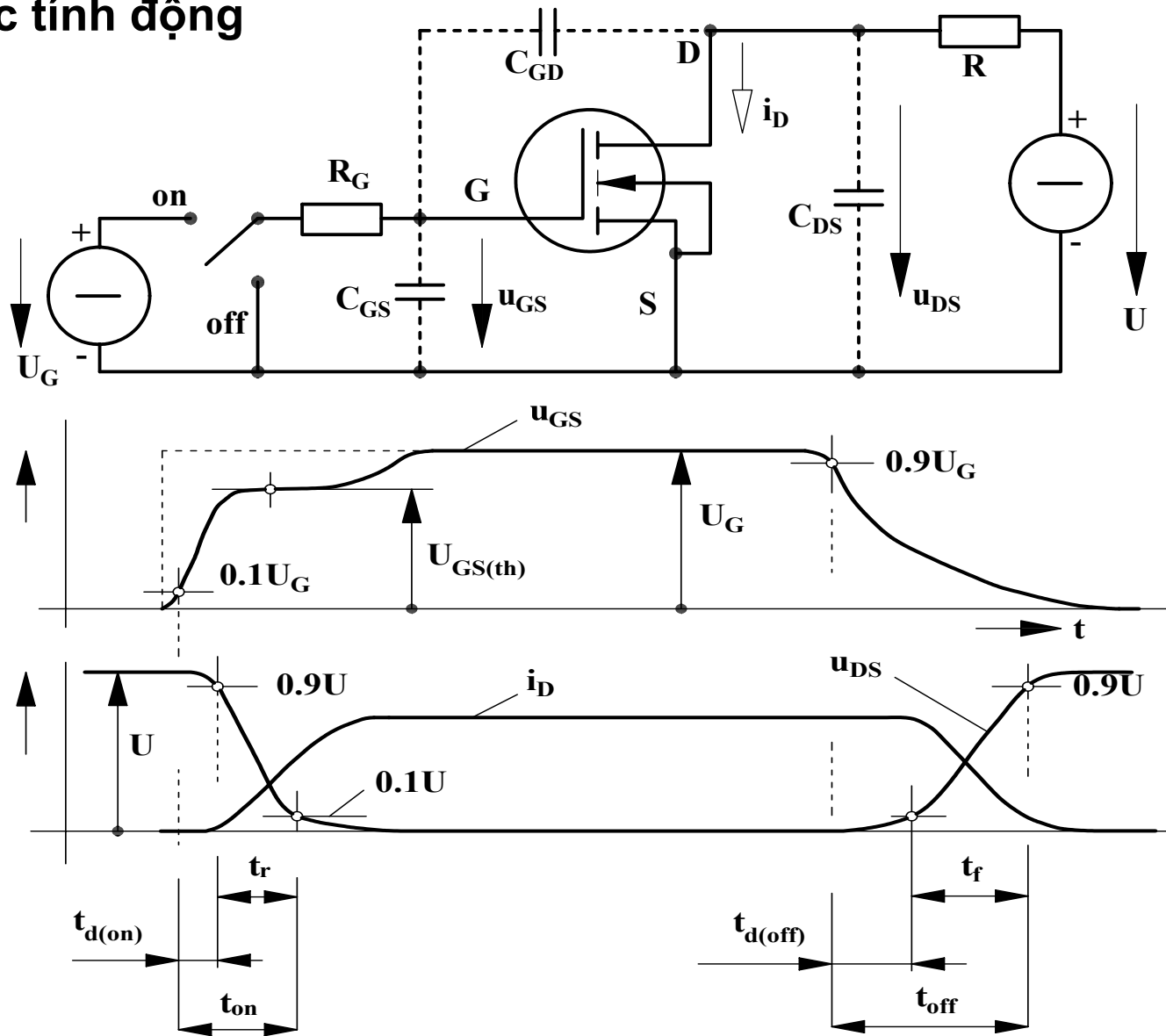


1.2.4 Transistor trường MOSFET

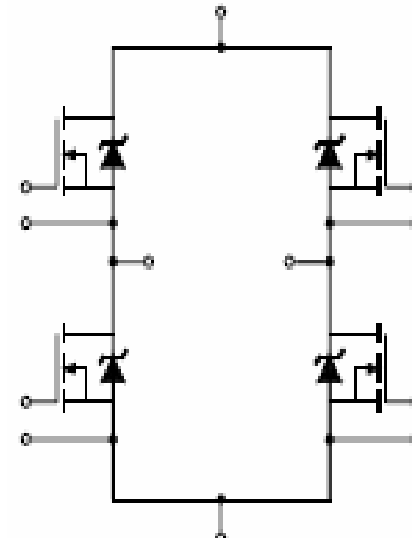
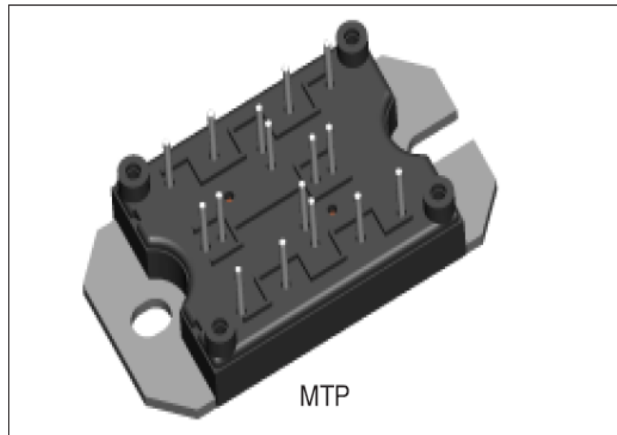
(Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor)



Đặc tính động



MOSFET thực tế - 19MT050XF – International Rectifier

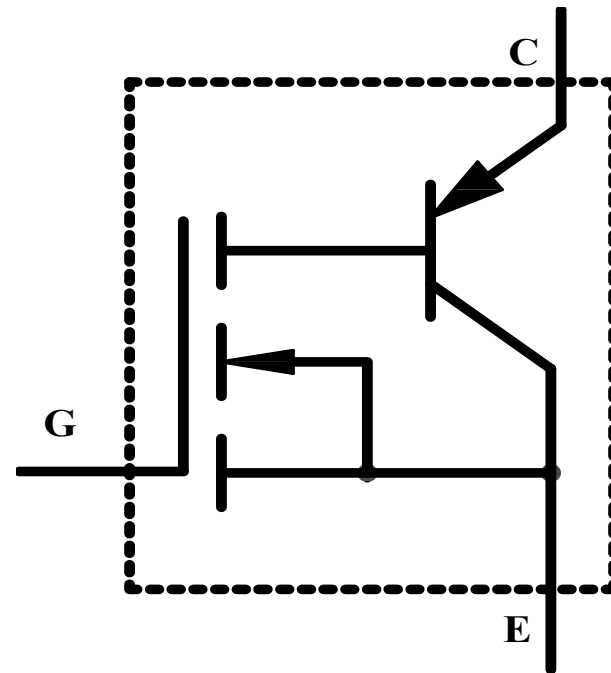
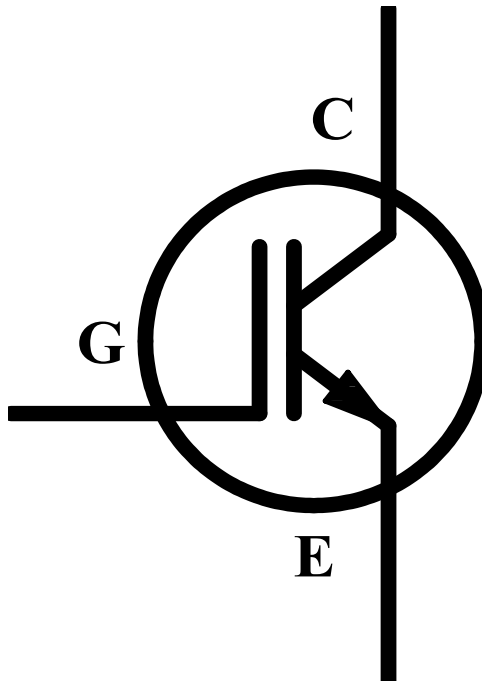


Absolute Maximum Ratings

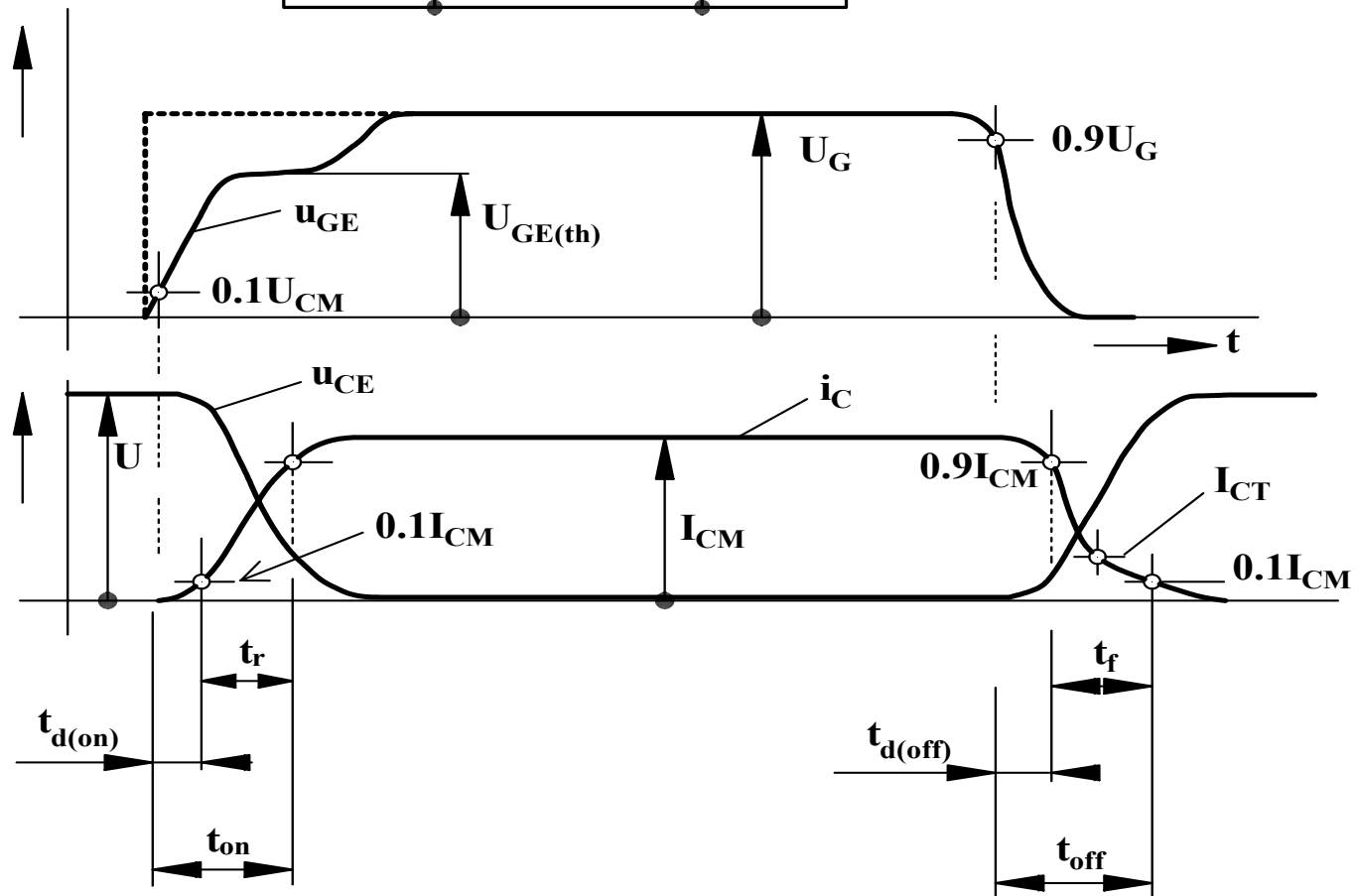
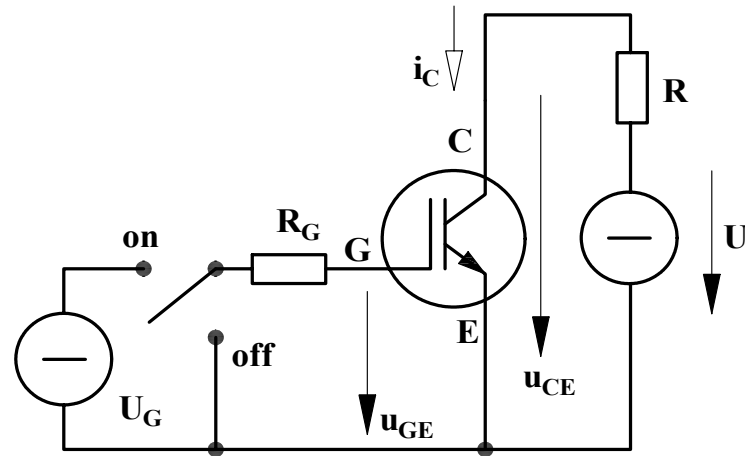
Parameters			Max	Units
I_D	Continuous Drain Current @ $V_{GS} = 10V$	@ $T_C = 25^\circ C$	31	A
		@ $T_C = 100^\circ C$	19	
I_{DM}	Pulsed Drain Current (1)		124	
P_D	Maximum Power Dissipation	@ $T_C = 25^\circ C$	1140	W
		@ $T_C = 100^\circ C$	456	
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage		± 30	V
V_{ISOL}	RMS Isolation Voltage, Any Terminal to Case, $t = 1 \text{ min}$		2500	
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)		15	V/ ns

1.2.5 Transistor lưỡng cực cổng cách ly - IGBT

Insulated Gate Bipolar Transistor

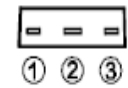
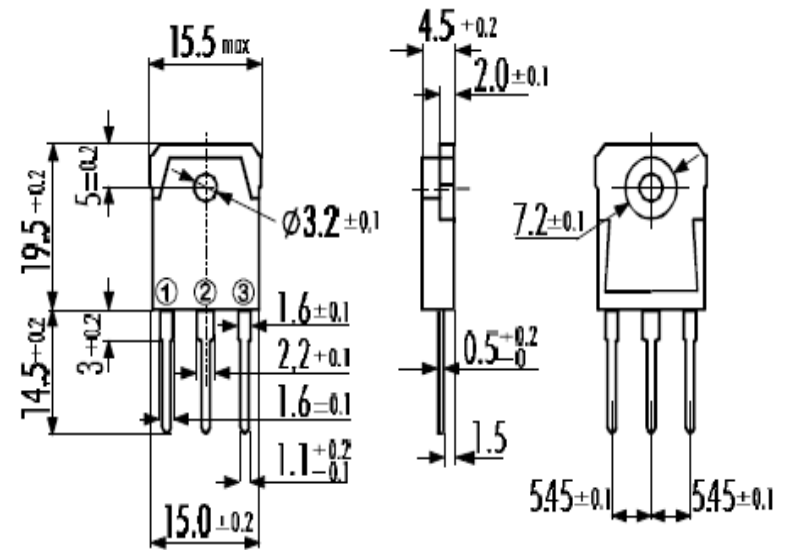


Đặc tính động



IGBT thực tế

1MB-30-060 – Fuji Electric



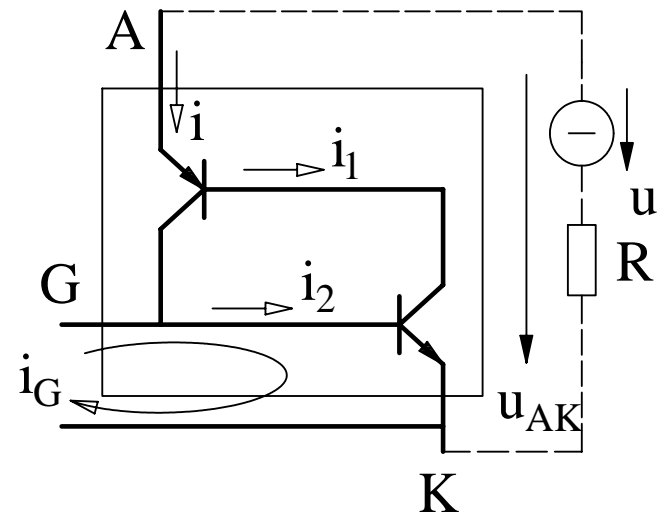
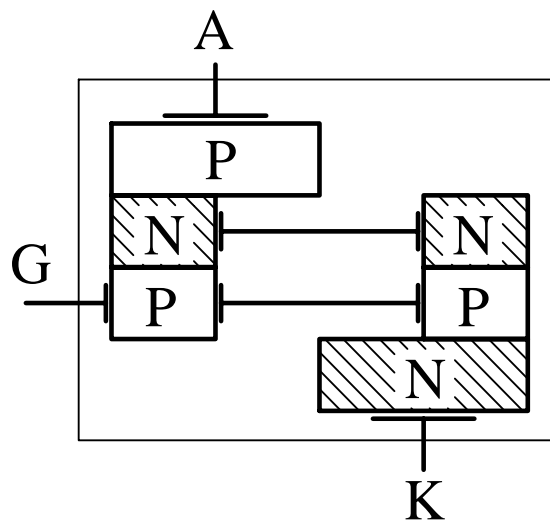
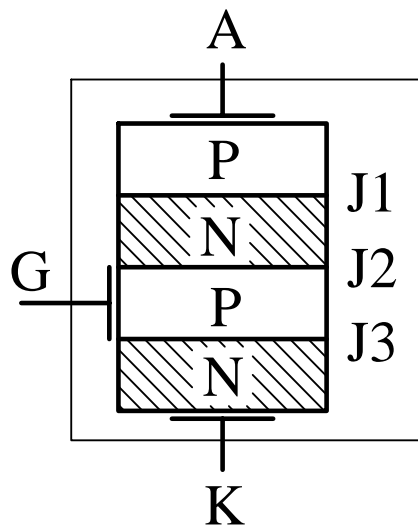
- ① Gate
- ② Collector
- ③ Emitter

• Absolute Maximum Ratings (T_c=25°C)

Items	Symbols	Ratings	Units
Collector-Emitter Voltage	V _{CES}	600	V
Gate -Emitter Voltage	V _{GES}	± 20	V
Collector Current	DC T _c = 25°C	I _{C 25}	48
	DC T _c =80°C	I _{C 80}	30
	1ms T _c = 25°C	I _{C PULSE}	192
IGBT Max. Power Dissipation	P _C	180	W
Operating Temperature	T _i	+150	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-40 ~ +150	°C
Mounting Screw Torque		50	Nm

1.2.6 Thyristor

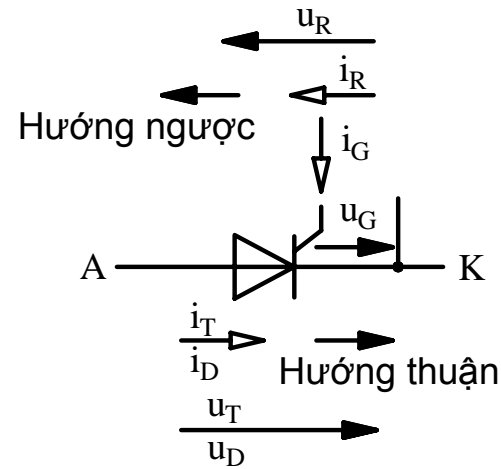
Cấu tạo – Hoạt động



Trạng thái:

- Mở
- Đóng
- Khóa

Ký hiệu



- T: Thuận
- D: Khóa
- R: Ngược

Điều kiện để mở Thyristor

- $U_{AK} > 0$
- Xung điều khiển đưa vào cực điều khiển.

Điều kiện để đóng Thyristor

Đặt điện áp ngược lên A – K

Đặc tính Volt - Ampe

Thyristor lý tưởng

Ba trạng thái: đóng – mở – khóa

Thyristor thực tế

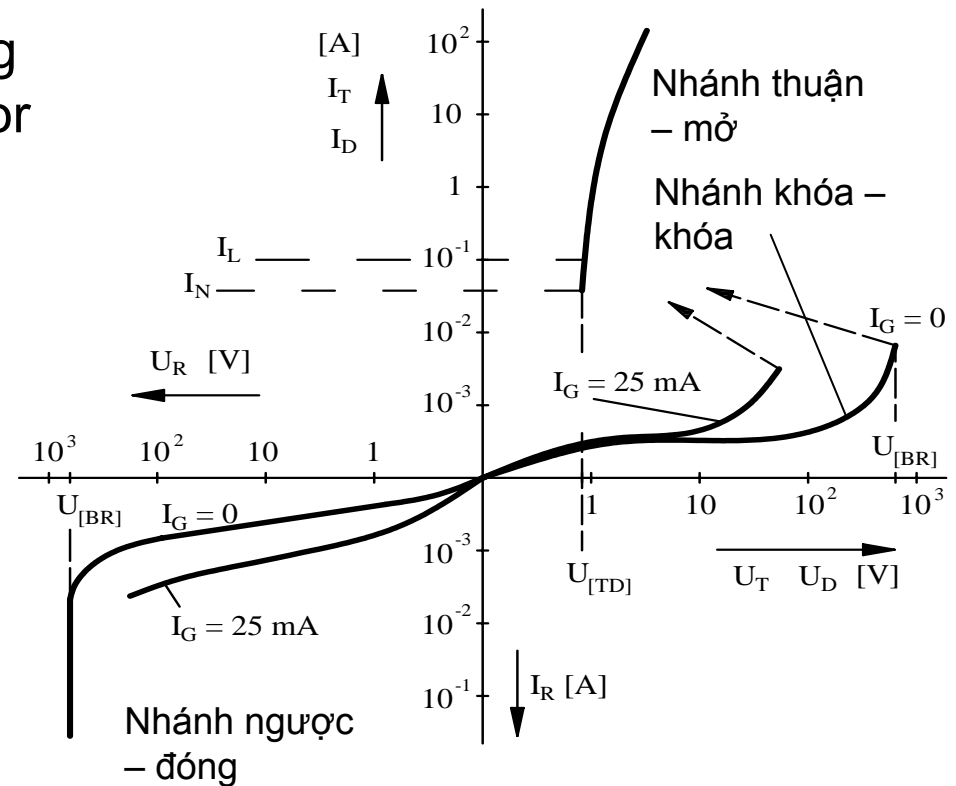
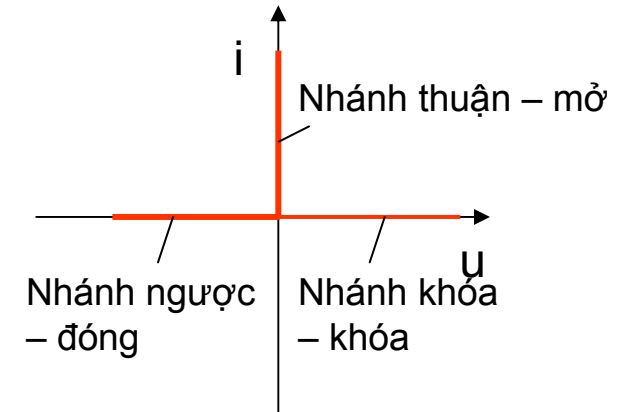
U_{BR} : điện áp ngược đánh thủng
 U_{BO} : điện áp tụt mở của thyristor
 U_{TO} : điện áp rơi trên Thyristor

I_H : Dòng duy trì (holding)
 I_L : Latching

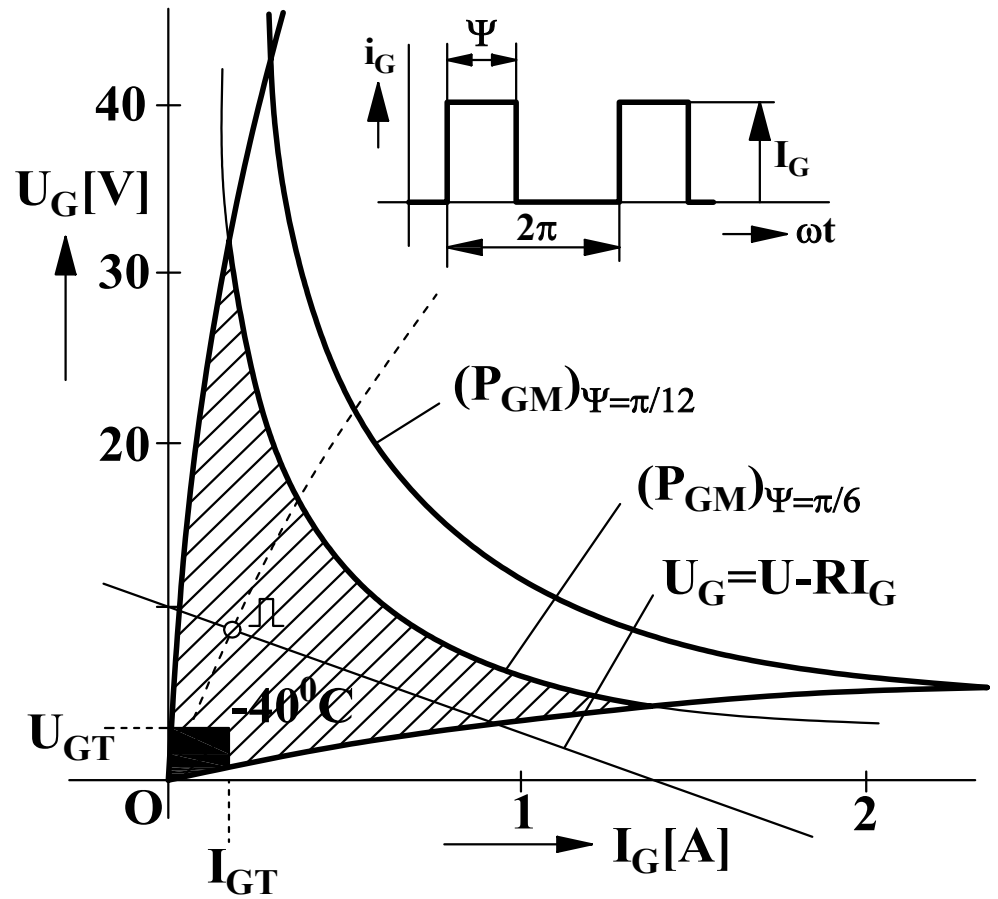
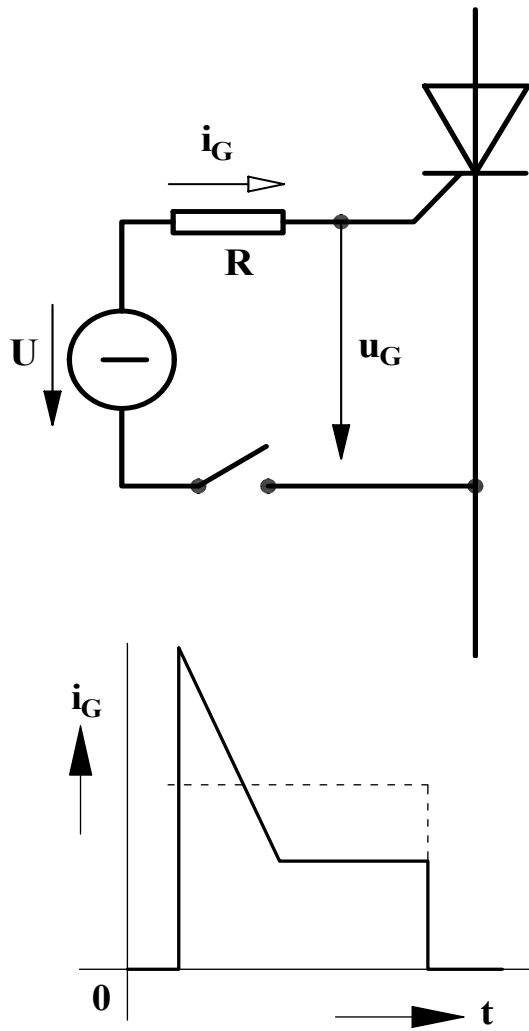
Các thông số chính

Tương tự như diode.

$$U_{RRM} = U_{DRM}$$

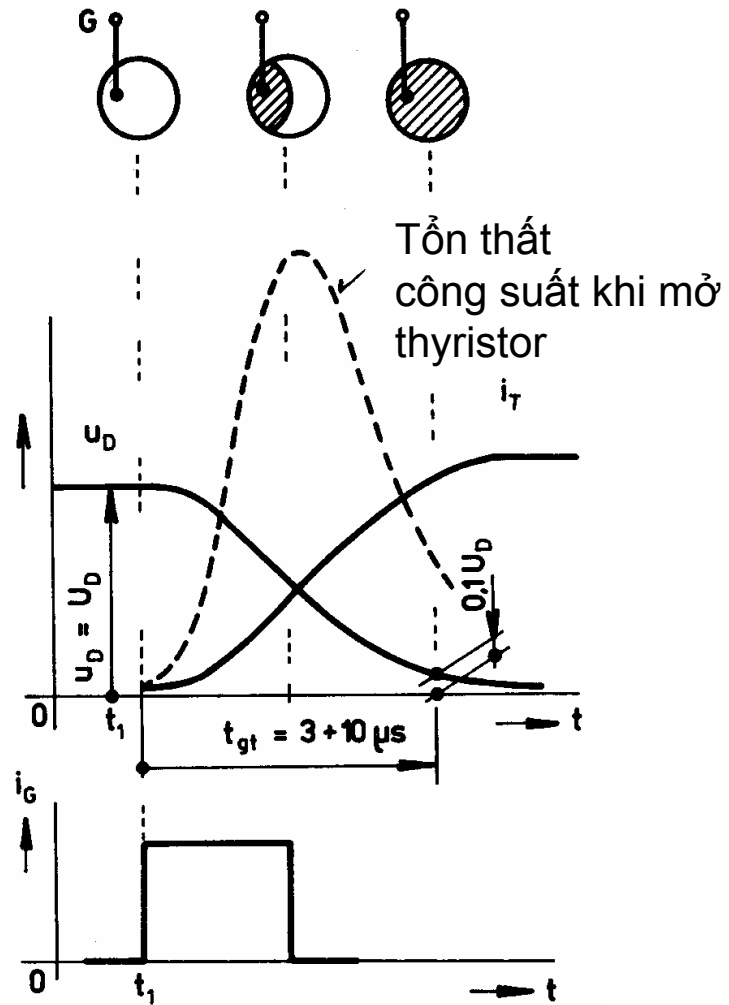


Đặc tính điều khiển của thyristor:

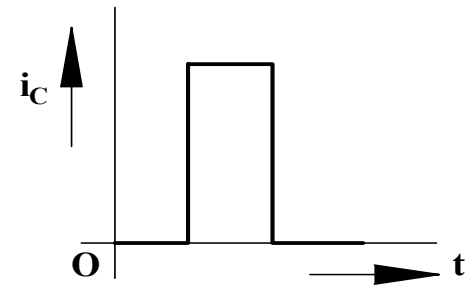
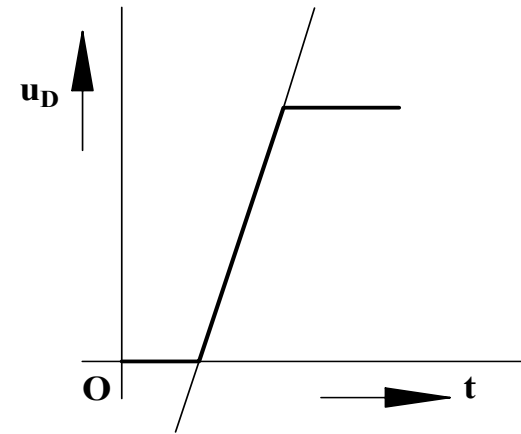
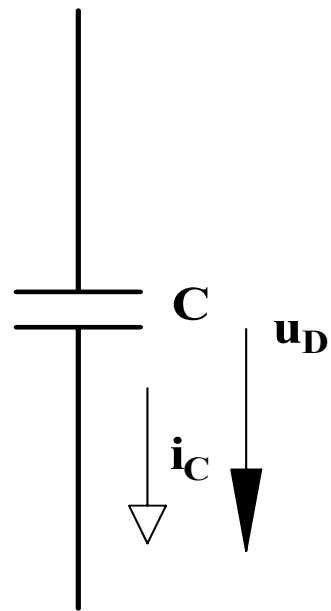
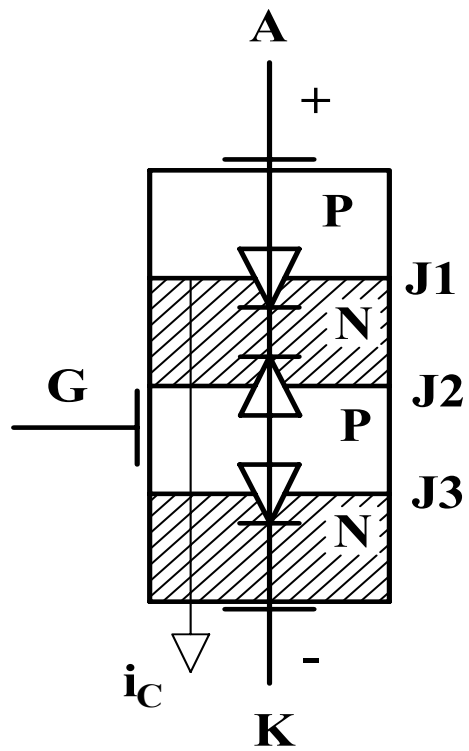


Đặc tính động

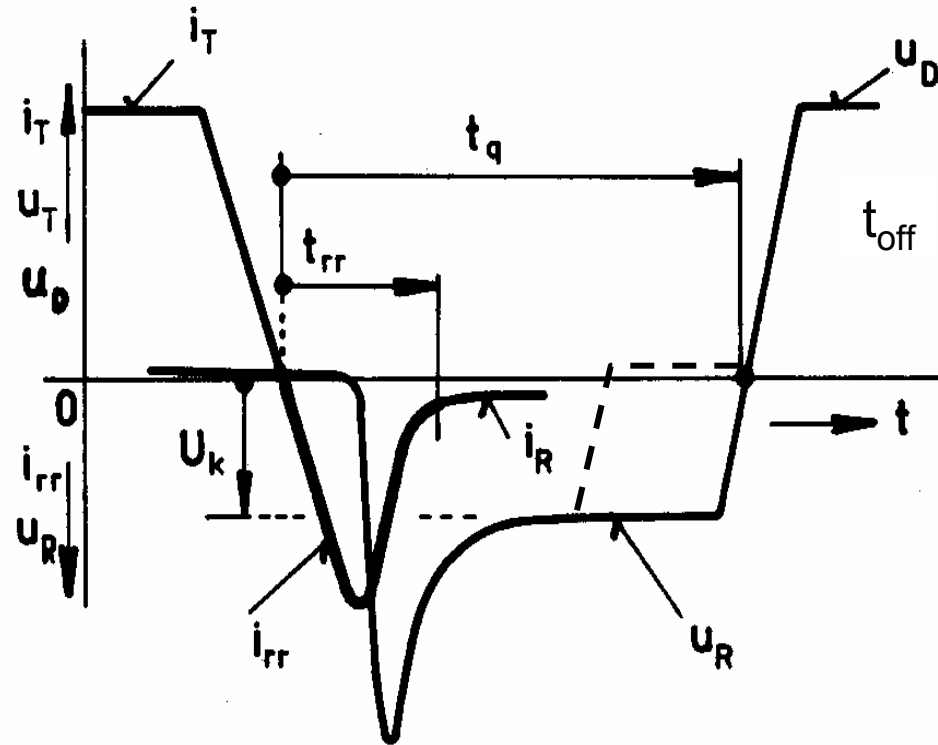
Mở thyristor



Khóa thyristor



Đóng thyristor



- Bảo vệ quá áp trong
- Thời gian đóng thyristor – Góc an toàn

Thyristor thực tế - 22RIA SERIES – International Rectifier

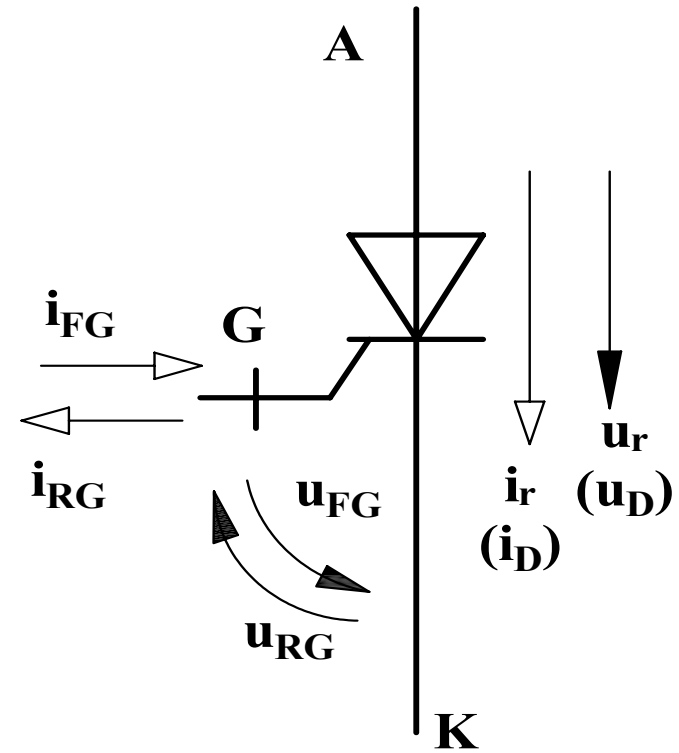
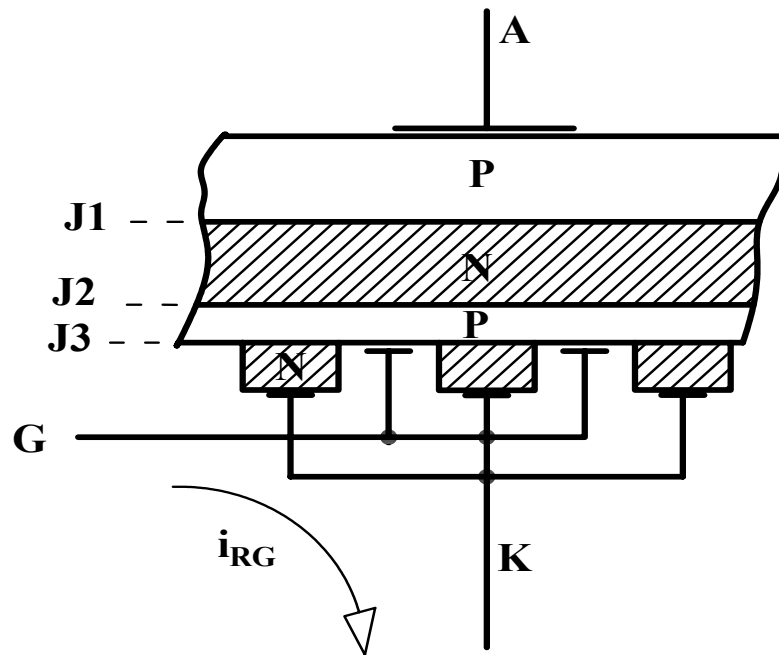
Major Ratings and Characteristics

Parameters	22RIA		Units
	10 to 120	140 to 160	
$I_{T(AV)}$	22	22	A
@ T_C	85	85	°C
$I_{T(RMS)}$	35	35	A
I_{TSM} @ 50Hz	400	340	A
@ 60Hz	420	355	A
I^2t @ 50Hz	793	575	A ² s
@ 60Hz	724	525	A ² s
V_{DRM}/V_{RRM}	100 to 1200	1400 to 1600	V
t_q typical	110		μs
T_J	- 65 to 125		°C



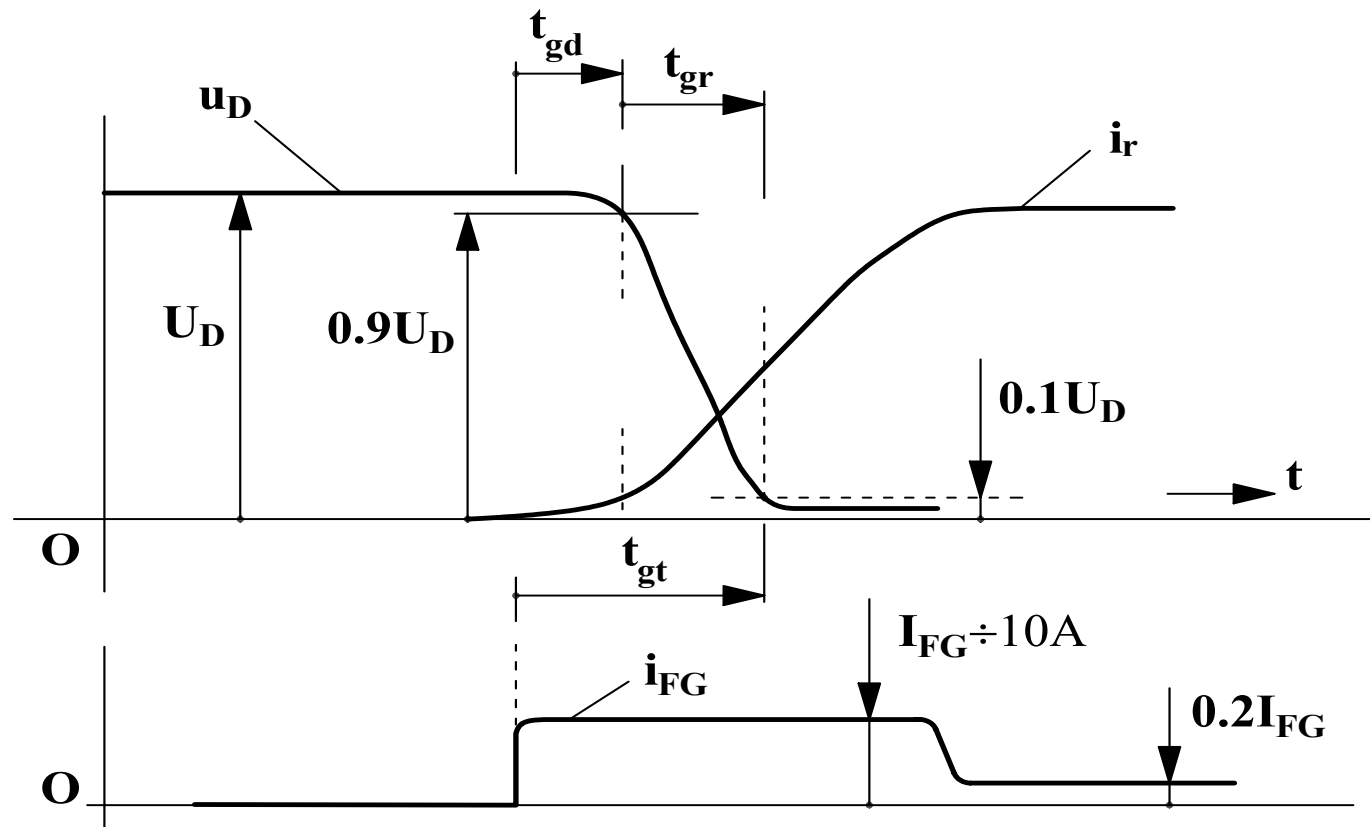
1.2.7 GTO

Gate Turn Off Thyristor

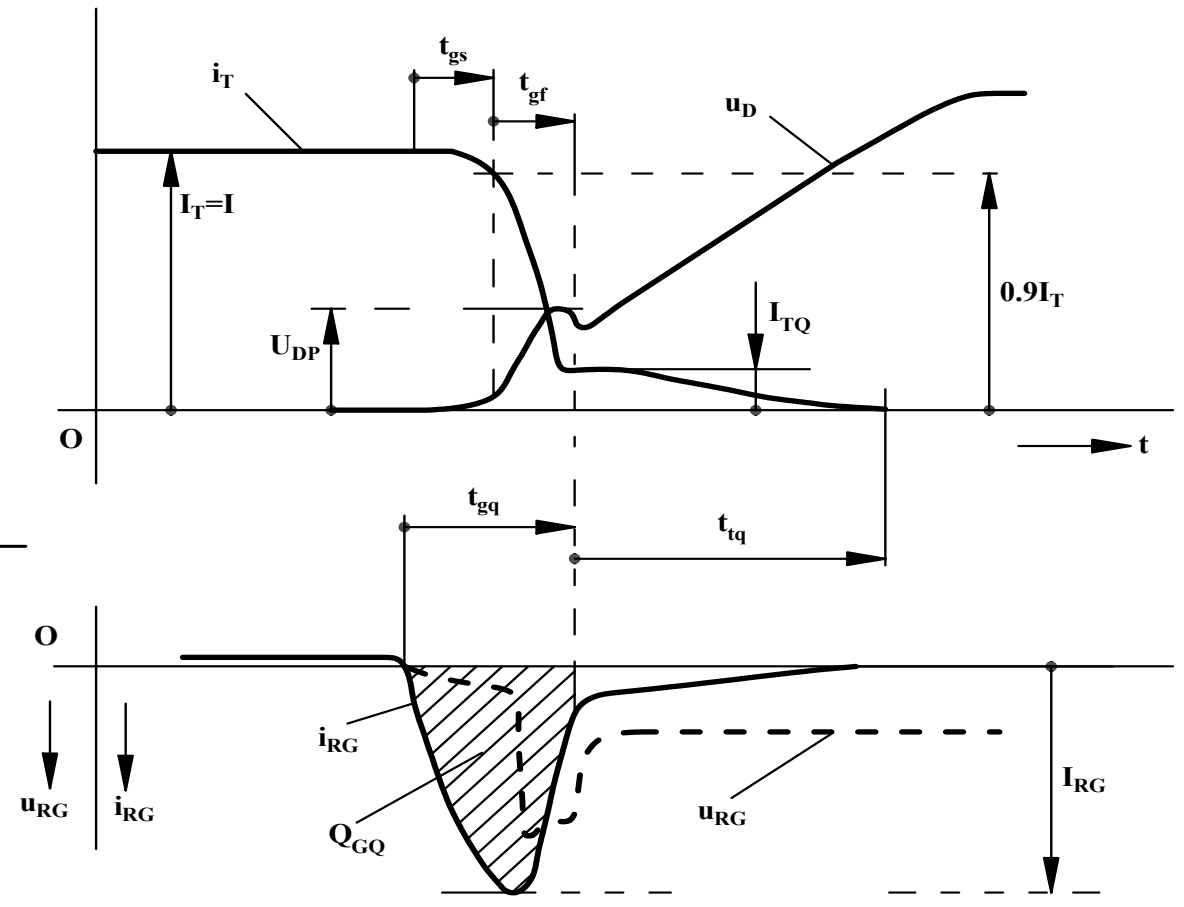
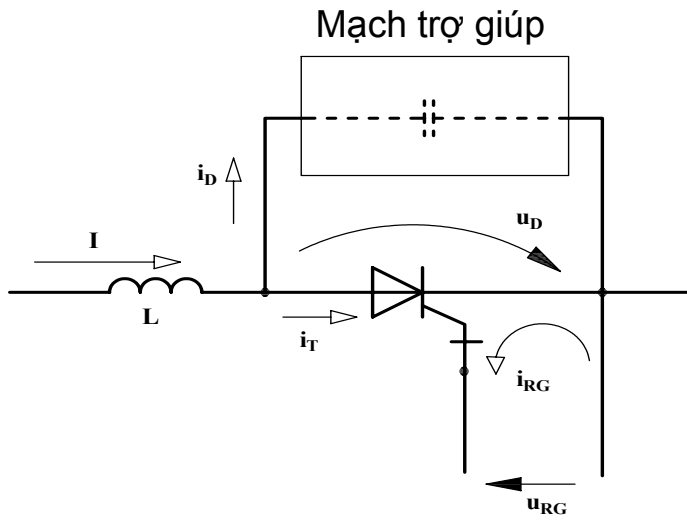


Đặc tính động

Mở GTO



Đóng GTO



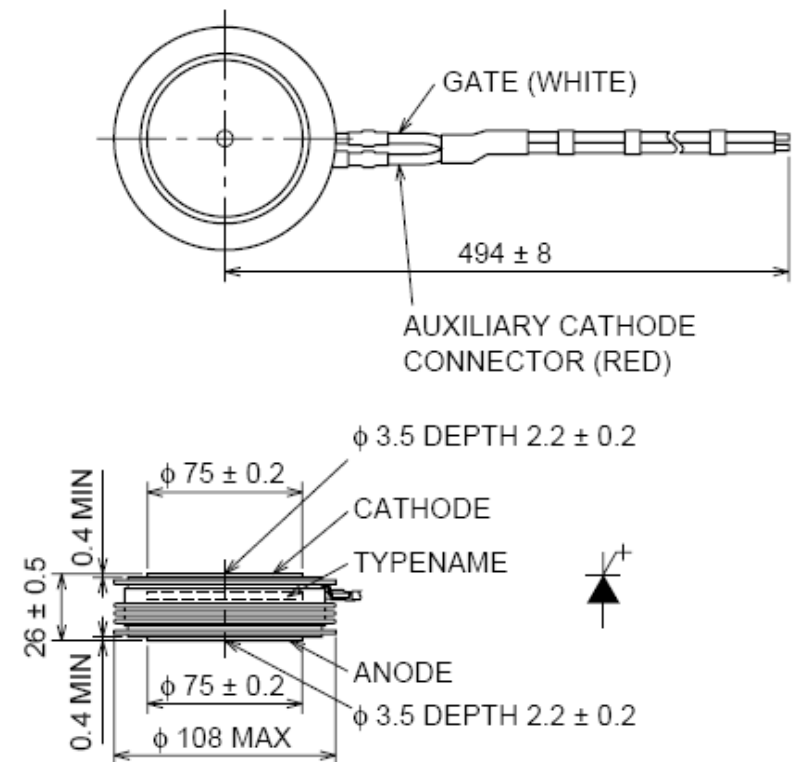
GTO thực tế - FG3000FX-90DA – Mitsubishi Electric

FG3000GX-90DA



OUTLINE DRAWING

Dimensions in mm

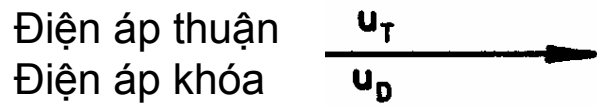
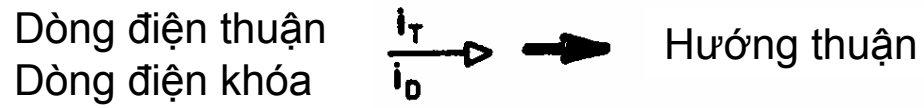
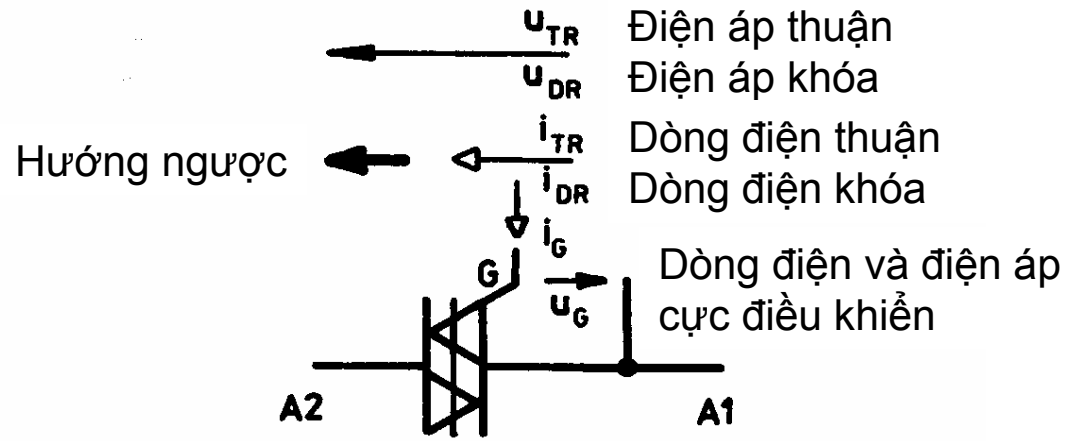
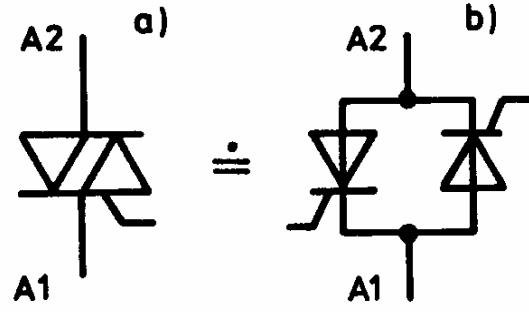


- ITQRM Repetitive controllable on-state current3000A
- IT(AV) Average on-state current 1000A
- VDRM Repetitive peak off state voltage4500V
- Anode short type

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Test conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
V _{TM}	On-state voltage	T _j = 125°C, I _{TM} = 3000A, Instantaneous measurement	—	—	4.0	V
I _{RRM}	Repetitive peak reverse current	T _j = 125°C, V _{RRM} Applied	—	—	10	mA
I _{DRM}	Repetitive peak off-state current	T _j = 125°C, V _{DRM} Applied, V _{GK} = -2V	—	—	100	mA
I _{RG}	Reverse gate current	T _j = 125°C, V _{RG} = 17V	—	—	10	mA
dv/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	T _j = 125°C, V _D = 2250V, V _{GK} = -2V	1000	—	—	V/μs
t _{gt}	Turn-on time	T _j = 125°C, I _{TM} = 3000A, I _{GM} = 25A, V _D = 3400V	—	—	8	μs
t _{gq}	Turn-off time	T _j = 125°C, I _{TM} = 3000A, V _{DM} = 4500V, di _{GQ} /dt = -40A/μs V _{RG} = 17V, C _S = 3.0μF, L _S = 0.25μH	—	—	30	μs
I _{GQM}	Peak gate turn-off current		—	720	—	A
V _{GT}	Gate trigger voltage	DC METHOD : V _D = 24V, R _L = 0.1Ω, T _j = 25°C	—	—	1.5	V
I _{GT}	Gate trigger current		—	—	2500	mA
R _{th(j-f)}	Thermal resistance	Junction to fin	—	—	0.013	°C/W

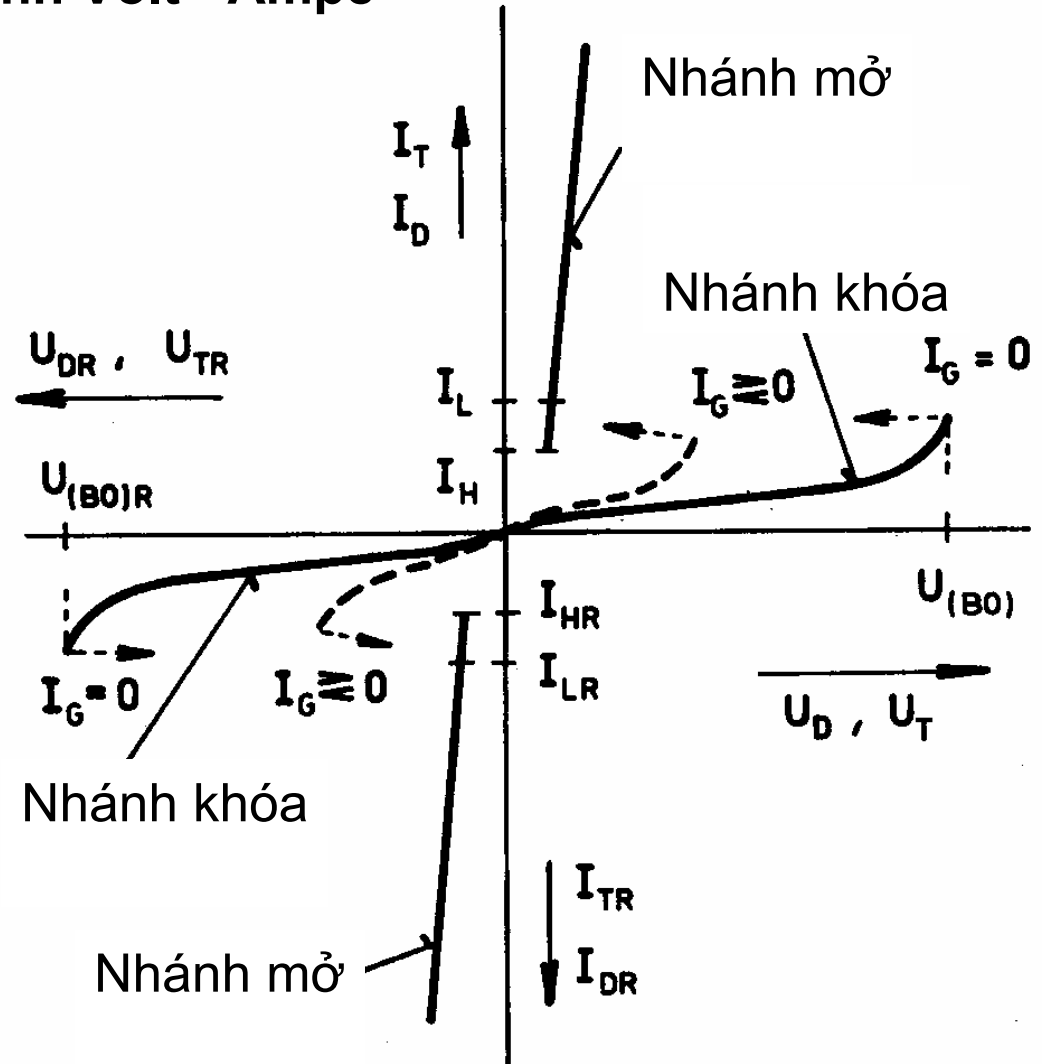
1.2.8 Triac



Đặc tính Volt - Ampe

$$U_D > 0 \begin{cases} U_G > 0; I_G > 0 \\ U_G < 0; I_G < 0 \end{cases}$$

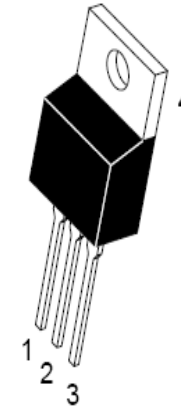
$$U_{DR} > 0 \begin{cases} U_G > 0; I_G > 0 \\ U_G < 0; I_G < 0 \end{cases}$$



Triac thực tế - 2N6344 - ON Semiconductor

MAXIMUM RATINGS ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
*Peak Repetitive Off-State Voltage ⁽¹⁾ ($T_J = -40$ to $+110^\circ\text{C}$, Sine Wave 50 to 60 Hz, Gate Open) 2N6344 2N6349	V_{DRM} , V_{RRM}	600 800	Volts
*On-State RMS Current ($T_C = +80^\circ\text{C}$) Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz ($T_C = +90^\circ\text{C}$)	$I_{\text{T(RMS)}}$	8.0 4.0	Amps
*Peak Non-Repetitive Surge Current (One Full Cycle, Sine Wave 60 Hz, $T_C = +25^\circ\text{C}$) Preceded and followed by rated current	I_{TSM}	100	Amps
Circuit Fusing Consideration ($t = 8.3$ ms)	I^2t	40	A^2s
*Peak Gate Power ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = 2 μs)	P_{GM}	20	Watts
*Average Gate Power ($T_C = +80^\circ\text{C}$, $t = 8.3$ ms)	$P_{\text{G(AV)}}$	0.5	Watt
*Peak Gate Current ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = 2.0 μs)	I_{GM}	2.0	Amps
*Peak Gate Voltage ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = 2.0 μs)	V_{GM}	10	Volts

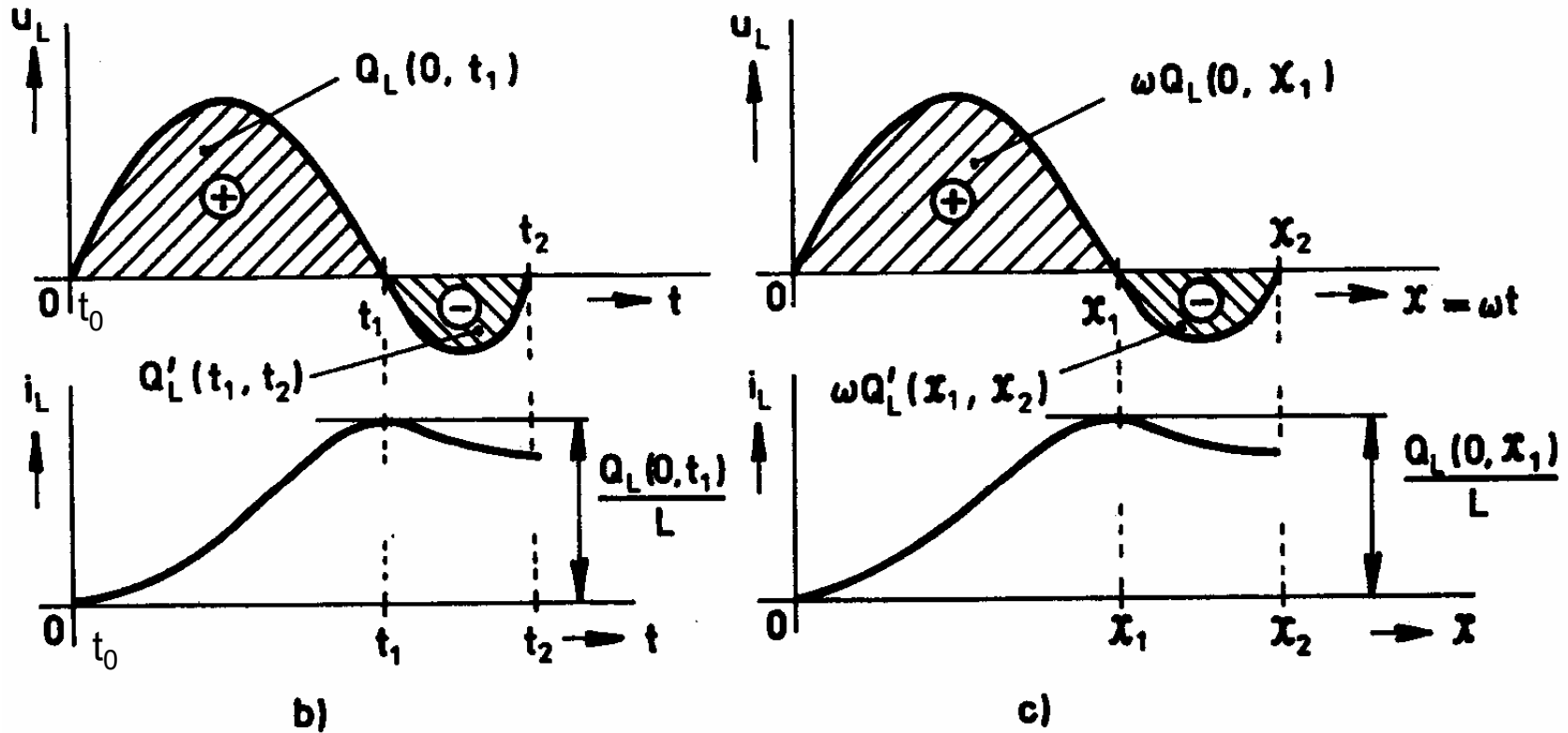


**TO-220AB
CASE 221A
STYLE 4**

PIN ASSIGNMENT	
1	Main Terminal 1
2	Main Terminal 2
3	Gate
4	Main Terminal 2

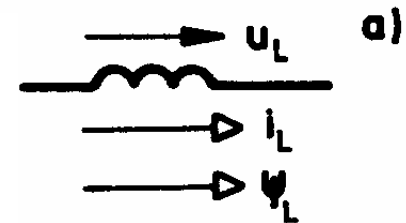
CHƯƠNG 2: MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN TRONG ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

2.1 Năng lượng tích lũy vào cuộn kháng và giải phóng từ cuộn kháng



$$\int_{t_0}^{t_1} u_L dt = Q_L(t_0, t_1); \quad u_L = \frac{d\Psi_L}{dt} = L \frac{di_L}{dt}$$

$$Q_L(t_0, t_1) = \int_{\Psi_L(t_0)}^{\Psi_L(t_1)} d\Psi_L = L \int_{i_L(t_0)}^{i_L(t_1)} di_L = \Psi_L(t_1) - \Psi_L(t_0) = L[i_L(t_1) - i_L(t_0)]$$



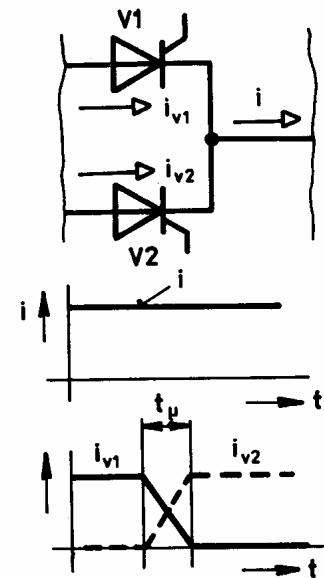
2.2 Nhịp và sự chuyển mạch

Nhánh chính – Nhánh phụ

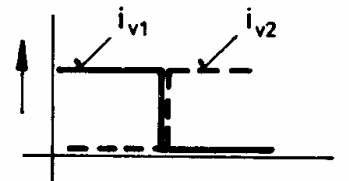
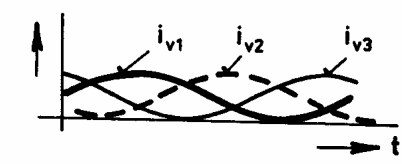
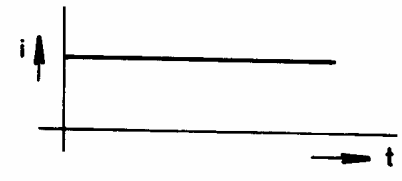
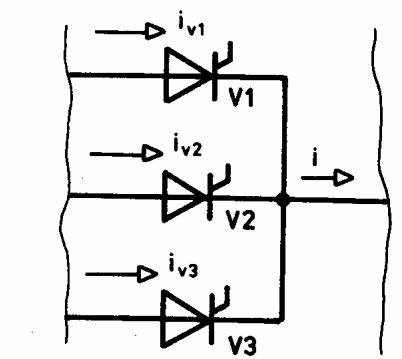
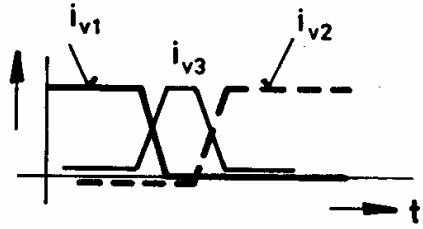
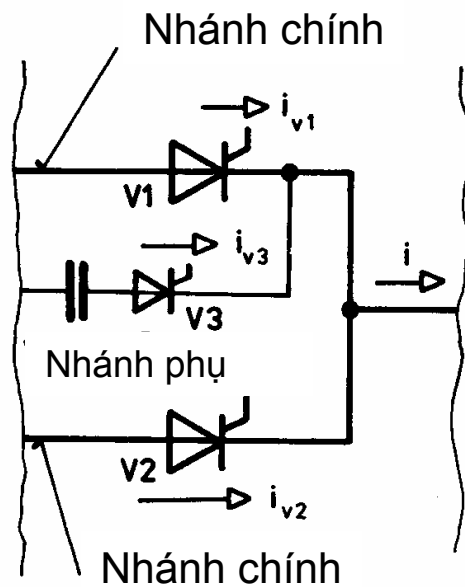
Linh kiện ĐTCS chính – Linh kiện ĐTCS phụ

Nhịp là khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp thay đổi trạng thái của linh kiện điện tử công suất trong mạch. Tên của nhịp là tên của linh kiện đang dẫn điện.

Chuyển mạch là trạng thái điện tử xảy ra trong mạch bộ biến đổi, được đặc trưng bằng việc dòng điện trong một nhánh chuyển sang một nhánh khác trong khi dòng điện tổng chảy ra từ nút giữa hai nhánh vẫn không đổi.



- Điện áp chuyển mạch
- Chuyển mạch ngoài –
- Chuyển mạch tự nhiên
- Chuyển mạch trong
- Chuyển mạch trực tiếp
- Chuyển mạch gián tiếp
- Chuyển mạch nhiều tầng
- Thời gian chuyển mạch –
- Góc chuyển mạch
- Chuyển mạch tức thời



2.3 Các đường đặc tính

Đặc tính ngoài (Đặc tính tải): Mối quan hệ giữa điện áp đầu ra và dòng điện đầu ra của bộ biến đổi

Đặc tính điều khiển: Mối quan hệ giữa điện áp đầu ra và đại lượng điều khiển của bộ biến đổi

2.4 Hệ số công suất của bộ biến đổi

$$\lambda = \frac{P}{S} \quad \dots \text{ Hệ số công suất PF (Power Factor)}$$

P: Công suất hữu công

S: Công suất biểu kiến

$$P = mUI_{(1)}\cos\varphi_{(1)}$$

m: số pha

U: Giá trị hiệu dụng điện áp điều hòa của pha

$I_{(1)}$: Giá trị hiệu dụng của thành phần bậc 1 dòng điện pha

$\varphi_{(1)}$: Góc chậm pha của thành phần bậc 1 dòng điện pha so với điện áp

$$S = mUI$$

I: Giá trị hiệu dụng dòng điện pha $I^2 = \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)}^2$

$$S^2 = m^2U^2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)}^2 = m^2U^2 I_{(1)}^2 + m^2U^2 \sum_{n=2}^{\infty} I_{(n)}^2$$

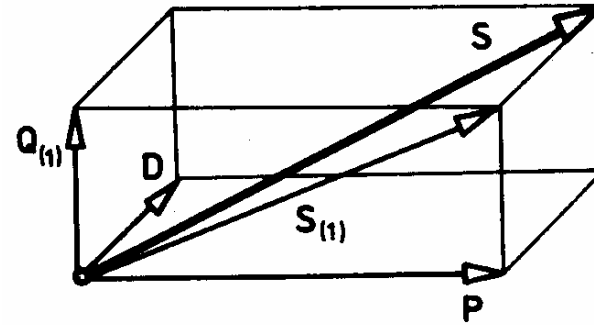
$$S_{(1)}^2 = m^2U^2 I_{(1)}^2 = m^2U^2 I_{(1)}^2 \cos^2 \varphi_{(1)} + m^2U^2 I_{(1)}^2 \sin^2 \varphi_{(1)} = P^2 + Q_{(1)}^2$$

$mUI_{(1)}$: Công suất biểu kiến của thành phần bậc 1

$Q_{(1)}$: Công suất phản kháng của thành phần bậc 1

$$S^2 = P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2$$

$$D = mU \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{(n)}^2}$$



D: Công suất phản kháng biến dạng

$$\lambda = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_{(1)}^2 + D^2}} = \nu \cos \varphi_{(1)} \dots \text{Hệ số công suất PF (Power Factor)}$$

$$\nu = \frac{I_{(1)}}{I} \dots \text{Hệ số méo dạng DF (Distortion Factor)}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_{(n)}^2}}{I_{(1)}} \dots \text{Độ méo dạng tổng THD (Total Harmonic Distortion)}$$

CHƯƠNG 3: THIẾT BỊ CHỈNH LƯU

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Chức năng:

Biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều

Ứng dụng

Cấp nguồn cho các tải một chiều: Động cơ điện một chiều, bộ nạp accu, mạ điện phân, máy hàn một chiều, nam châm điện, truyền tải điện một chiều cao áp, ...

3.2 Đặc điểm của điện áp và dòng điện chỉnh lưu

3.2.1 Điện áp chỉnh lưu

u_d : Giá trị tức thời của điện áp chỉnh lưu – Bao gồm cả thành phần xoay chiều u_σ và thành phần một chiều – Giá trị trung bình của điện áp chỉnh lưu U_d

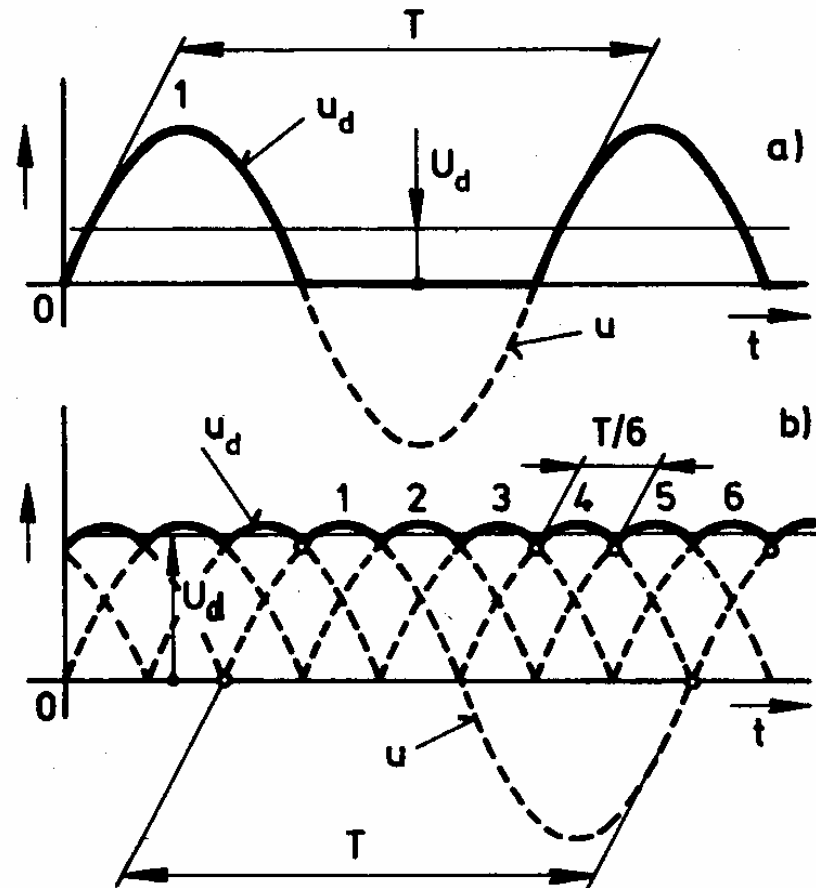
$$u_d = u_\sigma + U_d$$

Số xung đập mạch của sóng điện áp chỉnh lưu:

$$p = \frac{f_{\sigma(1)}}{f}$$

• $f_{\sigma(1)}$: Tần số của sóng điều hòa bậc 1 thành phần xoay chiều của u_d

• f : Tần số điện áp lưới



3.1.2 Dòng điện chỉnh lưu

i_d : Giá trị tức thời của dòng điện chỉnh lưu – Sóng dòng điện chỉnh lưu

I_d : Giá trị trung bình – Thành phần một chiều của sóng dòng điện chỉnh lưu

i_σ : Thành phần xoay chiều của dòng điện chỉnh lưu

$$i_d = i_\sigma + I_d$$

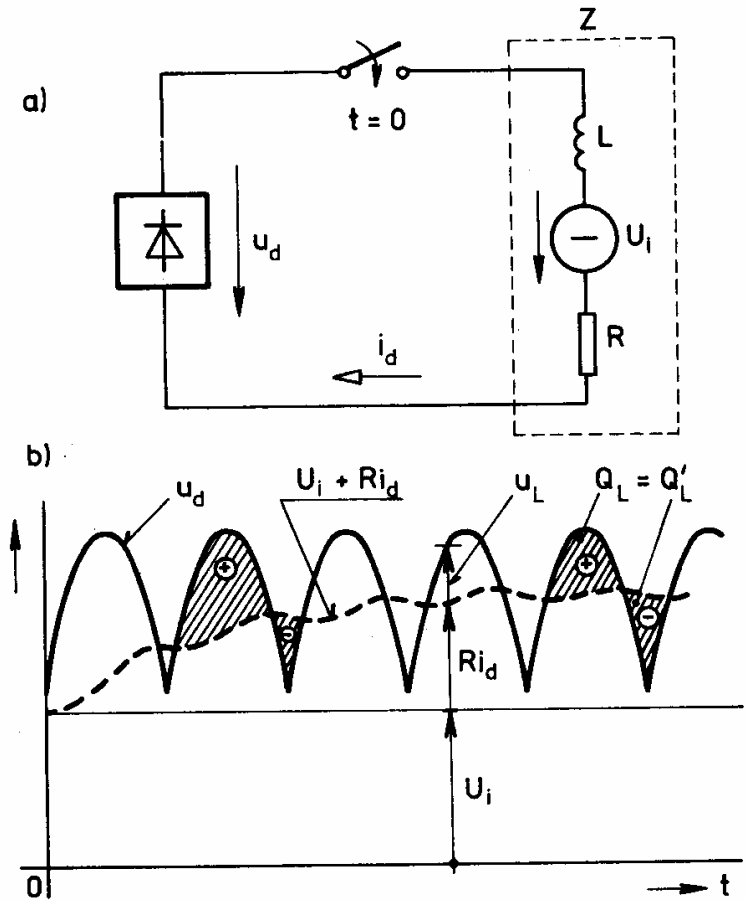
Xét hệ thống chỉnh lưu – tải R,L,E_u:

$$u_L = L \frac{di_d}{dt} = u_d - (Ri_d + E_u)$$

$$u_d > Ri_d + E_u \Rightarrow u_L > 0; \frac{di_d}{dt} > 0$$

$$u_d = Ri_d + E_u \Rightarrow u_L = 0; \frac{di_d}{dt} = 0$$

$$u_d < Ri_d + E_u \Rightarrow u_L < 0; \frac{di_d}{dt} < 0$$

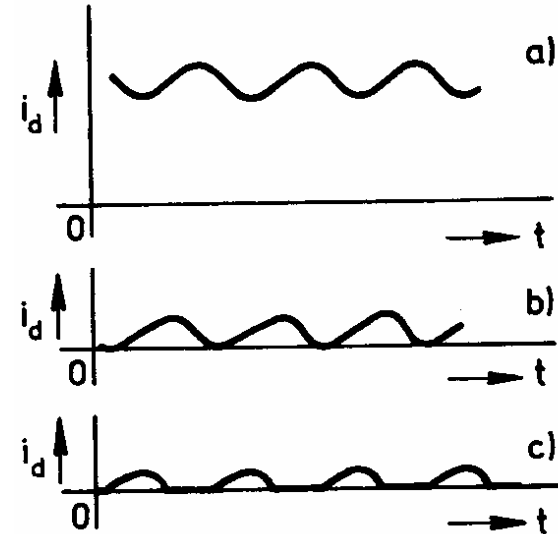


- Dòng điện liên tục
- Dòng điện gián đoạn
- Dòng điện ở biên giới gián đoạn

$$i_d = i_\sigma + I_d$$

Đối với giá trị trung bình – thành phần một chiều:

$$I_d = \frac{U_d - E_u}{R} \quad I_d \geq 0 \Rightarrow U_d \geq E_u$$



Đối với thành phần xoay chiều:

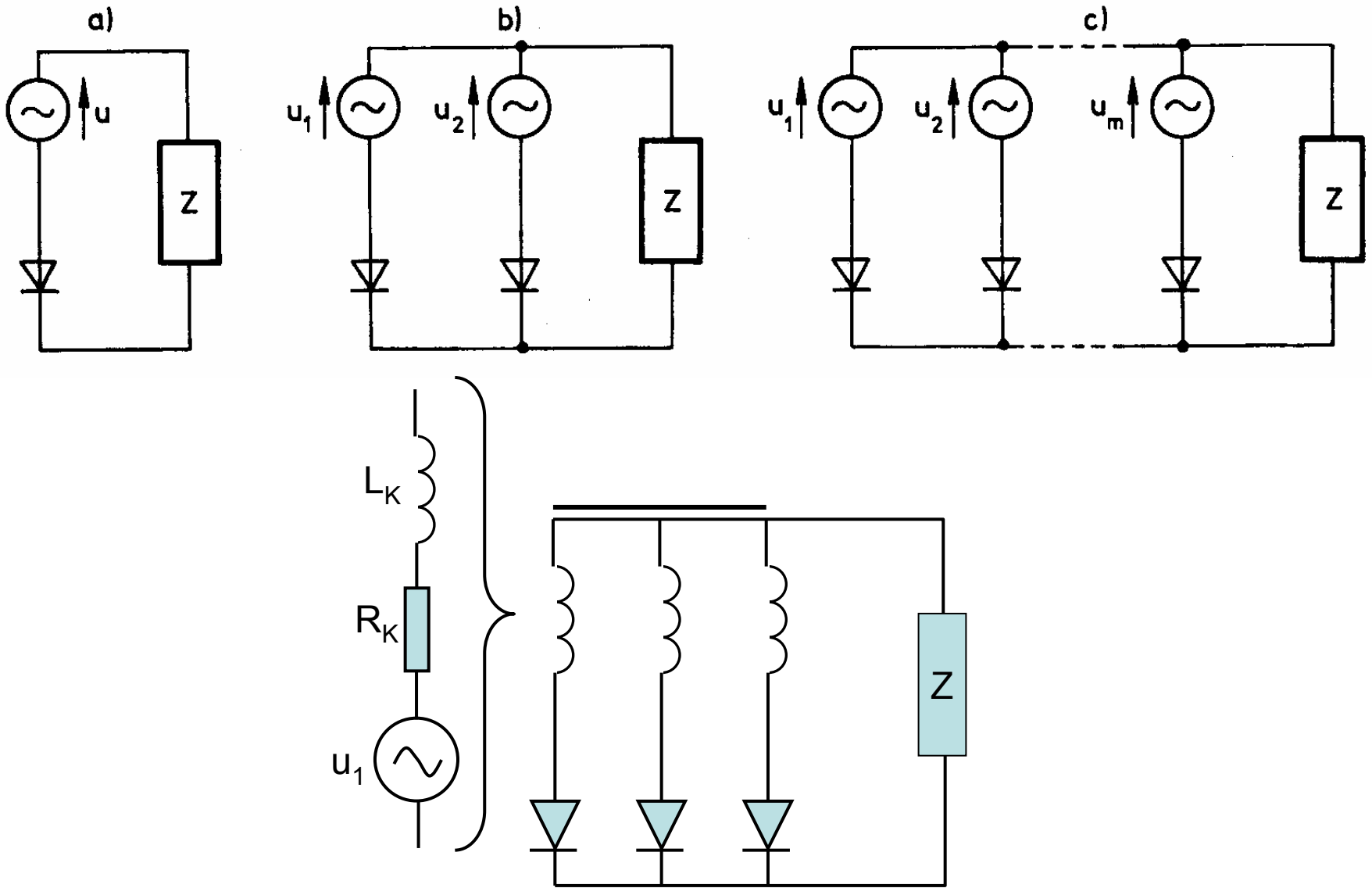
$$I_{\sigma(n)} = \frac{U_{\sigma(n)}}{\sqrt{R^2 + [\omega_{\sigma(n)}L]^2}}$$

- $I_{\sigma(n)}$: Giá trị hiệu dụng của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều của dòng điện chỉnh lưu
- $U_{\sigma(n)}$: Giá trị hiệu dụng của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều điện áp chỉnh lưu.
- $\omega_{\sigma(n)}$: Tần số góc của sóng điều hòa bậc n thành phần xoay chiều.

$$L \rightarrow \infty \Rightarrow I_{\sigma(n)} \rightarrow 0 \Rightarrow i_d = I_d$$

→ Dòng điện được san phẳng tuyệt đối

3.3 chỉnh lưu hình tia m -pha – dòng liên tục



3.3.1 Chỉnh lưu hình tia không điều khiển

Sơ đồ

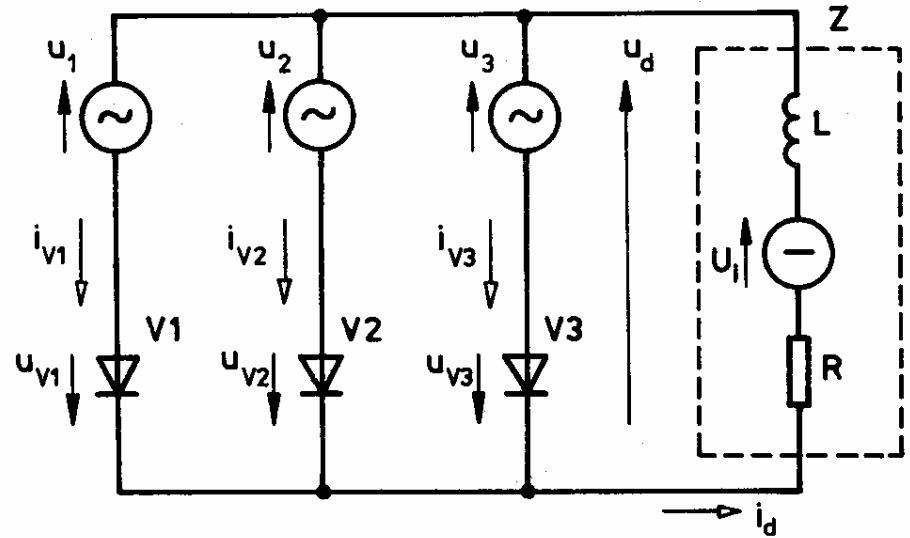
$$u_1 = U_m \sin \theta$$

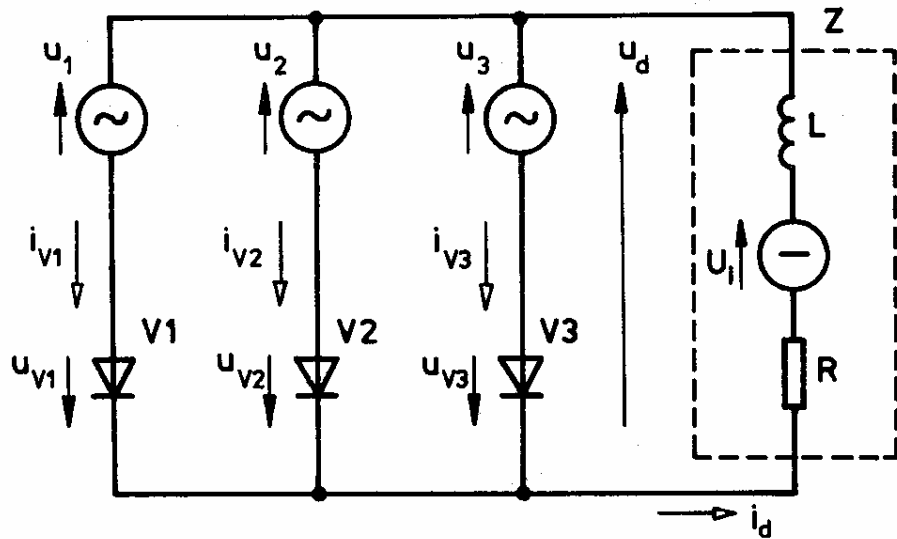
$$u_2 = U_m \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$u_3 = U_m \sin\left(\theta - \frac{4\pi}{3}\right)$$

$$\theta = \omega t$$

$$u_n = U_m \sin\left[\theta - (n-1)\frac{2\pi}{m}\right]$$





Trong khoảng $\theta_1 < \theta < \theta_2$:

- Giả sử V2 mở

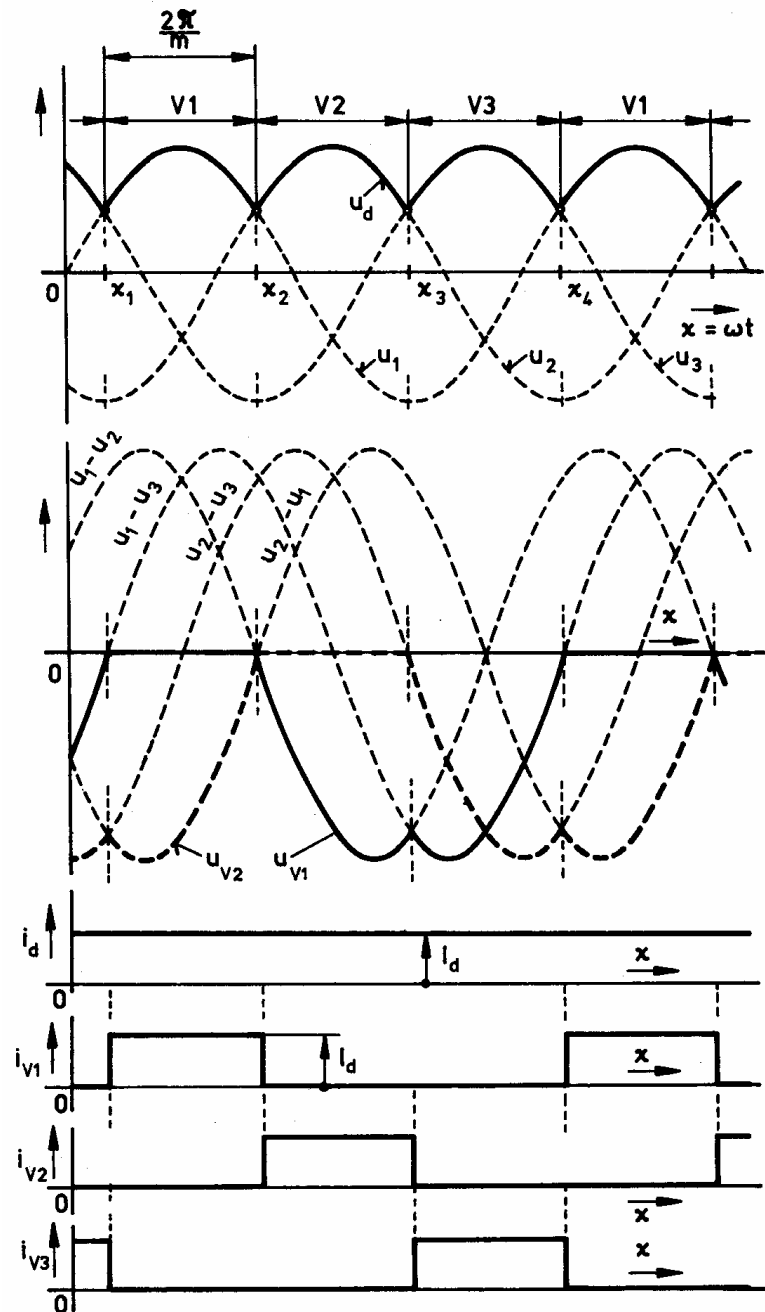
$$u_{V2} = 0 \Rightarrow$$

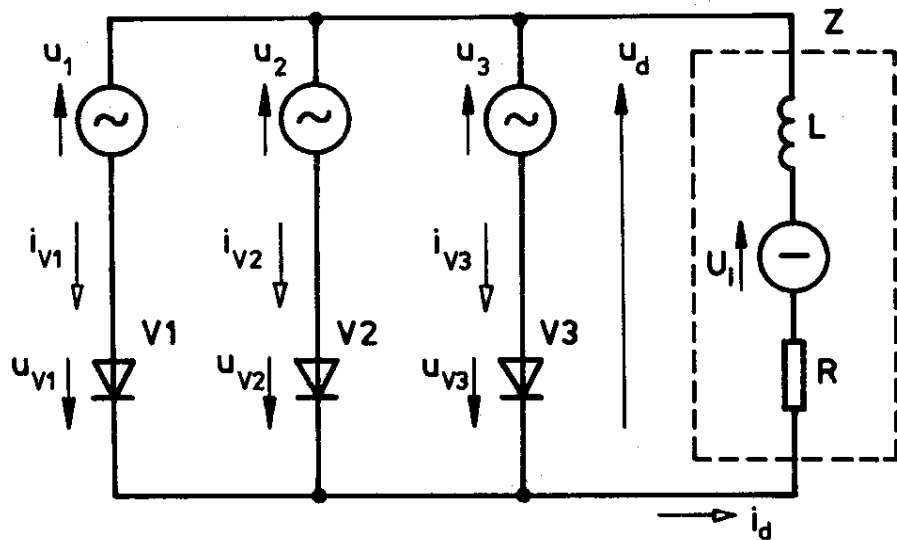
$$u_1 - u_2 - u_{V1} = 0 \Rightarrow u_{V1} = u_1 - u_2$$

$\Rightarrow u_{V1} > 0 \rightarrow$ Không hợp lý

Tương tự khi giả thiết V3 mở.

\rightarrow V1 mở \rightarrow Nhịp V1





Nhip V1 – $\theta_1 < \theta < \theta_2$:

$$u_{V1} = 0; u_{V2} = u_2 - u_1; u_{V3} = u_3 - u_1$$

$$u_d = u_1; i_d = i_{V1} = I_d; i_{V2} = i_{V3} = 0$$

Nhip V2 – $\theta_2 < \theta < \theta_3$:

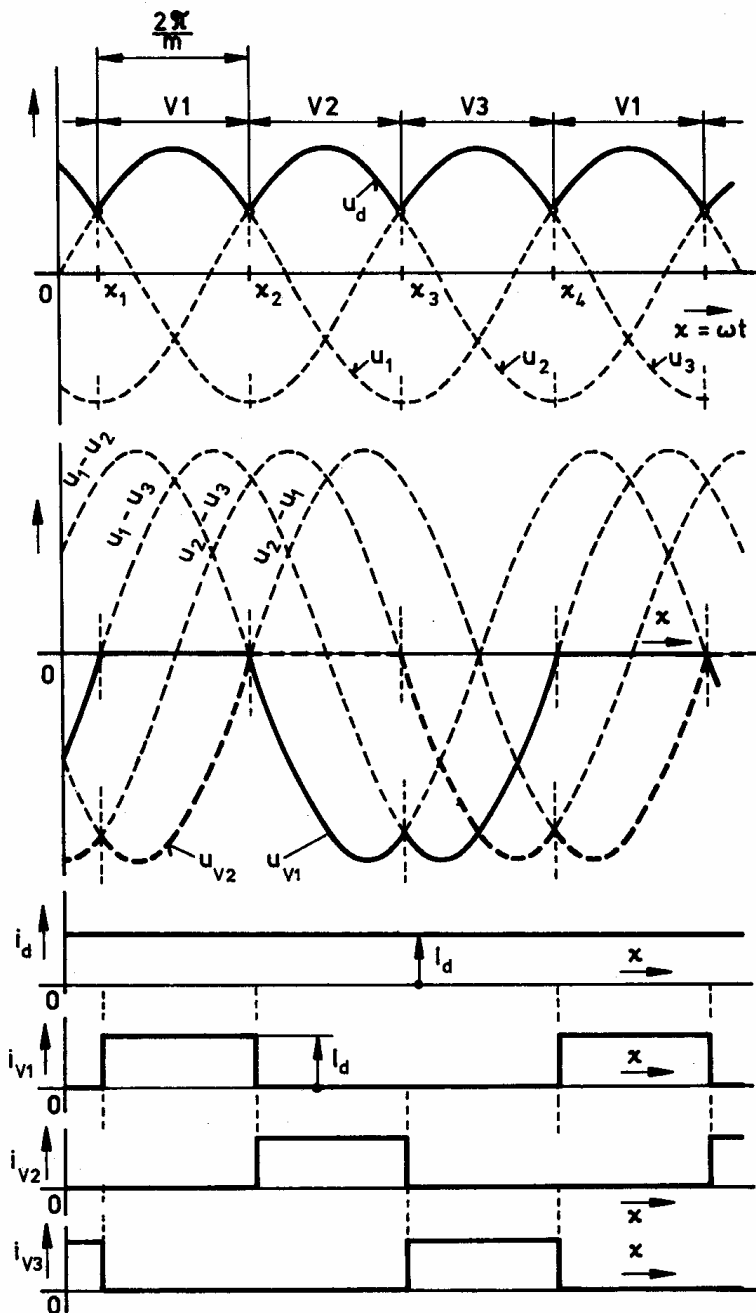
$$u_{V2} = 0; u_{V1} = u_1 - u_2; u_{V3} = u_3 - u_2$$

$$u_d = u_2; i_d = i_{V2} = I_d; i_{V1} = i_{V3} = 0$$

Nhip V3 – $\theta_3 < \theta < \theta_4$:

$$u_{V3} = 0; u_{V1} = u_1 - u_3; u_{V2} = u_2 - u_3$$

$$u_d = u_3; i_d = i_{V3} = I_d; i_{V1} = i_{V2} = 0$$



Nhịp V_n :

$$u_{Vn} = 0; u_{V1} = u_1 - u_n; u_{Vm} = u_m - u_n$$

$$u_d = u_n; i_d = i_{Vn} = I_d; i_{V1} = i_{Vm} = 0$$

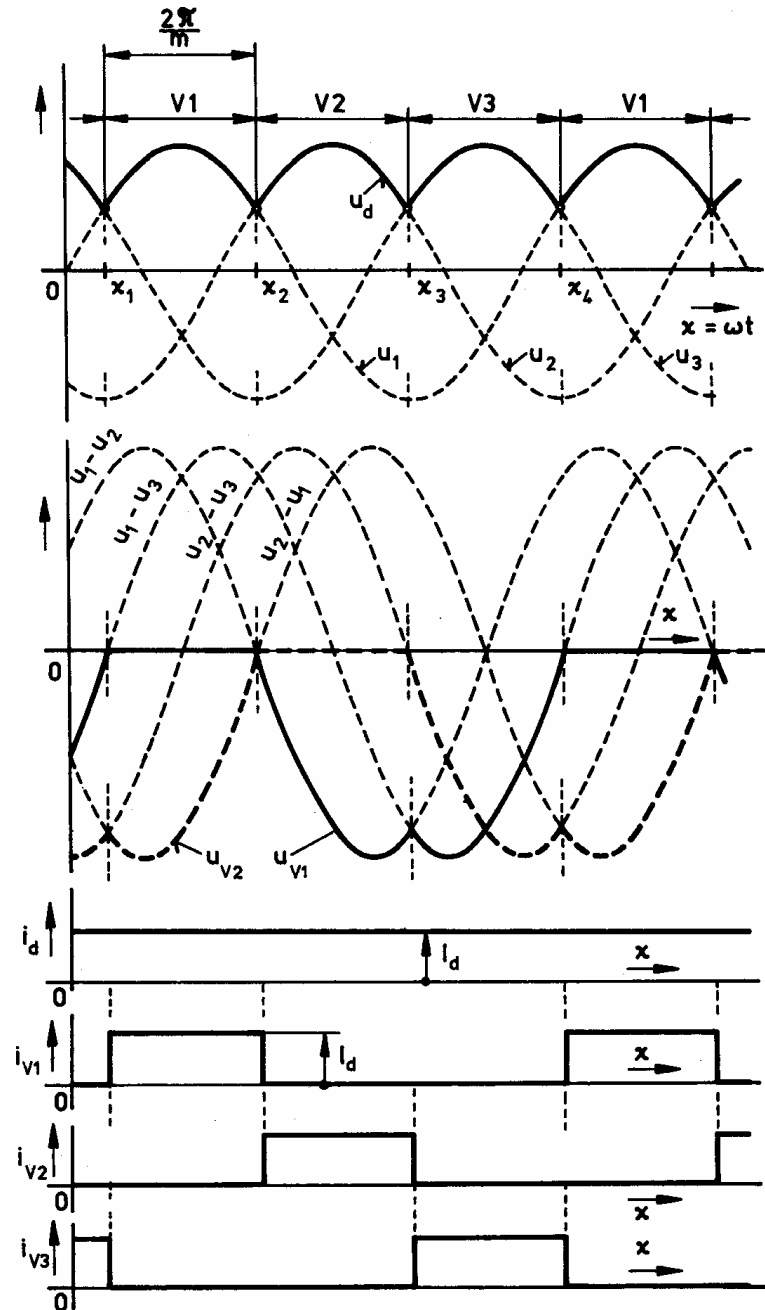
Số xung: **$p = m$**

Quá trình chuyển mạch tại các thời điểm θ_2 :

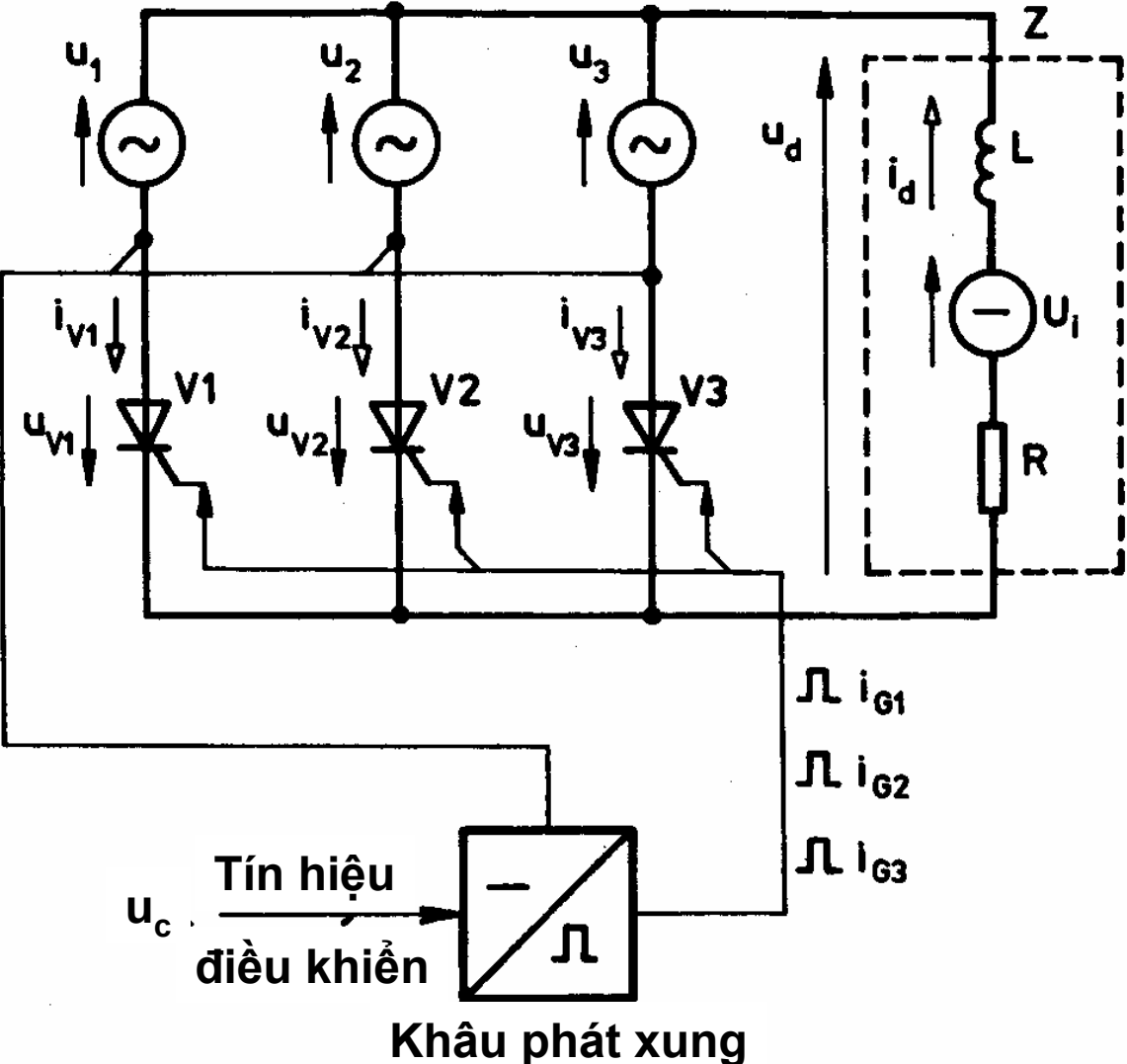
→ Điện áp chuyển mạch là $u_k = u_2 - u_1$

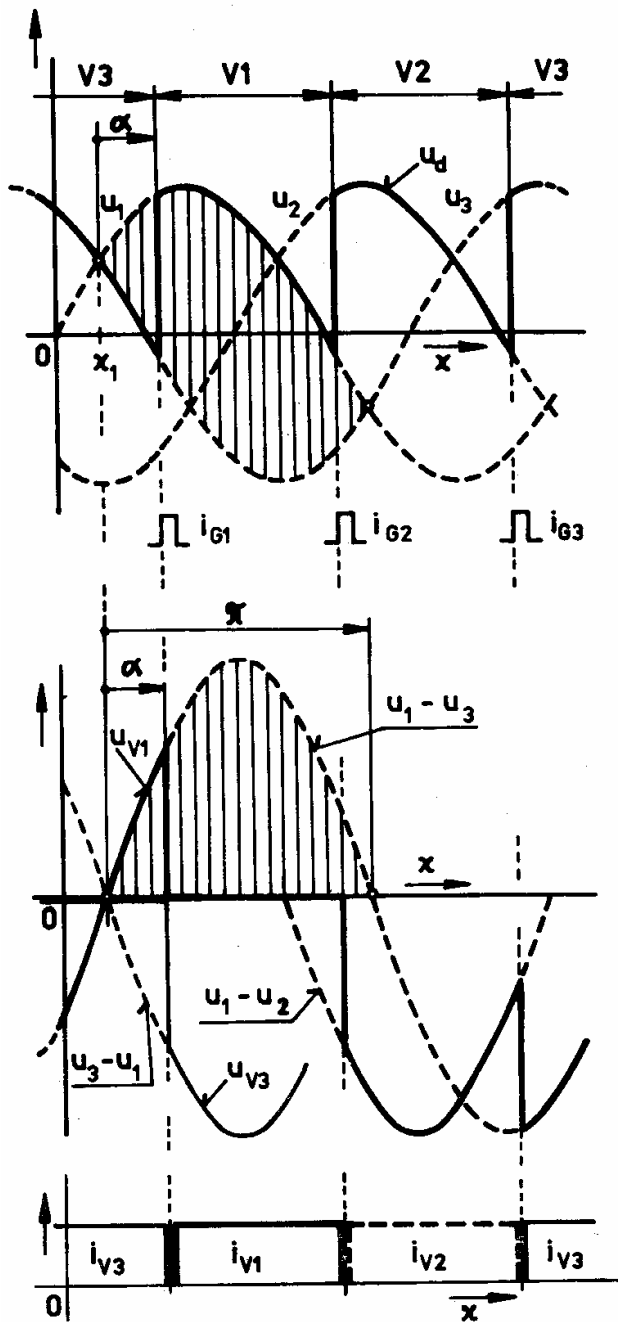
Tương tự tại các thời điểm θ_3, θ_4 :
điện áp chuyển mạch lần lượt là $u_3 - u_2$ và $u_1 - u_3$

→ Chuyển mạch tự nhiên



3.3.2 Chỉnh lưu hình tia có điều khiển



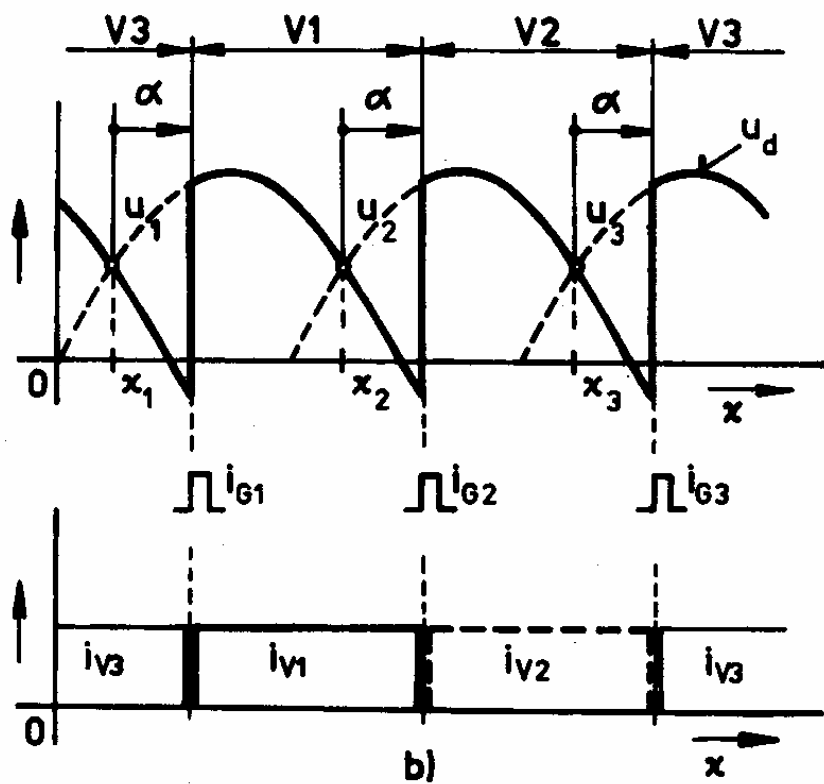
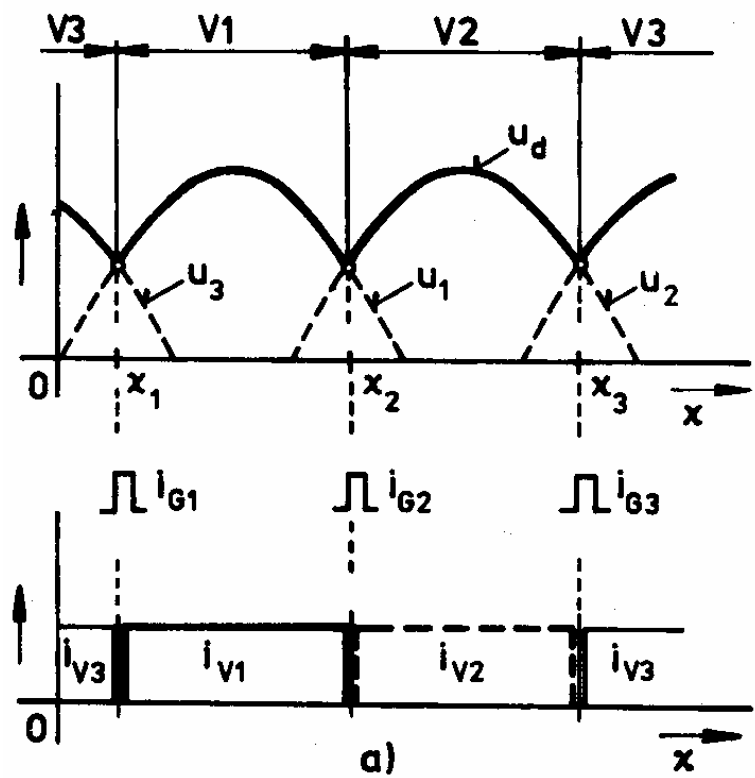


Thời điểm chuyển mạch tự nhiên

Góc điều khiển α : tính từ thời điểm chuyển mạch tự nhiên đến thời điểm phát xung mở thyristor.

Phạm vi của góc điều khiển α :

$$0 \leq \alpha < \pi$$

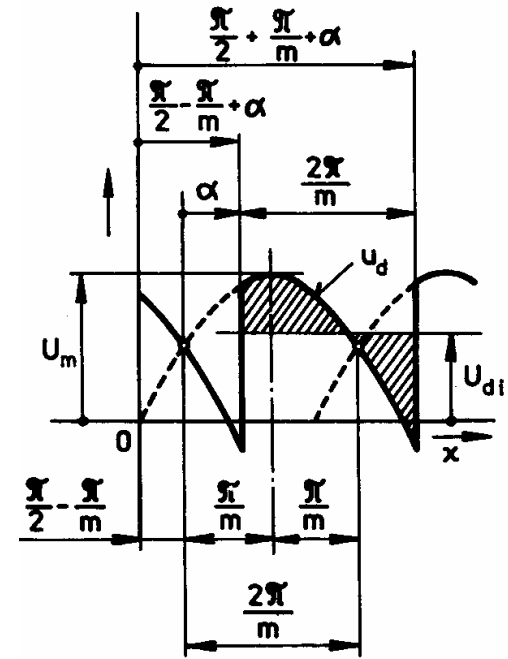


Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu

$$U_{di} = \frac{m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} + \alpha}^{\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m} + \alpha} U_m \sin \theta d\theta$$

$$U_{di} = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha = U_{di0} \cos \alpha$$

$$U_{di0} = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$$



U_{di0} : Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu không điều khiển.

$$m = 3$$

$$U_{di0} = \frac{3U_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} = \frac{3\sqrt{3}U_m}{2\pi} = \frac{3\sqrt{6}U_2}{2\pi} = 1.17U_2$$

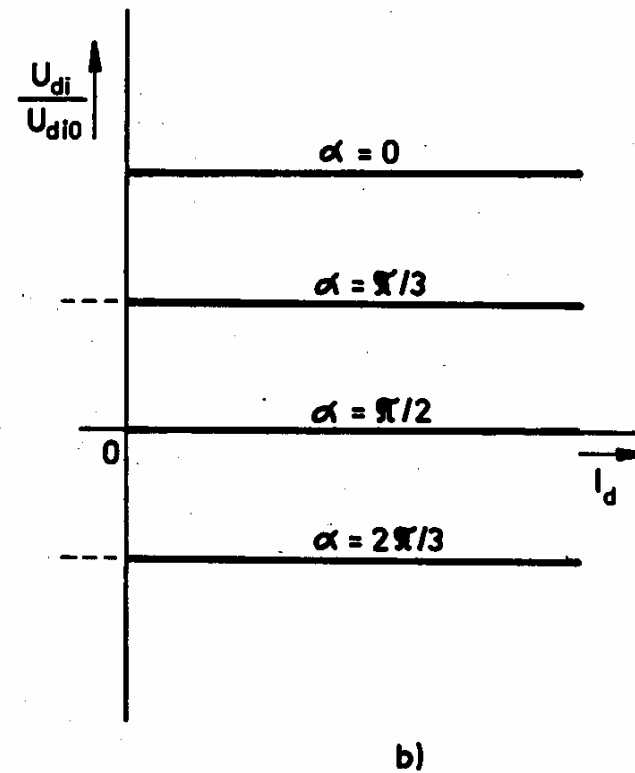
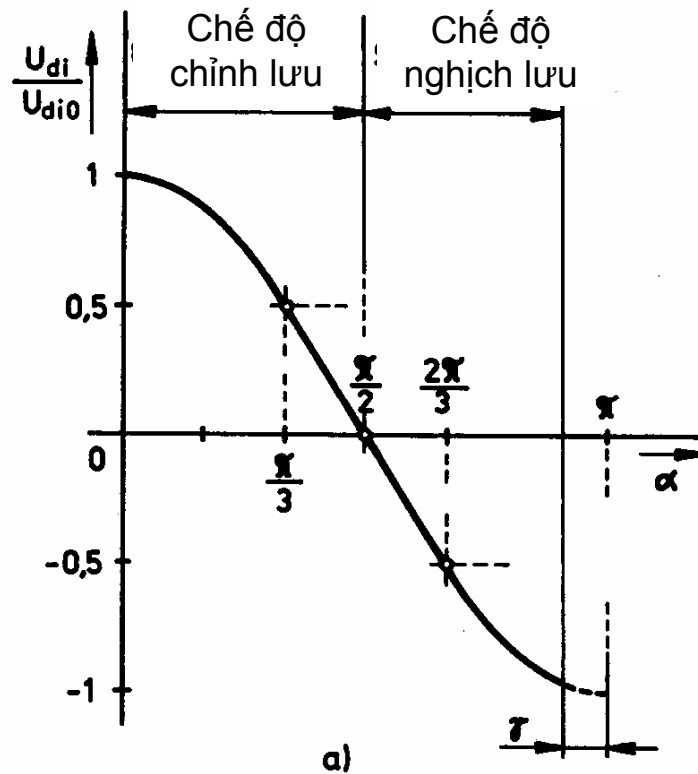
Các đường đặc tính

Đặc tính điều khiển:

- Đầu ra: U_d
- Đầu vào: α

$$U_{di} = U_{di0} \cos \alpha$$

Đặc tính ngoài (đặc tính tải):



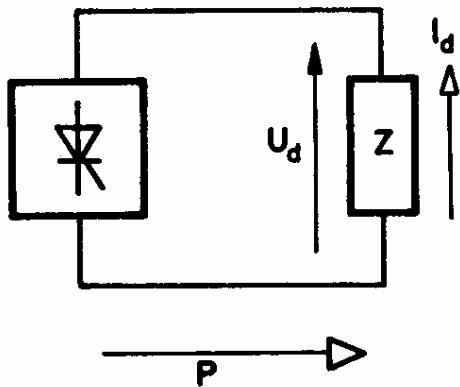
3.3.3 Chế độ làm việc chỉnh lưu và nghịch lưu phụ thuộc

- Chế độ làm việc chỉnh lưu

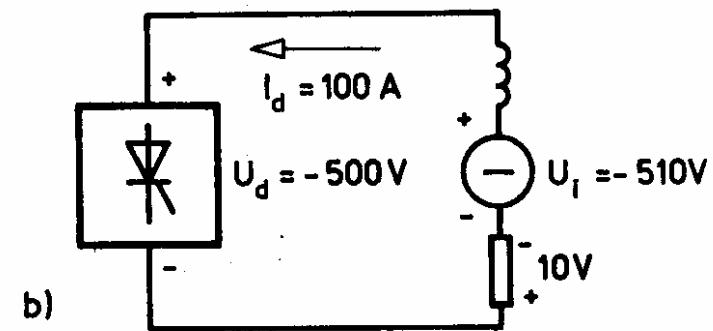
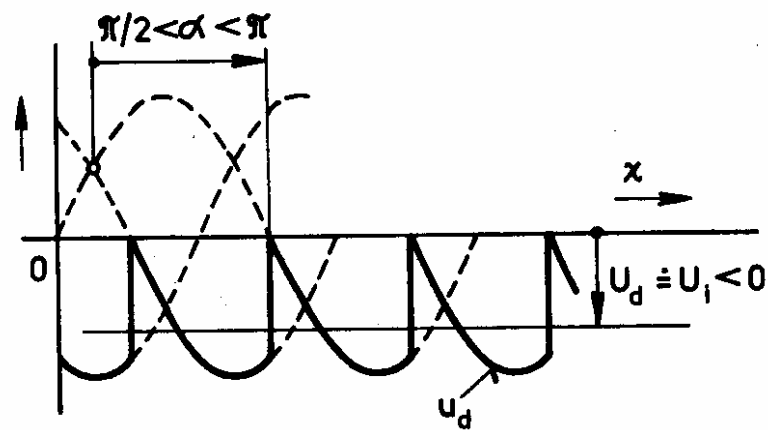
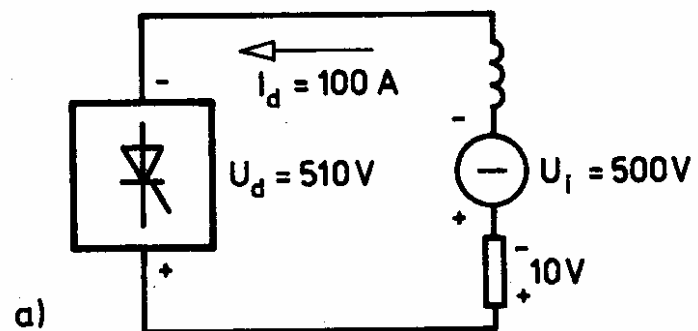
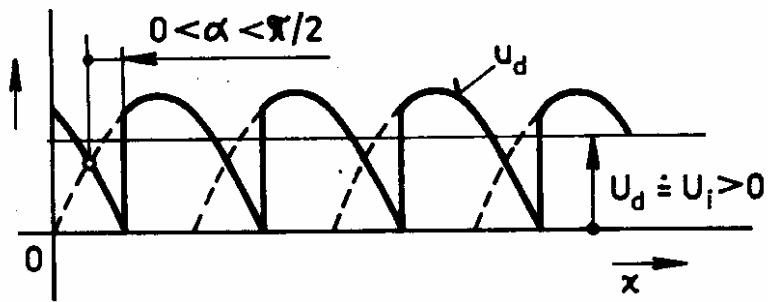
$$\frac{\pi}{6} < \alpha < \frac{\pi}{2} \quad \text{để có dòng liên tục: trong tải phải có L}$$

- Chế độ làm việc nghịch lưu

$$\alpha > \frac{\pi}{2} \quad \dots \text{ chế độ nghịch lưu phụ thuộc}$$



$$P = U_d I_d$$



Điều kiện để có nghịch lưu phụ thuộc

$$\alpha > \frac{\pi}{2}$$

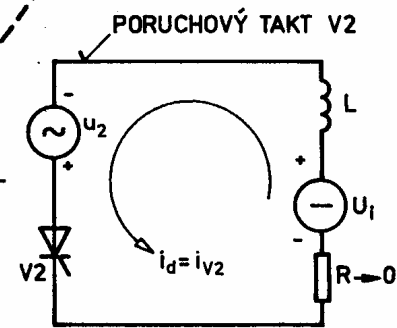
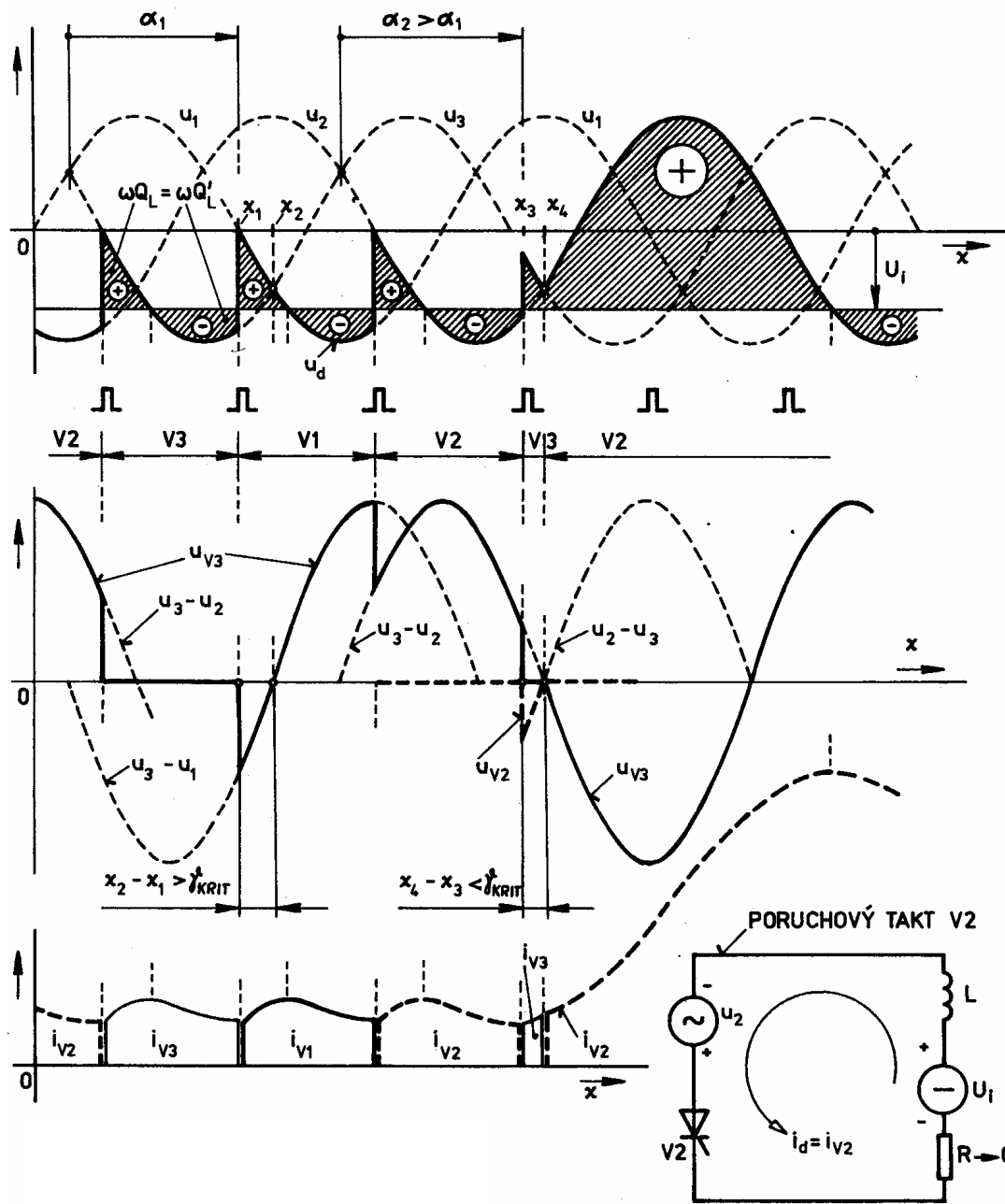
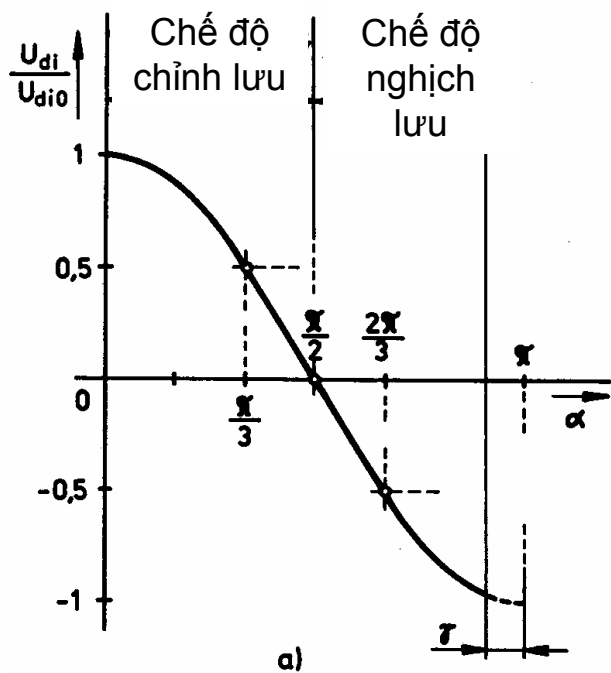
- Trong tải phải có E_u
- E_u đảo chiều

$$|E_u| > |U_d|$$

Góc an toàn γ

$$0 \leq \alpha < \pi - \gamma$$

$$\gamma = \omega t_{off}$$



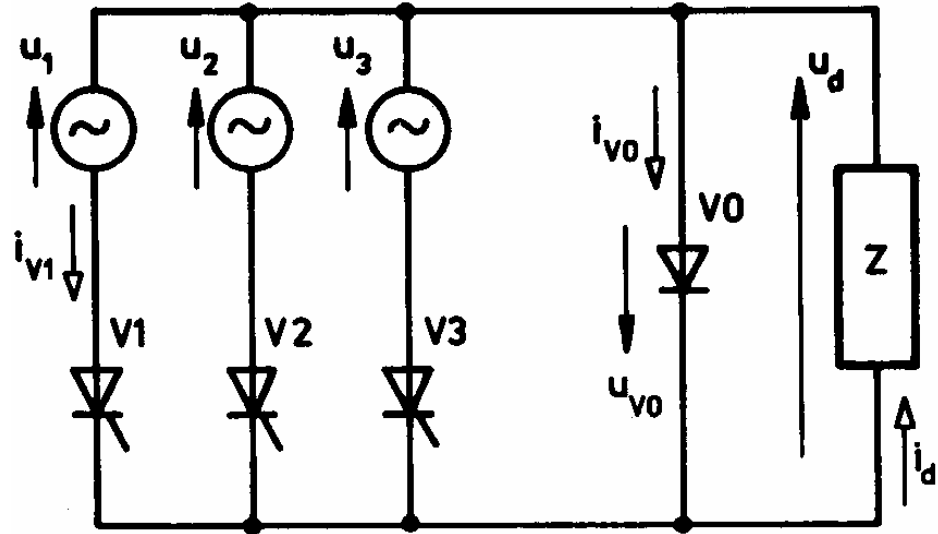
3.3.4 chỉnh lưu hình tia 3 pha có diode V0

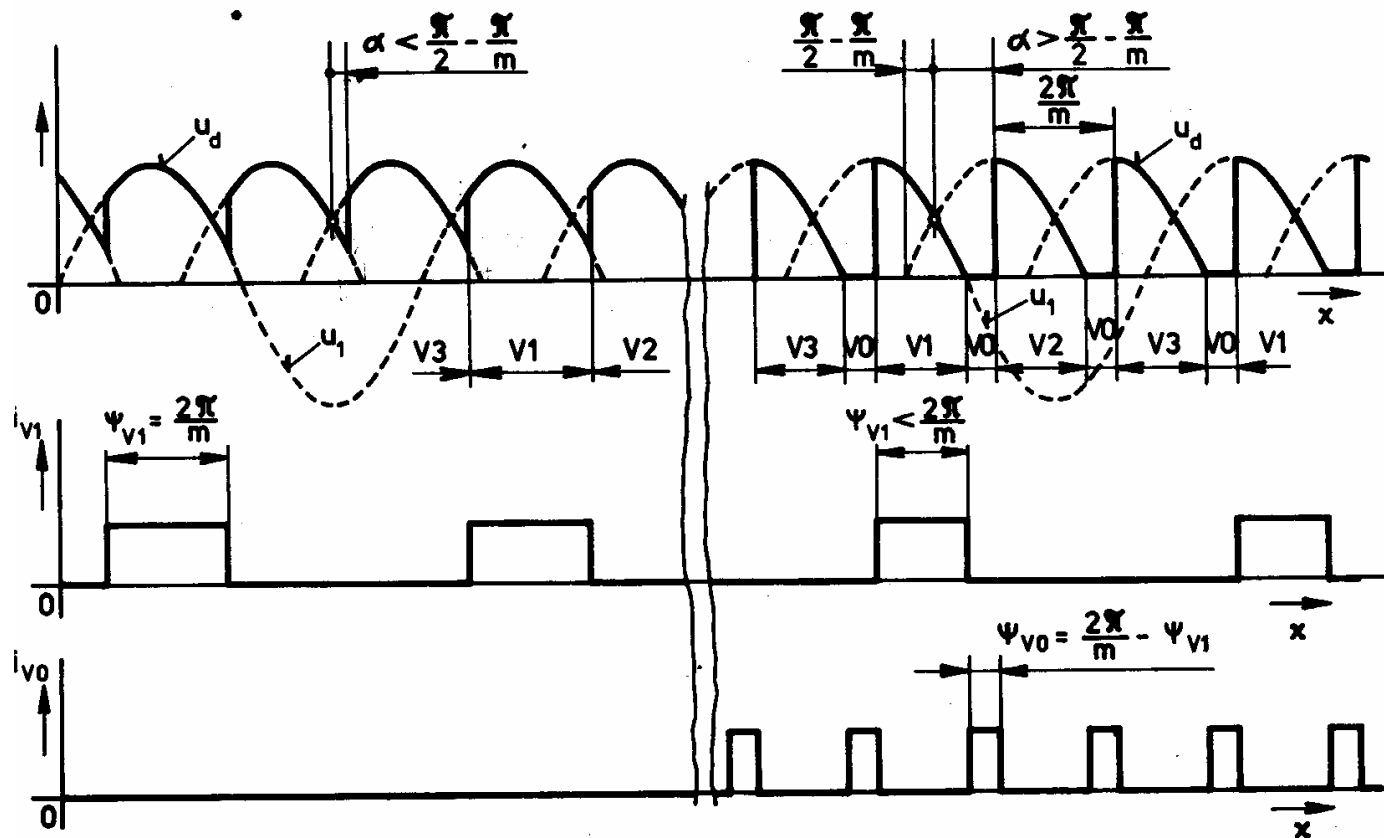
$$u_{V0} = -u_d$$

V0 sẽ mở khi trong trường hợp không có V0 thì $u_d < 0$

→ V0 chỉ hoạt động khi

$$\alpha \geq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}$$





Chen vào giữa các nhịp V1, V2, V3 là các nhịp V0:

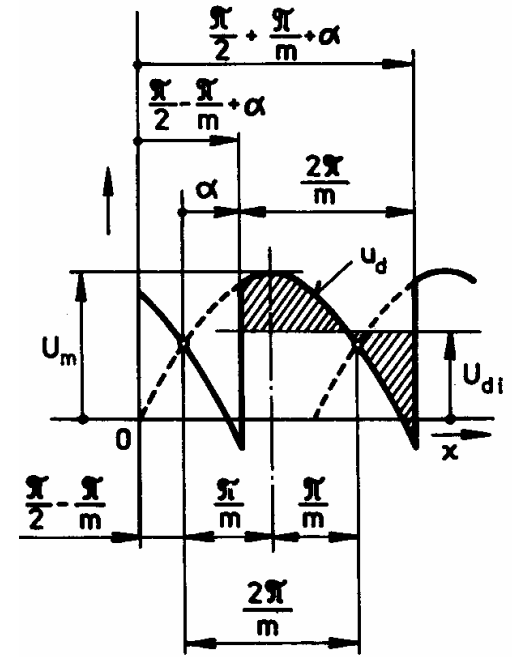
$$u_d = -u_{V0} = 0; \quad u_{V1} = u_1; \quad u_{V2} = u_2; \quad u_{V3} = u_3$$

$$i_d = i_{V0} = I_d$$

- $\alpha \leq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m}$

$$U_{di} = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha = U_{di0} \cos \alpha$$

$$U_{di0} = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$$



- $\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{m}$

$$U_{di} = \frac{mU_m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{m} + \alpha}^{\pi} \sin \theta d\theta = U_{di0} \frac{1 - \sin(\alpha - \frac{\pi}{m})}{2 \sin \frac{\pi}{m}}$$

$$U_{di0} = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$$

Ảnh hưởng của diode V0

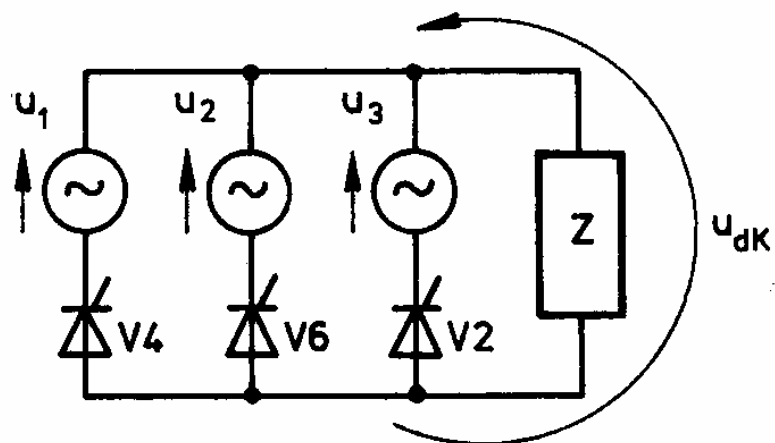
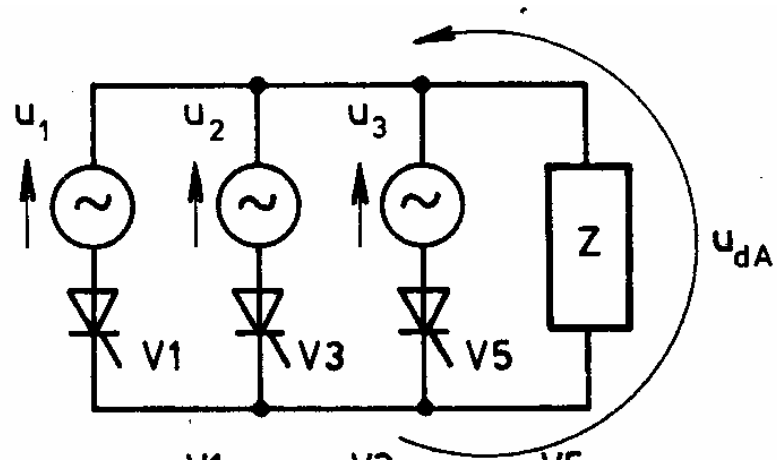
- Không có chế độ nghịch lưu
- Diode V0 làm tăng hiệu suất của bộ chỉnh lưu

$$\lambda = \frac{U_d I_d}{mUI}$$

U, I: giá trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện pha

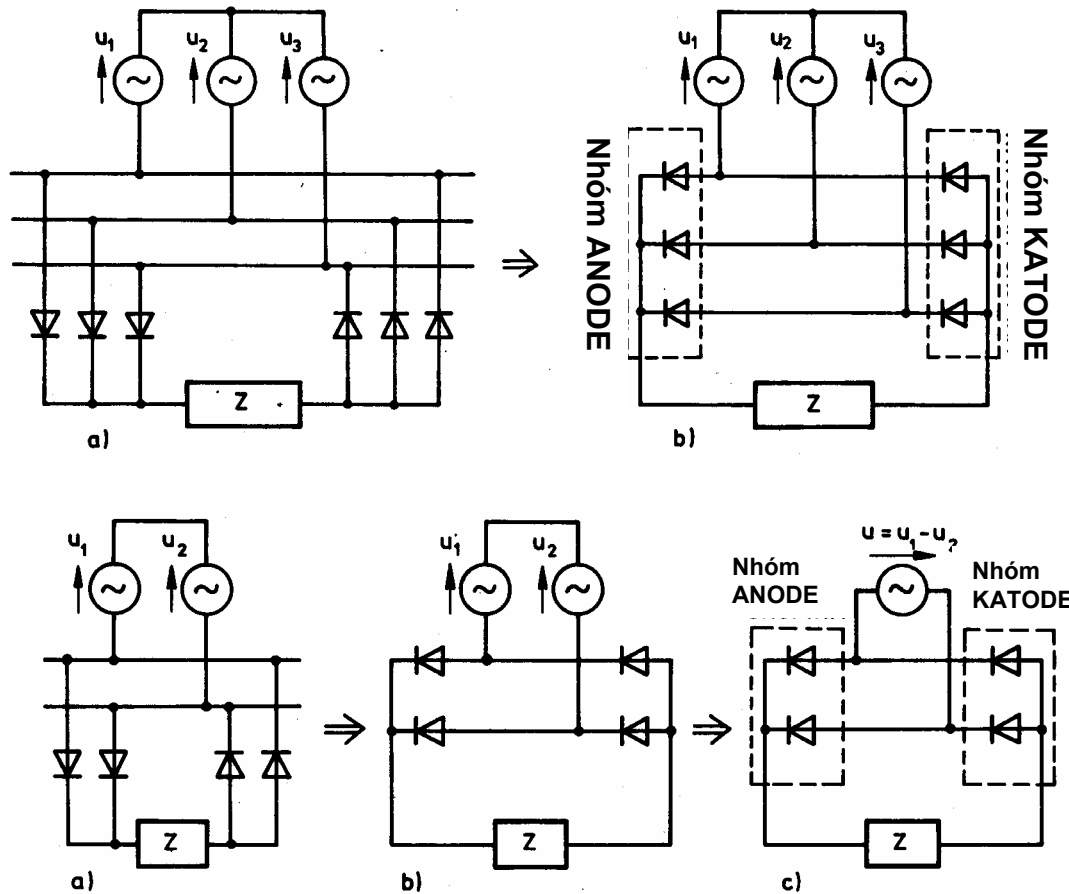
$$I = I_d \sqrt{\frac{\psi_{V1}}{2\pi}} \quad \psi_{V1} = \frac{2\pi}{m} - \psi_{V0}$$

- Diode V0 làm giảm giá trị hiệu dụng thành phần xoay chiều của điện áp chỉnh lưu



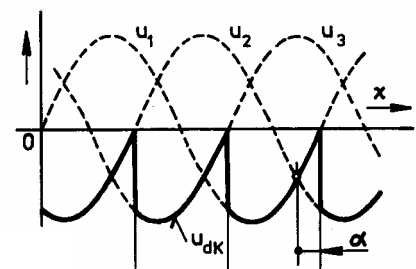
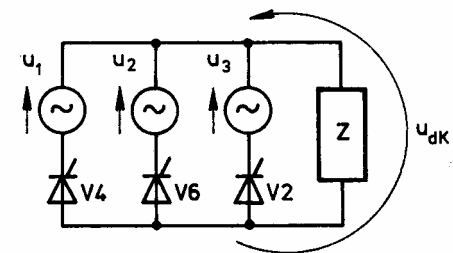
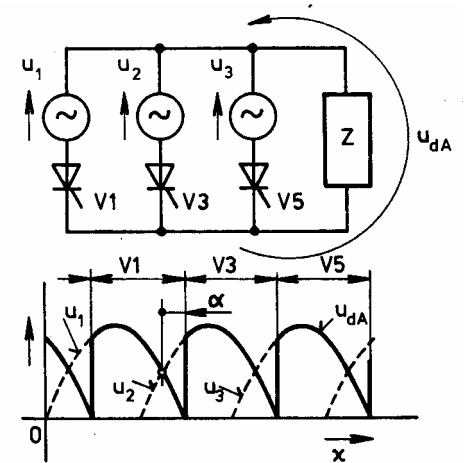
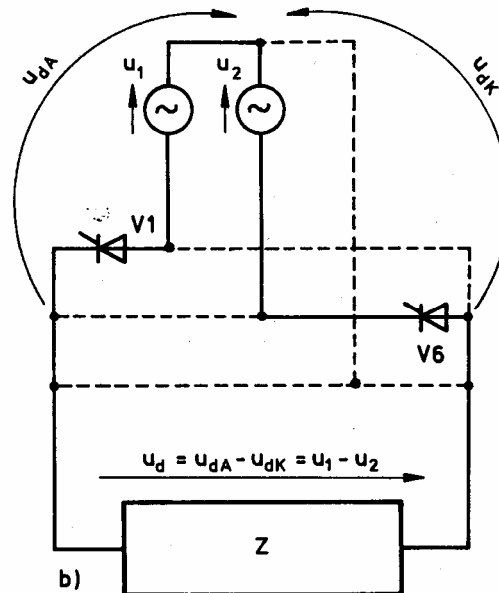
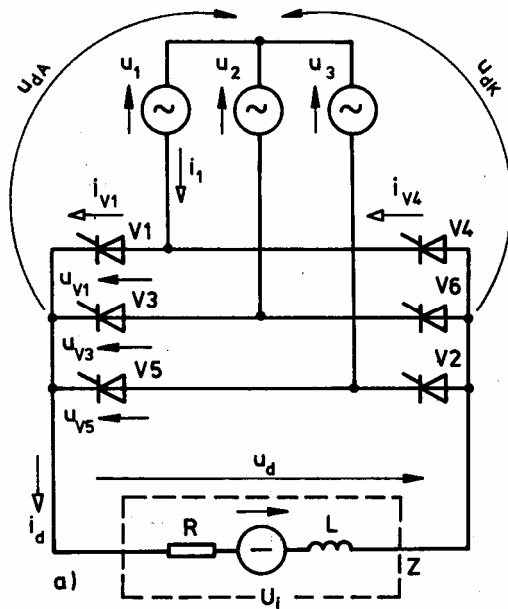
3.4 Chỉnh lưu hình cầu trong chế độ dòng liên tục

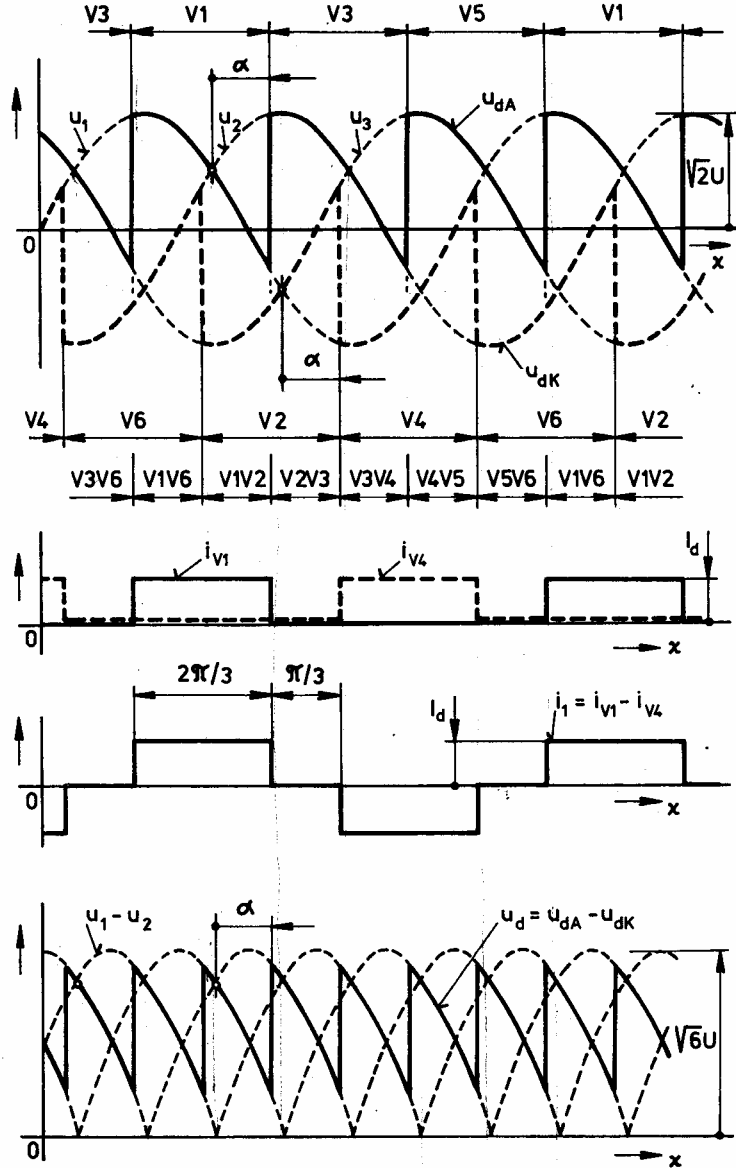
Thiết bị chỉnh lưu sơ đồ đấu nối hình cầu về thực chất là hai bộ chỉnh lưu hình tia mắc nối tiếp



3.4.1 Chỉnh lưu hình cầu 3 pha điều khiển hoàn toàn

Sơ đồ





• Dòng điện trong các pha:

$$i_1 = i_{V1} - i_{V4}; i_2 = i_{V3} - i_{V6}; i_3 = i_{V5} - i_{V2}$$

• Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu:

$$p = 2m$$

$$U_{di} = U_{diA} - U_{diK}$$

$$U_{diA} = -U_{diK}$$

$$= \frac{m\sqrt{2}U}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \cos \alpha$$

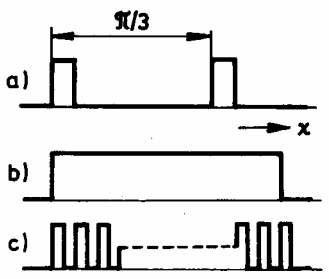
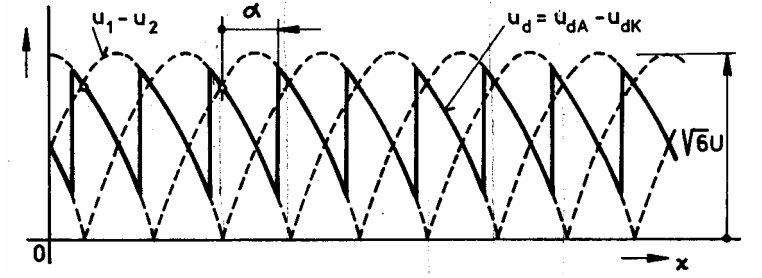
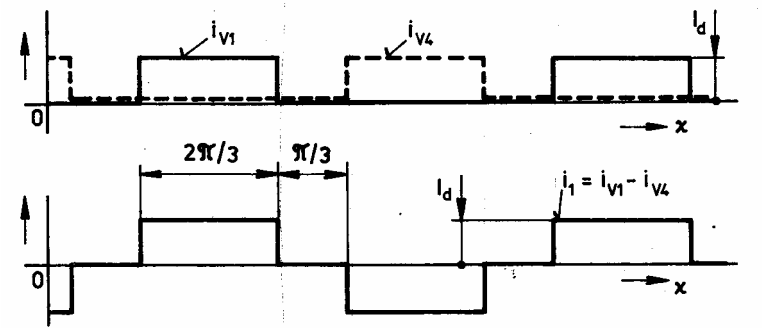
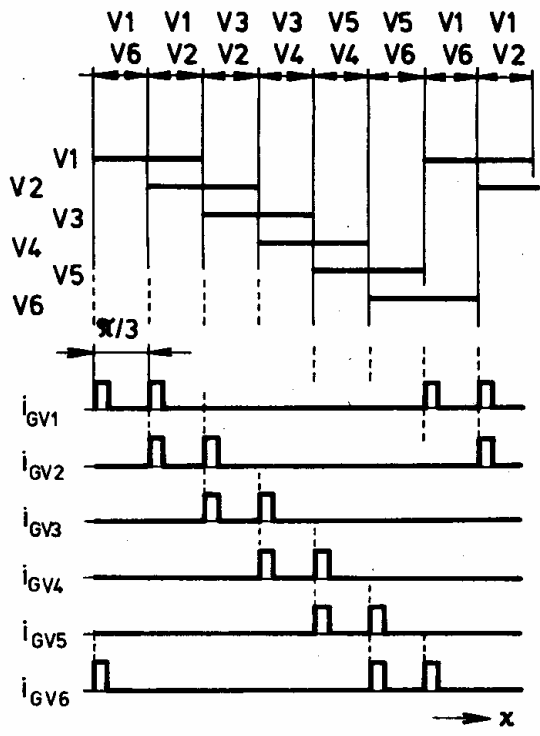
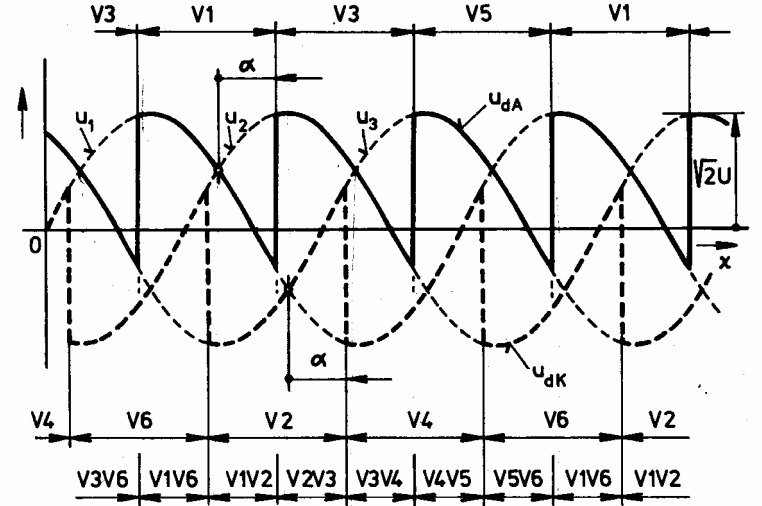
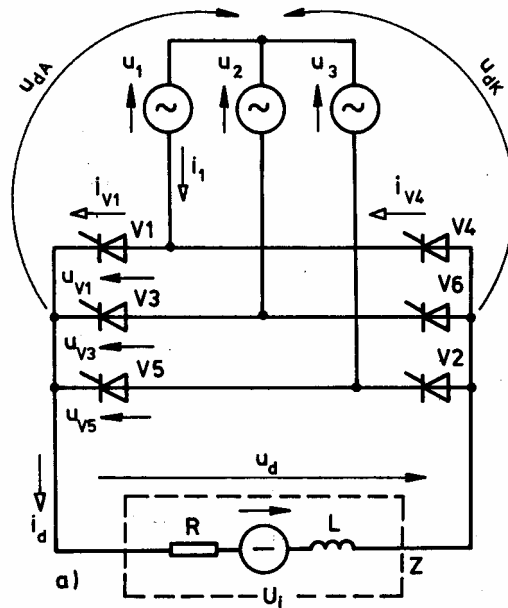
$$U_{di} = U_{di0} \cos \alpha$$

$$U_{di0} = \frac{2\sqrt{2}mU}{\pi} \sin \frac{\pi}{m}$$

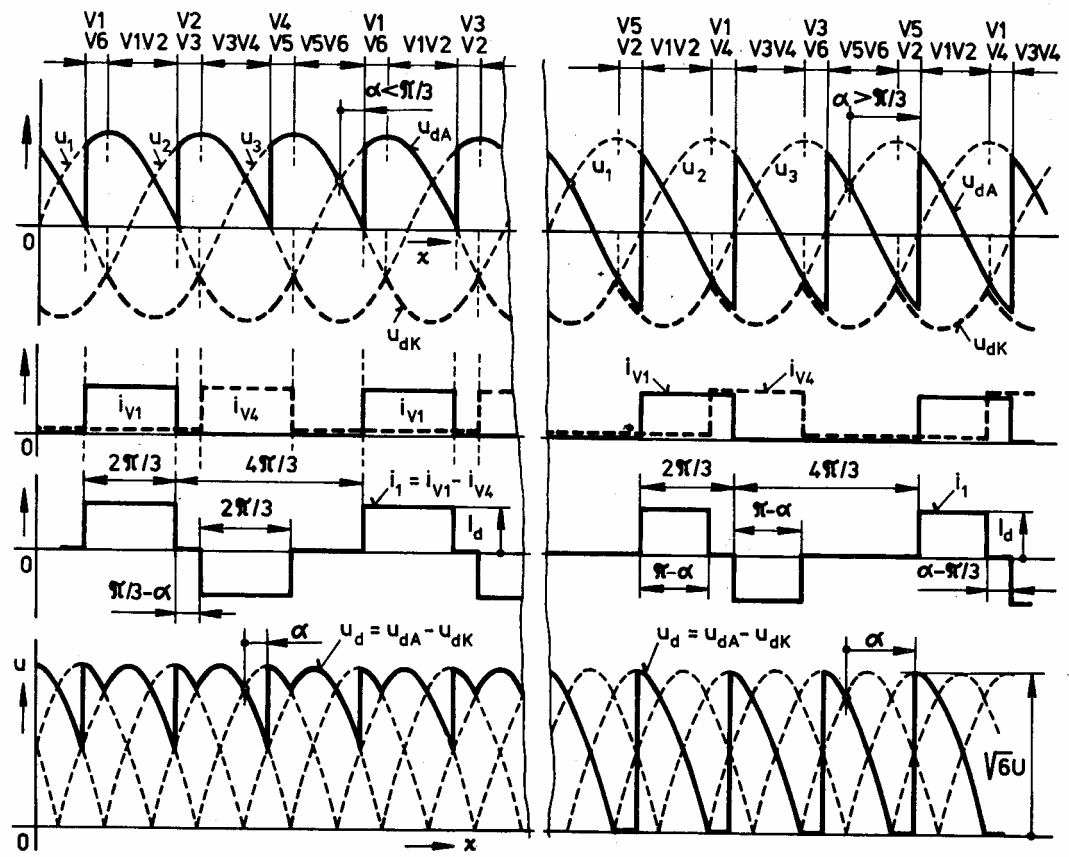
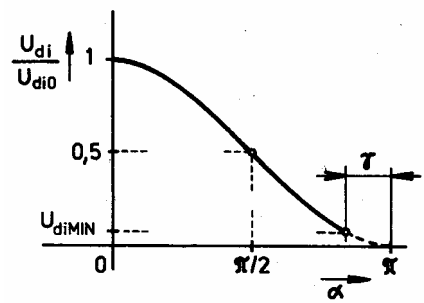
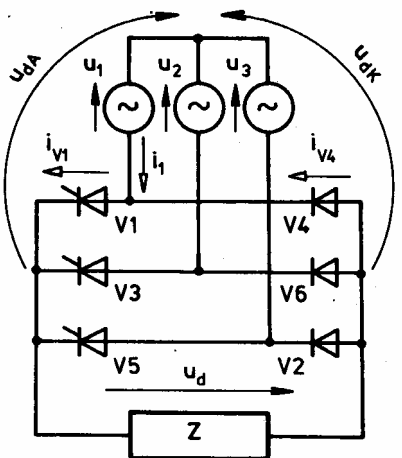
Trong trường hợp $m = 3$

$$U_{di0} = \frac{3\sqrt{6}U}{\pi} = 2.34U$$

- Giảm đồ đóng cắt
- Xung điều khiển:



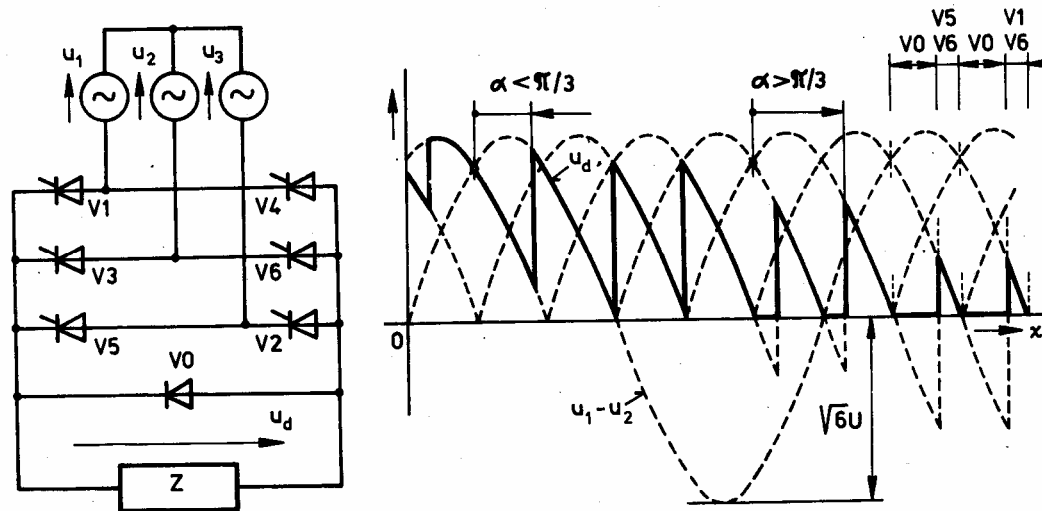
3.4.2 chỉnh lưu hình cầu bán điều khiển



$$U_{diA} = \frac{3\sqrt{6}U}{2\pi} \cos \alpha$$

$$U_{diK} = -\frac{3\sqrt{6}U}{2\pi} \Rightarrow U_{di} = U_{di0} \frac{1 + \cos \alpha}{2}; U_{di0} = \frac{3\sqrt{6}U}{\pi}$$

3.4.3 chỉnh lưu hình cầu điều khiển hoàn toàn có diode V0



Diode V0 sẽ hoạt động khi

- Tác dụng:
- Giảm độ nhấp nhô của điện áp và dòng điện tải
 - Tăng hiệu suất
 - Không cho phép chế độ nghịch lưu phụ thuộc

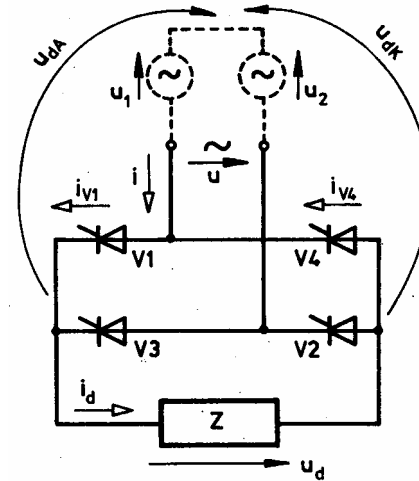
$$U_{di} = \frac{U_{di0}}{2} \left[1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right]; \quad \frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} \quad U_{di0} = \frac{3\sqrt{6}U}{\pi}$$

3.4.4 chỉnh lưu cầu một pha điều khiển hoàn toàn

$$u = U_m \sin \theta = u_1 - u_2$$

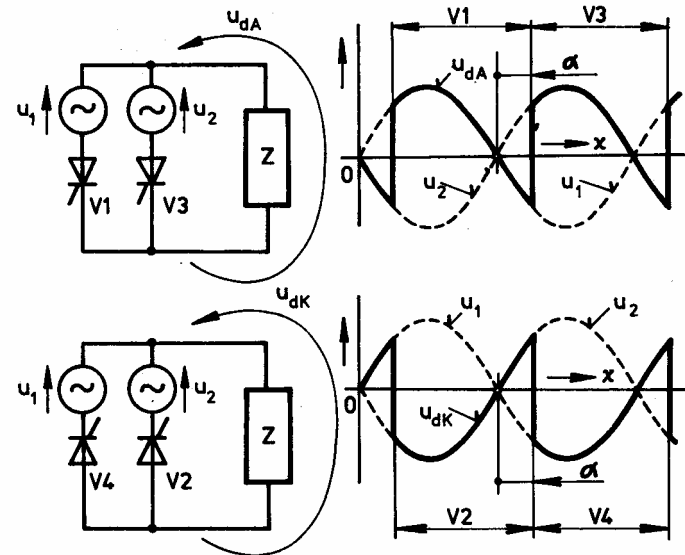
$$u_1 = \frac{U_m}{2} \sin \theta$$

$$u_2 = \frac{U_m}{2} \sin(\theta - \pi)$$



$$u_d = u_{dA} - u_{dK}$$

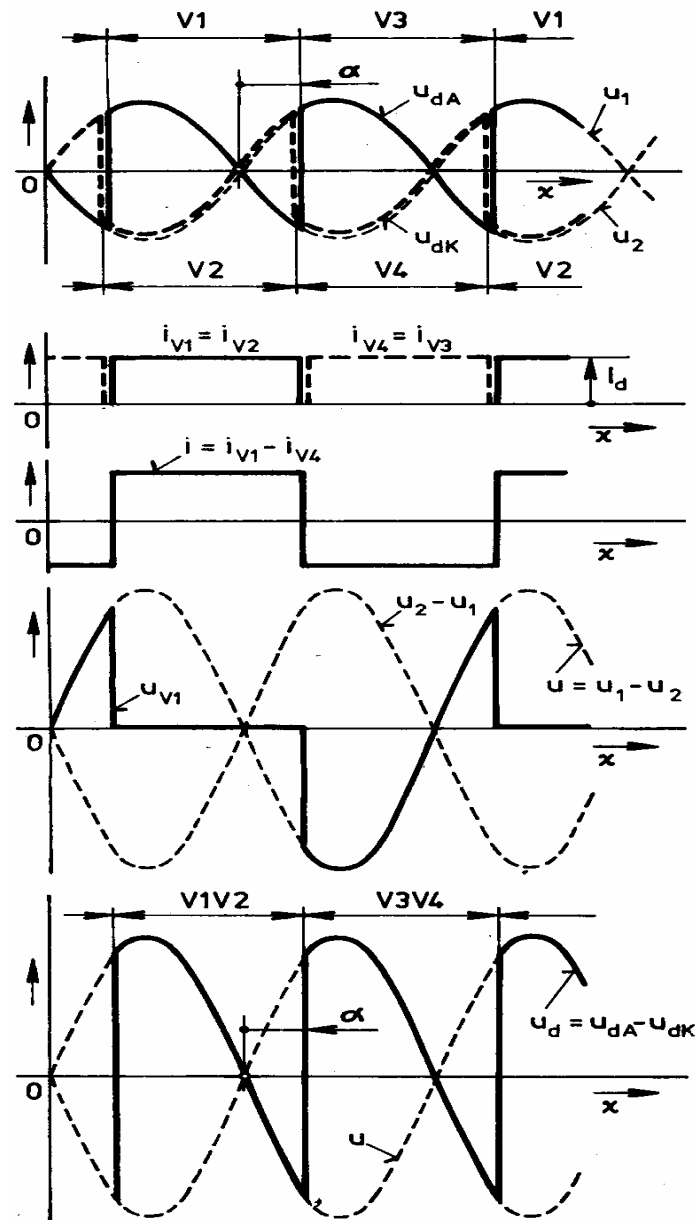
$$i = i_{V1} - i_{V4} = i_{V2} - i_{V3}$$



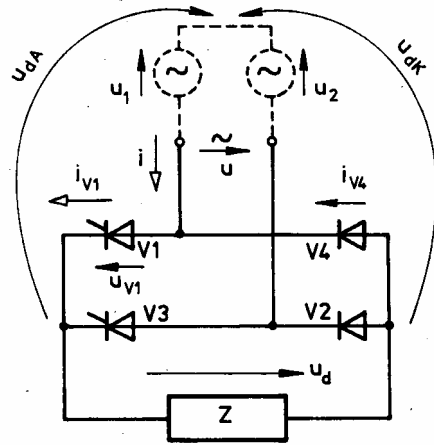
Giá trị trung bình điện áp chỉnh lưu

$$U_{di} = U_{di0} \cos \alpha$$

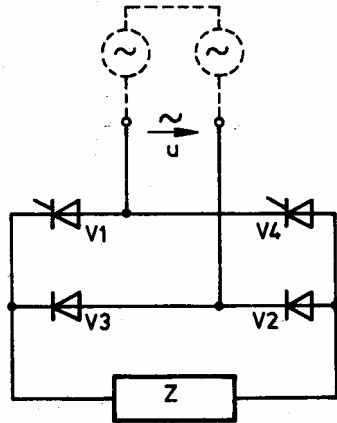
$$U_{di0} = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 0.9U$$



3.4.5 chỉnh lưu cầu một pha bán điều khiển



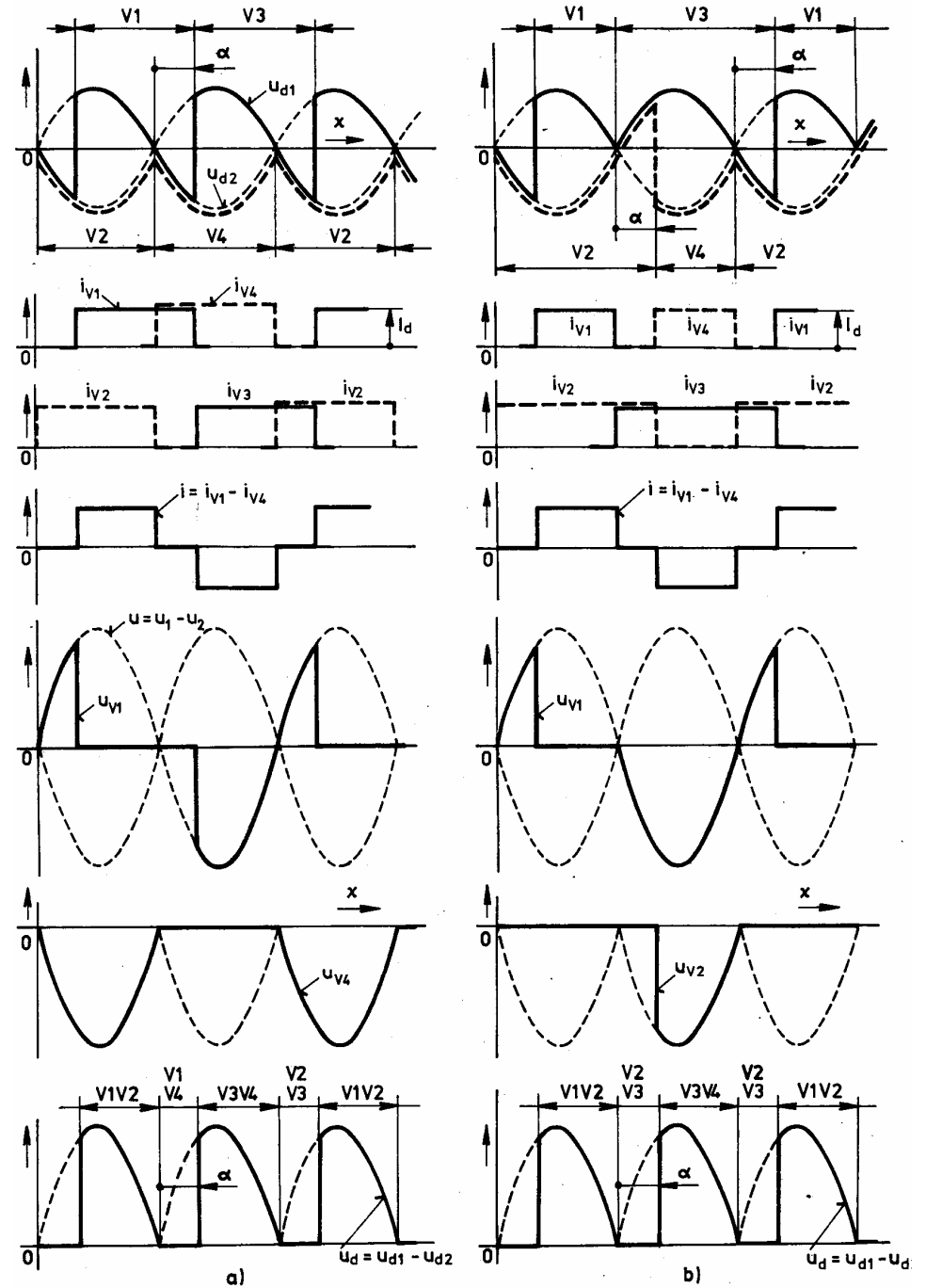
a)



b)

$$U_{di} = U_{di0} \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

$$U_{di0} = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi}$$



So sánh giữa hai phương án: điều khiển hoàn toàn và bán điều khiển

- Đỉnh âm của sóng điện áp chỉnh lưu bị cắt → đỡ nhấp nhô
- Không thể làm việc ở chế độ nghịch lưu
- Hiệu suất bộ biến đổi cao hơn.

3.5 Dòng điện liên tục và gián đoạn của chỉnh lưu p – xung

3.5.1 Thiết bị chỉnh lưu ở chế độ dòng điện gián đoạn

Sự xuất hiện của dòng điện gián đoạn

- Tải R: $i_d \geq 0 \Rightarrow u_d \geq 0$

Trong nhịp "0": $u_d = 0$; $u_{Vi} = u_i$

- Tải R,L: $U_d = RI_d > 0$

→ với các α mà ở chế độ dòng liên tục $U_d < 0$ sẽ xuất hiện dòng điện gián đoạn

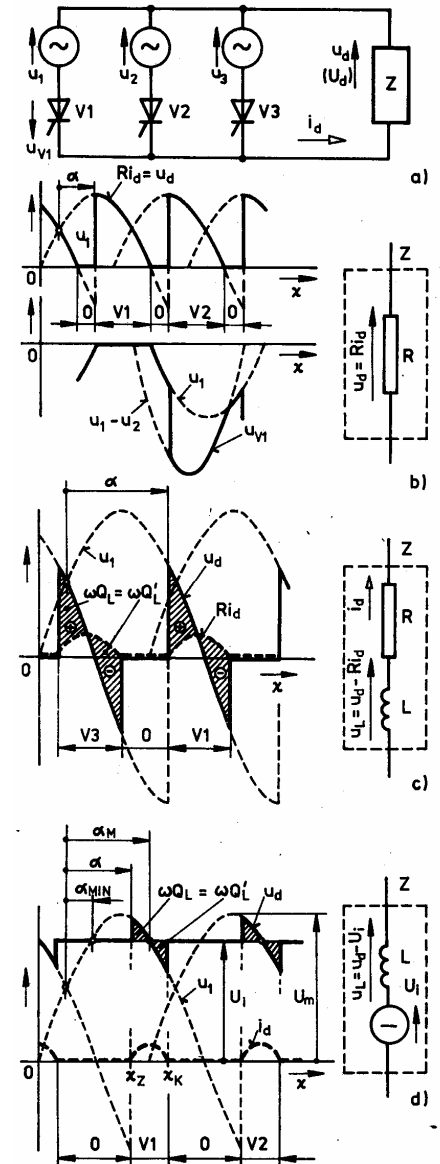
Trong nhịp "0": $u_d = 0$; $u_{Vi} = u_i$

- Tải L, E_u : $U_d = E_u$

→ với các α mà ở chế độ dòng liên tục $U_d < E_u$ sẽ xuất hiện dòng điện gián đoạn

Trong nhịp "0": $u_d = E_u$; $u_{Vi} = u_i - E_u$

$\exists \theta_{MIN}; \theta_{MAX}$



3.5.2 Phân tích dòng điện chỉnh lưu của chỉnh lưu p – xung, không có V0

$p = 1 \rightarrow$ Dòng điện luôn gián đoạn

Với $p > 1$:

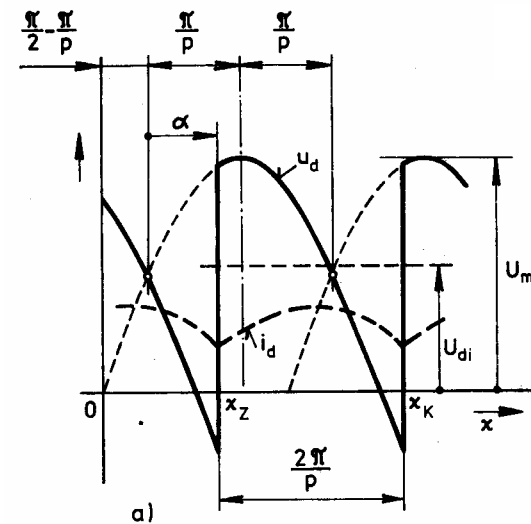
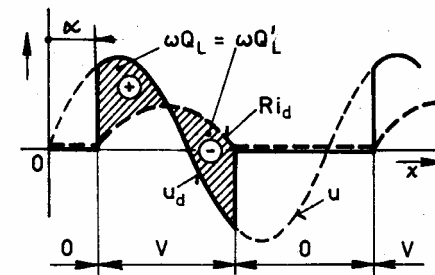
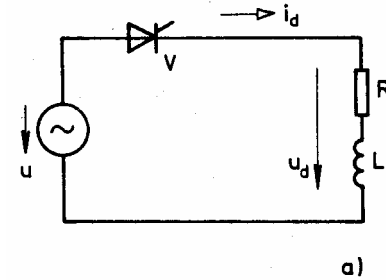
- Chỉnh lưu hình tia có điều khiển m – pha. $p = m$. U_m là biên độ điện áp pha

- Chỉnh lưu hình cầu điều khiển hoàn toàn m – pha. $p = 2m$. U_m là biên độ điện áp dây (trừ trường hợp $m = 1$)

Góc bắt đầu:

- $p = 1: \theta_Z = \alpha$

- $p > 1: \theta_Z = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} + \alpha$



Tải tổng quát R, L, E_u:

$$Ri_d + \omega L \frac{di_d}{d\theta} + E_u = U_m \sin \theta \quad (1)$$

$$i_d = \frac{U_m}{Z} \sin(\theta - \varphi) - \frac{E_u}{R} \left(1 - e^{-\frac{\theta - \theta_Z}{\omega\tau}} \right) + \quad (2)$$

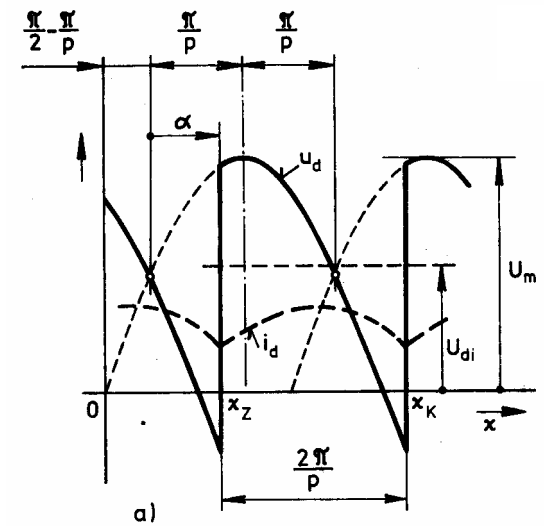
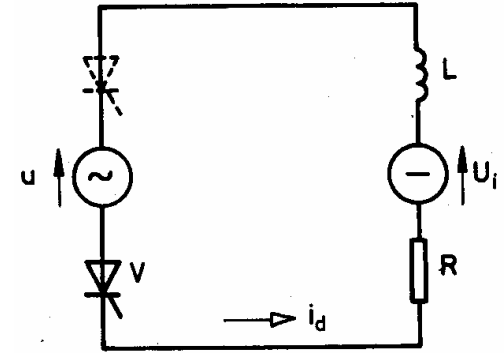
$$+ \left[i_d(\theta_Z) - \frac{U_m}{Z} \sin(\theta_Z - \varphi) \right] e^{-\frac{\theta - \theta_Z}{\omega\tau}}$$

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

$$\varphi = \text{arctg} \frac{\omega L}{R}$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Điều kiện: $i_d \geq 0$



Dòng điện gián đoạn:

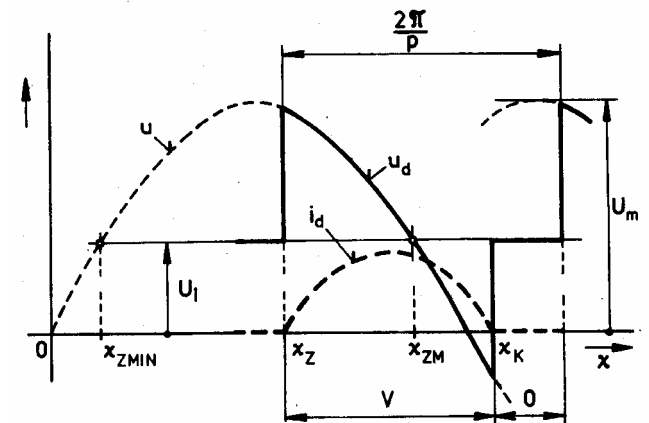
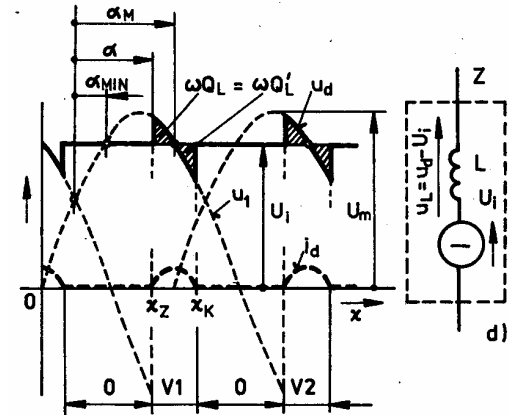
$$\theta_{MIN} < \theta_Z < \theta_{MAX}$$

$$\theta_{MIN} = \arcsin \frac{E_u}{U_m} < \frac{\pi}{2}$$

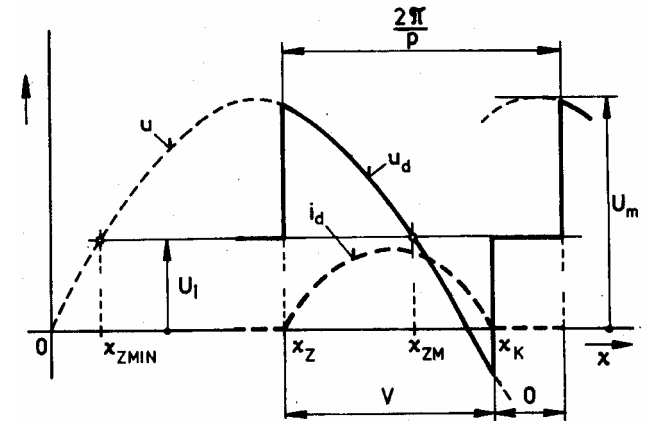
$$\theta_{MAX} = \arcsin \frac{E_u}{U_m} > \frac{\pi}{2}$$

$i_d(\theta_Z) = 0$ Thay vào (2)

$$i_d = \frac{U_m}{Z} \sin(\theta - \varphi) - \frac{E_u}{R} \left(1 - e^{-\frac{\theta - \theta_Z}{\omega\tau}} \right) + \frac{U_m}{Z} \sin(\theta_Z - \varphi) e^{-\frac{\theta - \theta_Z}{\omega\tau}} \quad (3)$$



$$i_d(\theta_K) = 0 = \frac{U_m}{Z} \sin(\theta_K - \varphi) - \frac{E_u}{R} \left(1 - e^{-\frac{\theta_K - \theta_Z}{\omega\tau}} \right) + \frac{U_m}{Z} \sin(\theta_Z - \varphi) e^{-\frac{\theta_K - \theta_Z}{\omega\tau}} \quad (4)$$



Sử dụng toán số giải (4) để xác định θ_K với điều kiện:

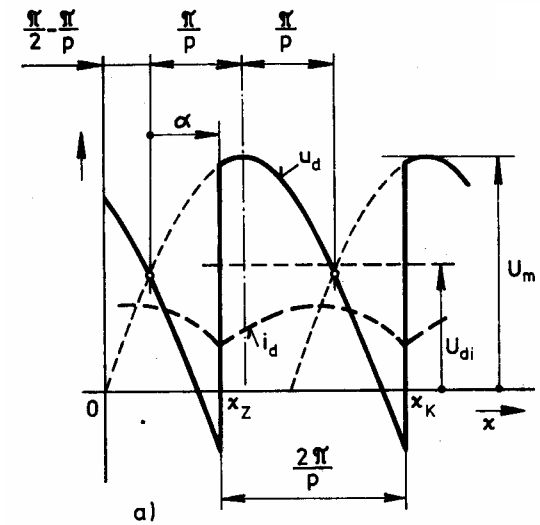
$$\theta_K - \theta_Z \leq \frac{2\pi}{p}$$

Dòng điện liên tục

$$i_d(\theta_Z) = i_d(\theta_K) > 0; \quad \theta_K = \theta_Z + \frac{2\pi}{p}$$

Áp dụng vào (2)

$$i_d(\theta_Z) = i_d(\theta_K) = \frac{U_m}{Z} \sin\left(\theta_Z + \frac{2\pi}{p} - \varphi\right) - \frac{E_u}{R} \left(1 - e^{-\frac{2\pi}{p\omega\tau}}\right) + \left[i_d(\theta_Z) - \frac{U_m}{Z} \sin(\theta_Z - \varphi) \right] e^{-\frac{2\pi}{p\omega\tau}} \quad (5)$$

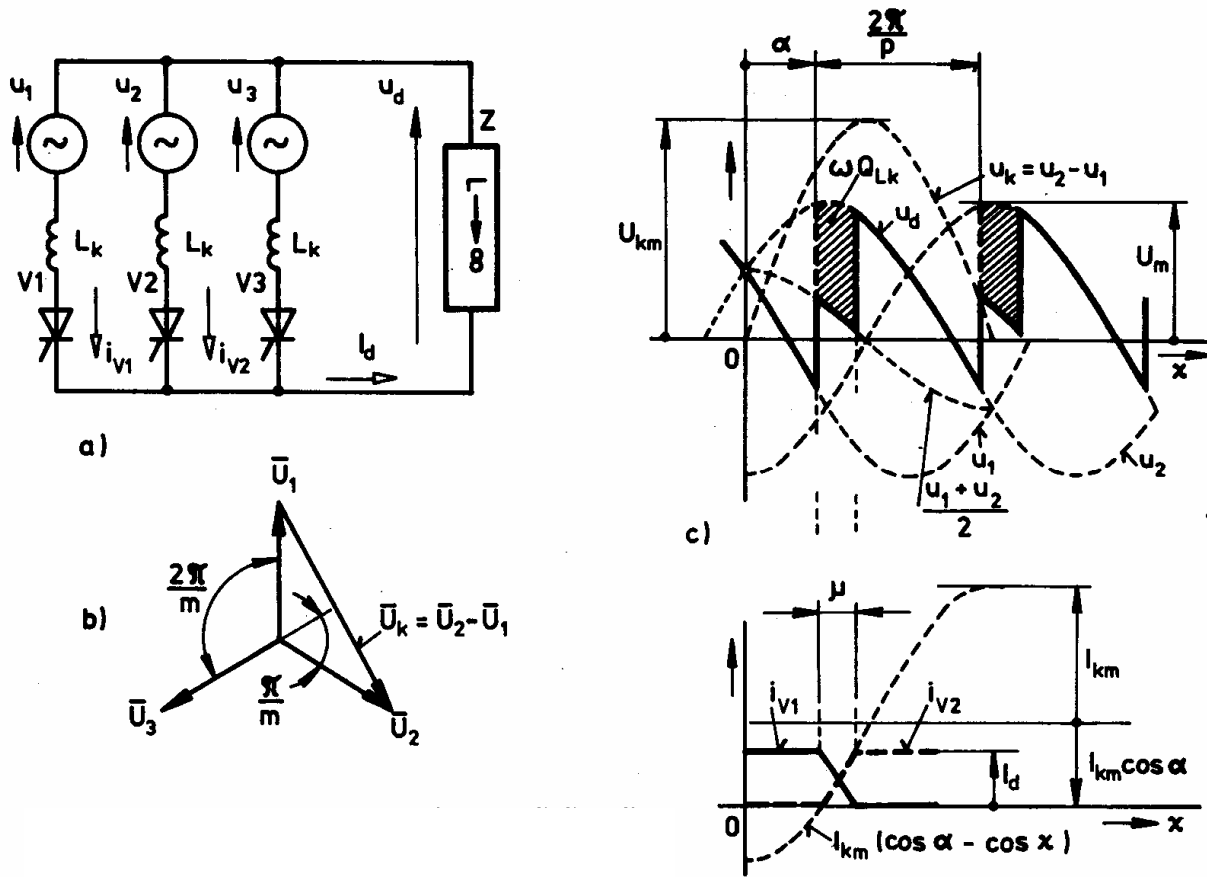


Suy ra

$$i_d(\theta_Z) = i_d(\theta_K) = U_m \frac{\sin\left(\theta_Z + \frac{2\pi}{p} - \varphi\right) - e^{-\frac{2\pi}{p\omega\tau}} \sin(\theta_Z - \varphi)}{Z \left(1 - e^{-\frac{2\pi}{p\omega\tau}}\right)} - \frac{E_u}{Z} \quad (6)$$

3.5.3 Dòng điện chỉnh lưu của chỉnh lưu p – xung, có diode V0

3.6 Hiện tượng trùng dẫn



$$i_{V1} + i_{V2} = i_d = I_d$$

$$L_K \left(\frac{di_{V2}}{dt} - \frac{di_{V1}}{dt} \right) = u_2 - u_1$$

$$u_k = u_2 - u_1 = U_{km} \sin \theta$$

$$U_{km} = 2U_m \sin \frac{\pi}{m} \dots \text{biên độ điện áp dây giữa hai pha kề nhau}$$

$$\int_0^{i_{V2}} di_{V2} = \frac{U_{km}}{2\omega L_K} \int_{\alpha}^{\theta} \sin \theta d\theta$$

$$i_{V2} = \frac{U_{km}}{2\omega L_K} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

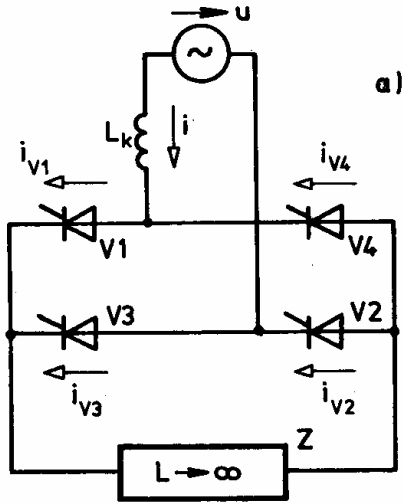
$$= I_{km} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

$$I_{km} = \frac{U_{km}}{2\omega L_K}$$

$$I_d = I_{km} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \mu)]$$

$$\mu = \arccos \left(\cos \alpha - \frac{I_d}{I_{km}} \right) - \alpha \quad \text{góc trùng dẫn}$$

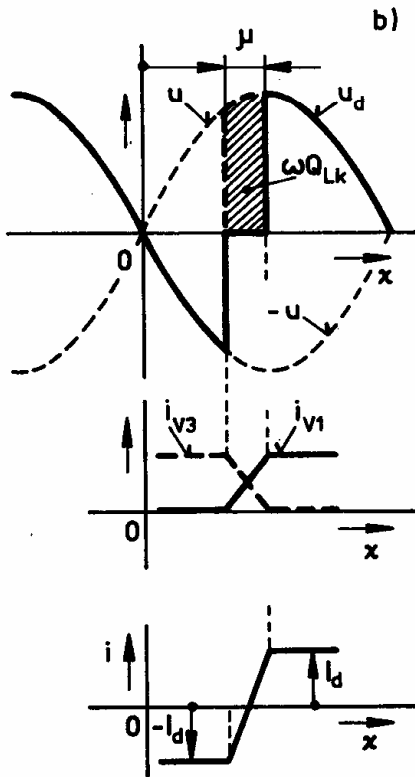
$$u_d = u_2 - L_k \frac{di_{V2}}{dt}$$
$$= \frac{u_1 + u_2}{2}$$



$$u_d = 0$$

$$i = I_{km} (\cos \alpha - \cos \theta) - I_d$$

$$I_{km} = \frac{U_{km}}{\omega L_K}$$



$$i_{V1} = i_{V2} = \frac{I_{km}}{2} (\cos \alpha - \cos \theta)$$

$$i_{V3} = i_{V4} = I_d - i_{V1}$$

$$2I_d = I_{km} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \mu)]$$

$$\mu = \arccos \left(\cos \alpha - \frac{2I_d}{I_{km}} \right) - \alpha$$

Sụt áp do trùng dẫn $U_{d\theta}$

$$U_{d\theta} = R_{\theta} I_d$$

$$R_{\theta} = \frac{pX_k}{2\pi}$$

- Chỉnh lưu hình tia ba pha
- Chỉnh lưu cầu 3 pha

$$R_{\theta} = \frac{pX_k}{\pi}$$

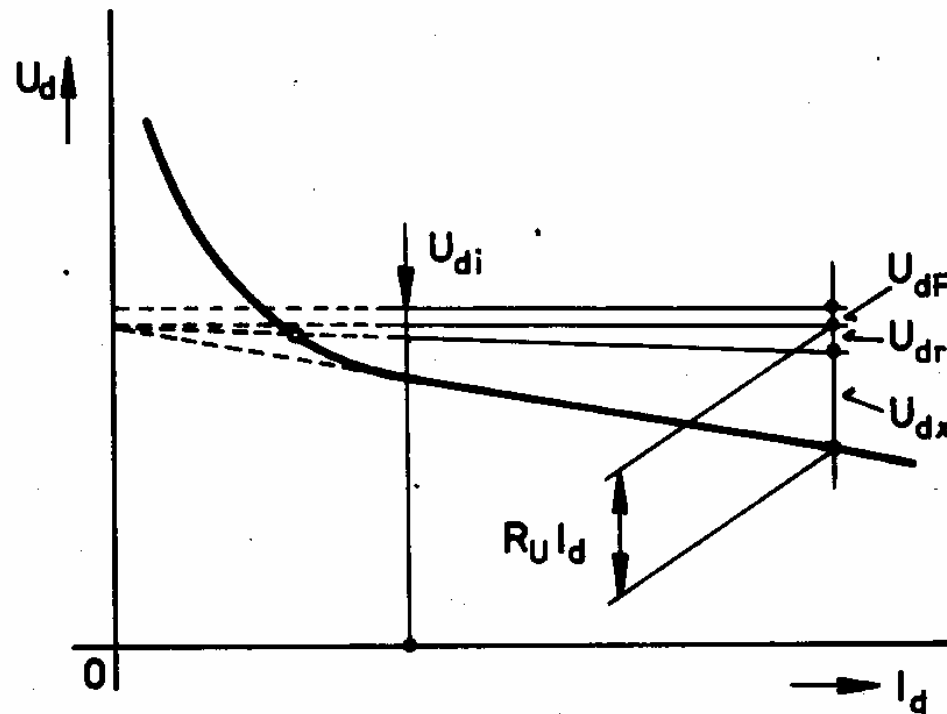
- Chỉnh lưu cầu một pha

Đặc tính ngoài khi xét đến sụt áp và dòng điện gián đoạn

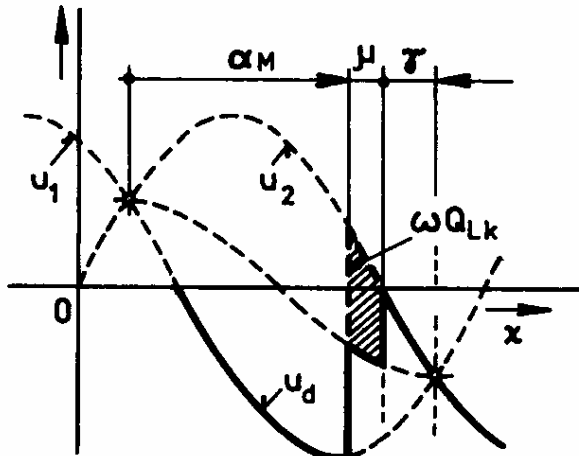
$U_{d\theta}$: Sụt áp do L_k .

$U_{dr} = R_k \cdot I_d$: Sụt áp trên R_k

U_{dF} : Sụt áp trên van



Ảnh hưởng đến góc an toàn của thyristor:



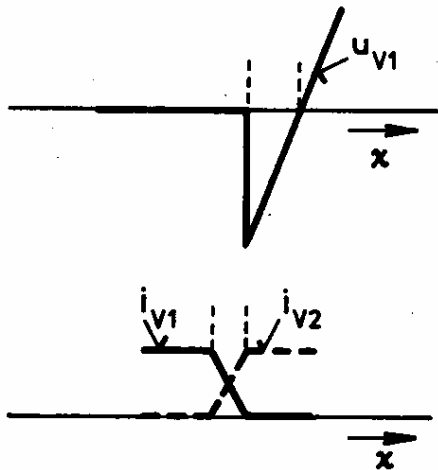
$$\alpha_M + \mu + \gamma = \pi$$

Chỉnh lưu hình cầu 3 pha, tia ba pha

$$\cos \alpha_M = \frac{I_d}{I_{km}} + \cos(\pi - \gamma)$$

Chỉnh lưu hình cầu một pha

$$\cos \alpha_M = \frac{2I_d}{I_{km}} + \cos(\pi - \gamma)$$



Xác định giá trị điện áp chỉnh lưu cực đại

$$U_{di0} = \frac{1}{b} (c_c U_{dM} + U_{d\theta M} + U_{drM} + U_{dFM})$$

c_c : hằng số dự trữ cho điều khiển – $c_c = 1.04 - 1.06$

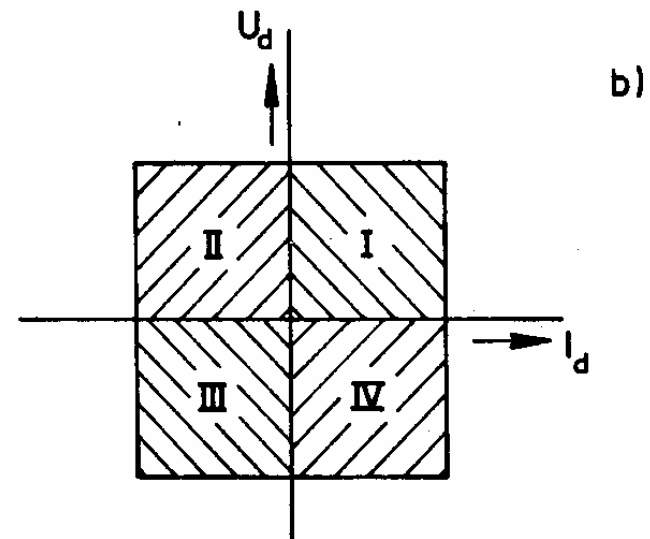
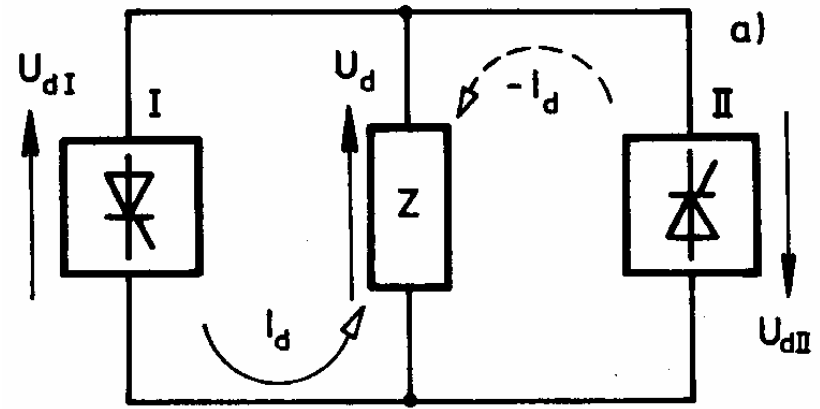
b : hằng số dự trữ của lưới điện $\pm 5\%$ – $b = 0.95$

3.7 Chỉnh lưu có đảo chiều dòng điện - bốn góc phần tư

Nguyên lý điều khiển:

- Điều khiển riêng:

Từng bộ chỉnh lưu làm việc độc lập, trong khi đó bộ chỉnh lưu còn lại không làm việc.



- Điều khiển chung

Xung điều khiển cùng một lúc được đưa vào cả hai bộ, trong đó có một bộ được điều khiển với góc $\alpha < \pi/2$, làm việc ở chế độ chỉnh lưu. Còn bộ thứ hai được điều khiển với góc $\alpha > \pi/2$, ở chế độ chờ.

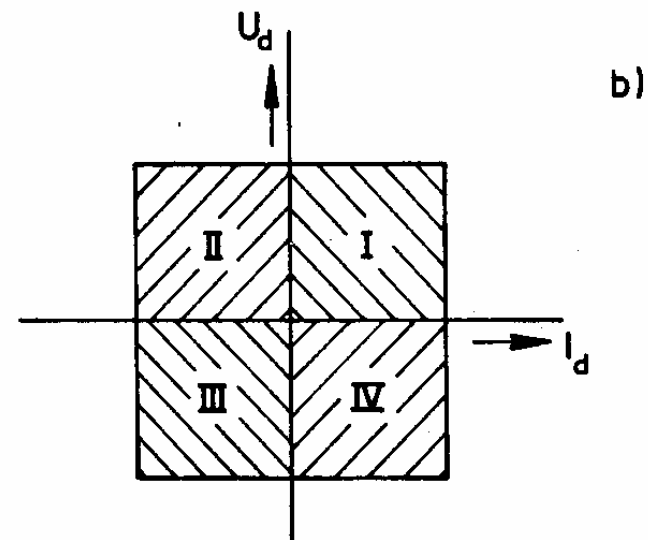
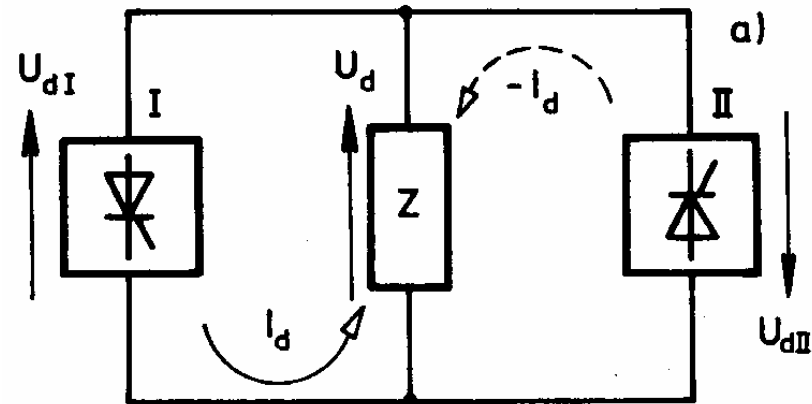
Để không có dòng ngắn mạch giữa hai bộ chỉnh lưu:

$$U_{dI} + U_{dII} \geq 0$$

$$U_{di0} \cdot \cos \alpha_I + U_{di0} \cdot \cos \alpha_{II} \leq 0$$

$$U_{di0} (\cos \alpha_I + \cos \alpha_{II}) \leq 0$$

$$\alpha_I + \alpha_{II} \geq \pi$$



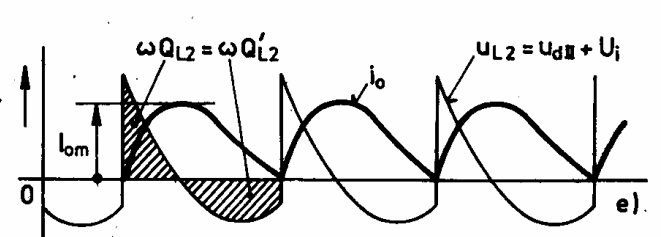
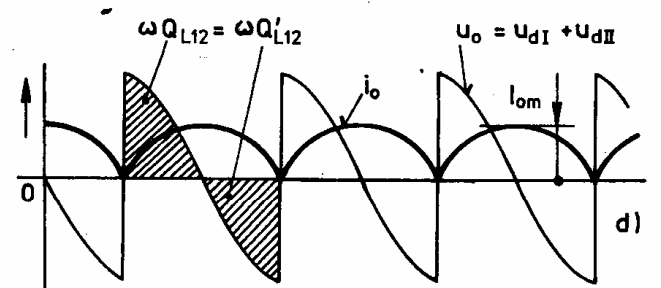
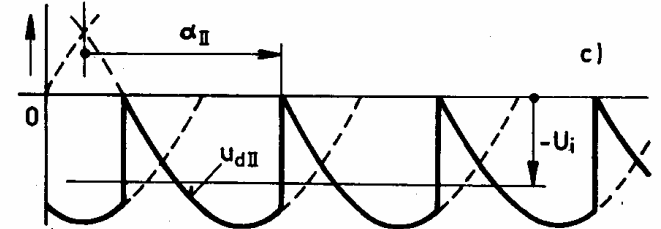
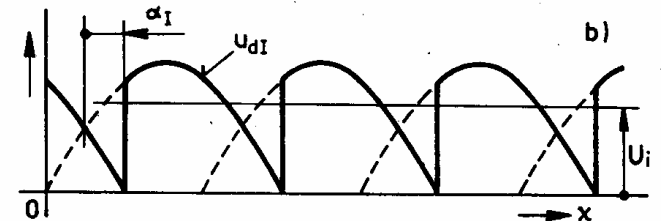
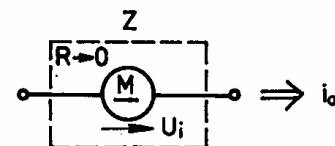
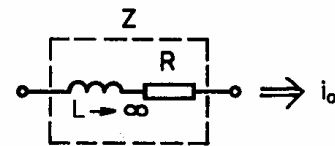
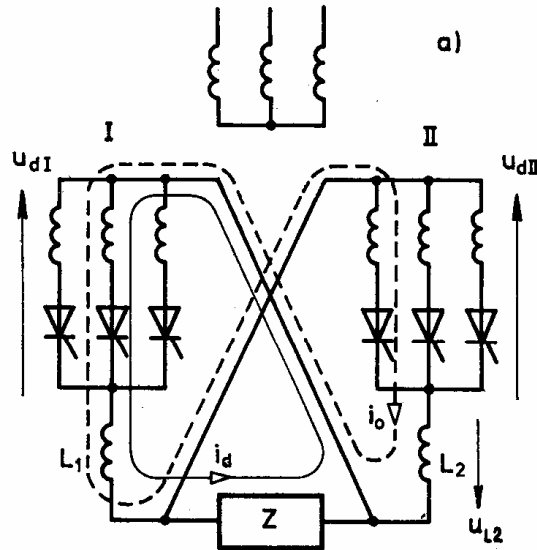
Tuy nhiên:

$$u_{dI} + u_{dII} \neq 0$$

→ dòng điện tuần hoàn

Hạn chế dòng tuần hoàn:

lắp thêm cuộn kháng cân bằng



3.8 Máy biến áp động lực

3.8.1 Dòng điện

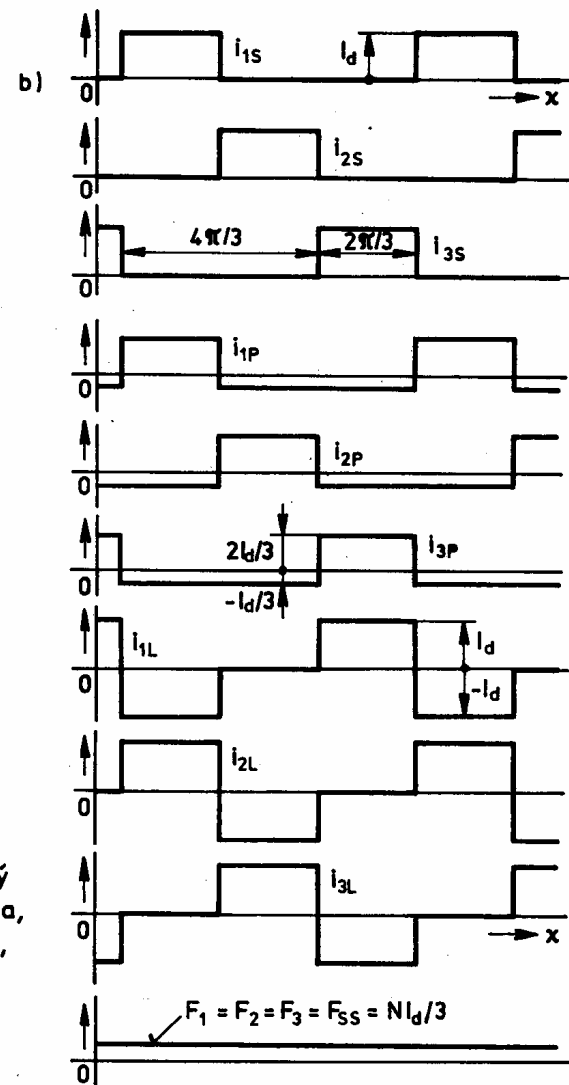
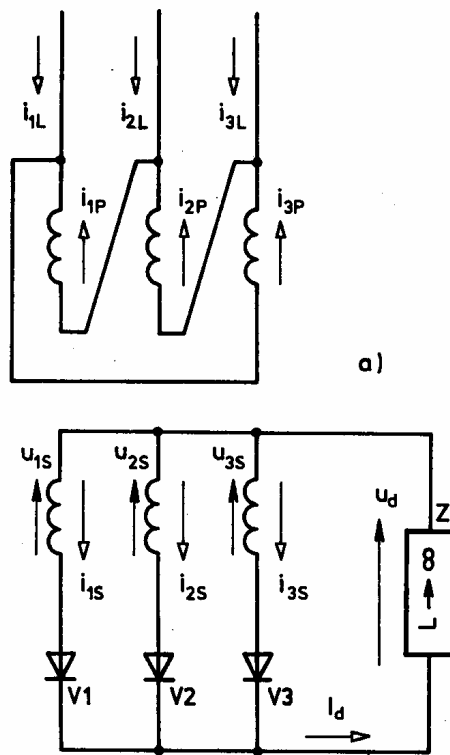
$$i_S = I_{S(AV)} + i_{S\sigma}$$

N_P : số vòng dây cuộn sơ cấp
 N_S : số vòng dây cuộn thứ cấp

$$i_P \cdot N_P = i_S \cdot N_S$$

$$I_{S(AV)} = \frac{I_d}{3}$$

Giả sử $N_P = N_S = N$



Obr. 4.59: Trojimpulsní usměrňovač napájený z transformátoru Dy- a) schéma, b) průběhy proudů v sekundáru, v primáru a odebírané ze sítě

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_{SS} = N I_d / 3$$

$$i_{1S\sigma} = i_{1S} - \frac{I_d}{3} = i_{1P}$$

$$i_{2S\sigma} = i_{2S} - \frac{I_d}{3} = i_{2P}$$

$$i_{3S\sigma} = i_{3S} - \frac{I_d}{3} = i_{3P}$$

$$i_{1L} = i_{3P} - i_{1P}$$

$$i_{2L} = i_{1P} - i_{2P}$$

$$i_{3L} = i_{2P} - i_{3P}$$

3.8.2 Công suất biểu kiến của máy biến áp

$$S_{tN} = \frac{S_P + S_S}{2} = K_t P_{tN}$$

S_{tN} : Công suất biểu kiến định mức máy biến áp

S_P : Công suất biểu kiến cuộn dây sơ cấp

S_S : Công suất biểu kiến cuộn dây thứ cấp

P_{tN} : Công suất hữu công định mức của máy biến áp

Đối với máy biến áp Δ/Y

$$I_S = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi/3} I_d^2 d\theta} = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

$$I_P = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{2\pi/3} (2I_d/3)^2 d\theta + \int_{2\pi/3}^{2\pi} (I_d/3)^2 d\theta \right)} = \frac{\sqrt{2}I_d}{3}$$

$$S_S = 3U_S I_{SN} = \sqrt{3}U_S I_{dN}$$

$$S_P = 3U_P I_{PN} = \sqrt{2}U_P I_{dN}$$

Với chỉnh lưu tia ba pha: $U_{di0} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi}U$

$$S_S = \frac{\sqrt{2}}{3} \pi U_{di0} I_{dN} = \frac{\sqrt{2}}{3} \pi P_{dN}$$

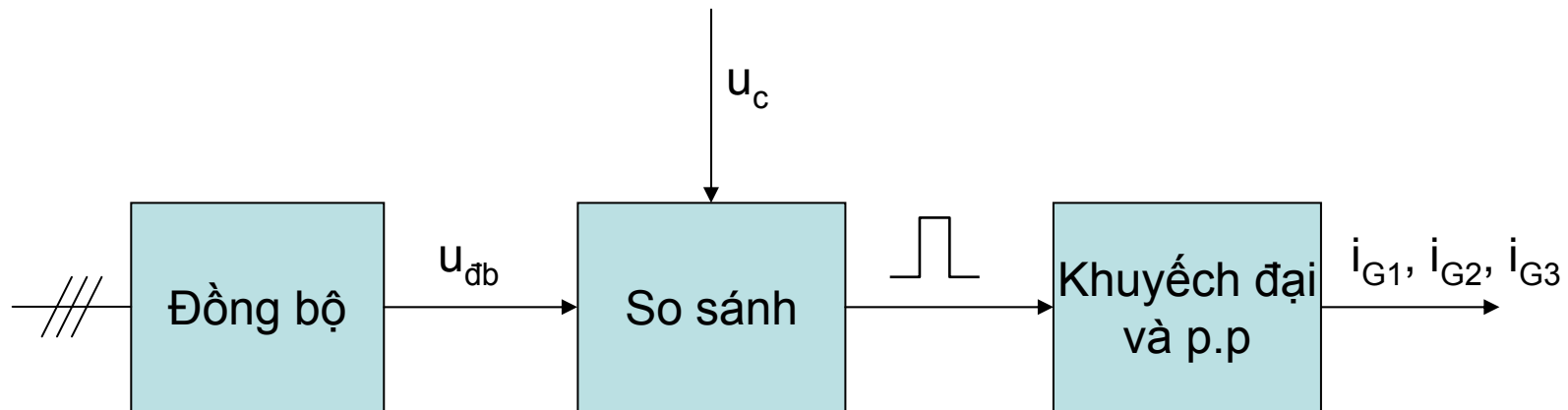
$$S_P = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} U_{di0} I_{dN} = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} P_{dN}$$

$$S_{tN} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{3} \pi + \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}}{2} P_{dN} = 1.35 P_{dN}$$

3.9 Các nguyên tắc điều khiển chỉnh lưu

- Xung điều khiển đưa vào thyristor lúc điện áp đặt lên thyristor dương
→ Phải biết được khi nào điện áp đặt lên thyristor dương
→ Phải có điện áp đồng bộ: đồng bộ với điện áp khóa đặt lên thyristor

Sơ đồ khối của khâu phát xung – bộ điều khiển:

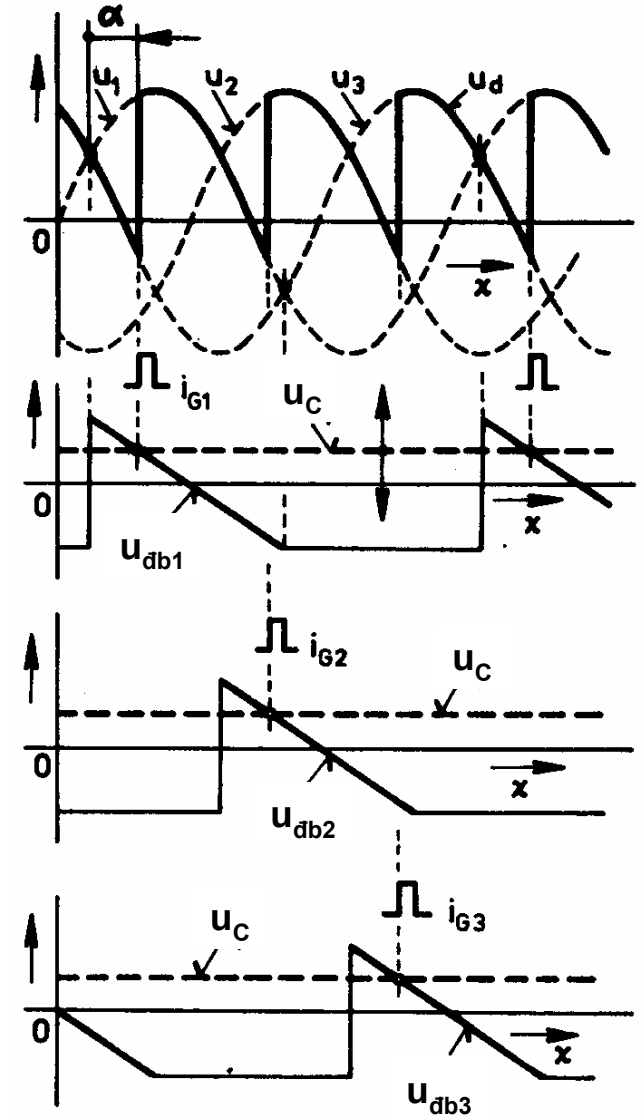


3.9.1 Nguyên tắc thẳng đứng tuyến tính

Điện áp đồng bộ là điện áp răng cưa

$$\alpha = K.u_c$$

$$U_{di} = U_{di0} \cos \alpha = U_{di0} \cos(K.u_c)$$



3.9.2 Nguyên tắc arccos:

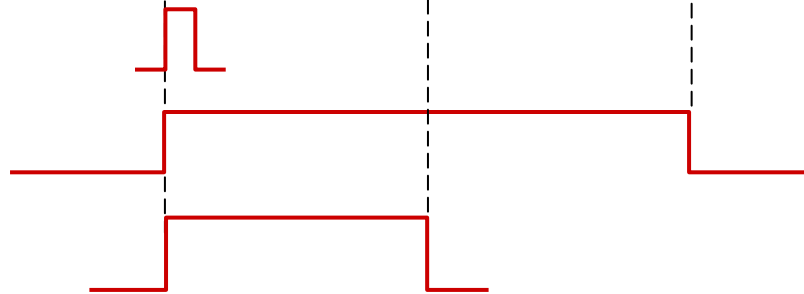
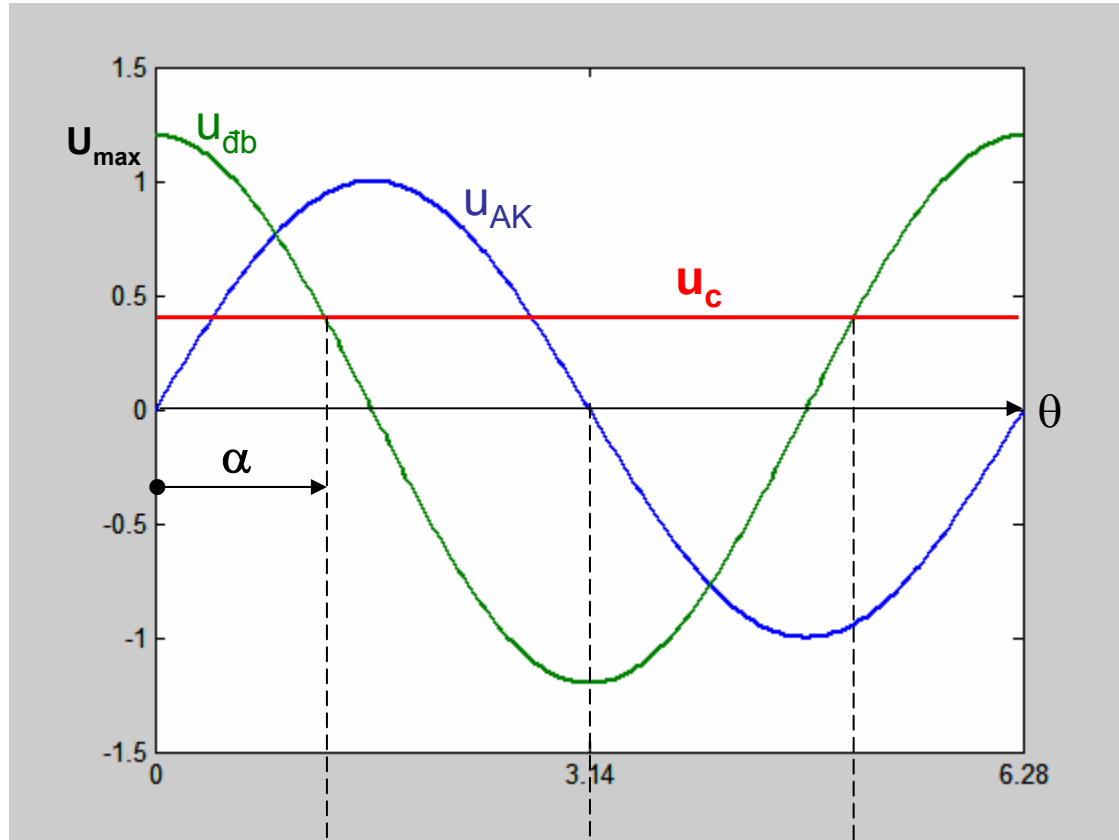
Điện áp đồng bộ là một đường cosin

$$u_{đb} = U_{\max} \cos \theta$$

$$u_{đb} = u_c = U_{\max} \cos \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = \arccos \left(\frac{u_c}{U_{\max}} \right)$$

$$U_{di} = U_{di0} \cos \alpha = U_{di0} \frac{u_c}{U_{\max}}$$



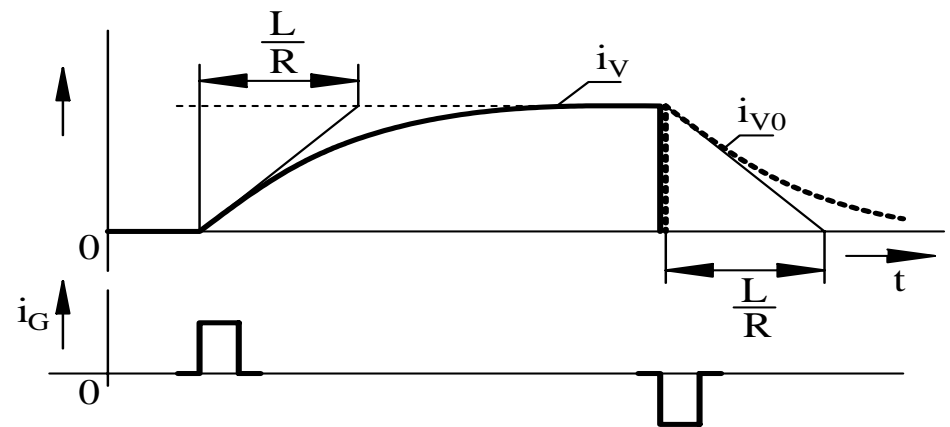
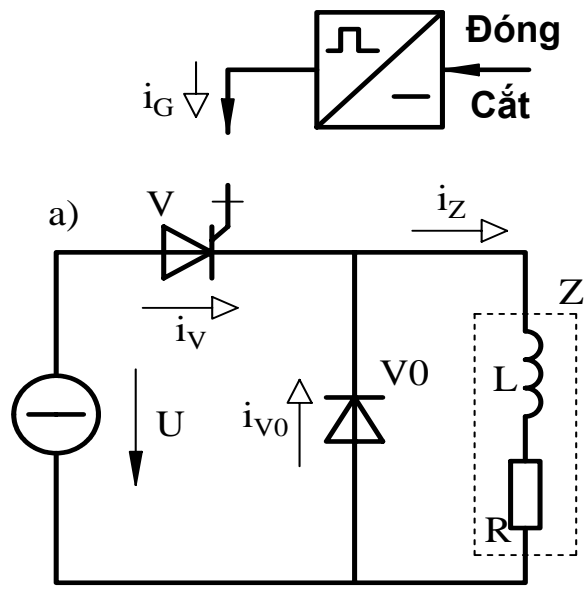
Chương 4: Bộ biến đổi và bộ khóa một chiều

4.1 Khái niệm chung – Phân loại

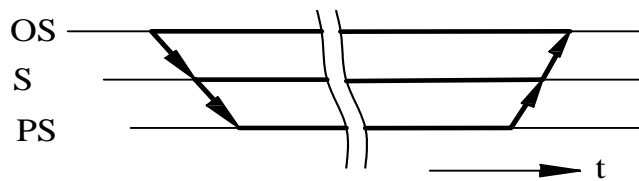
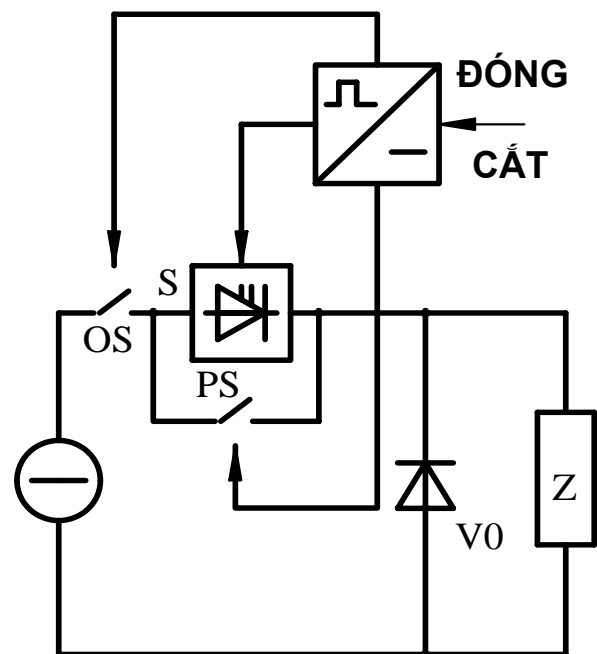
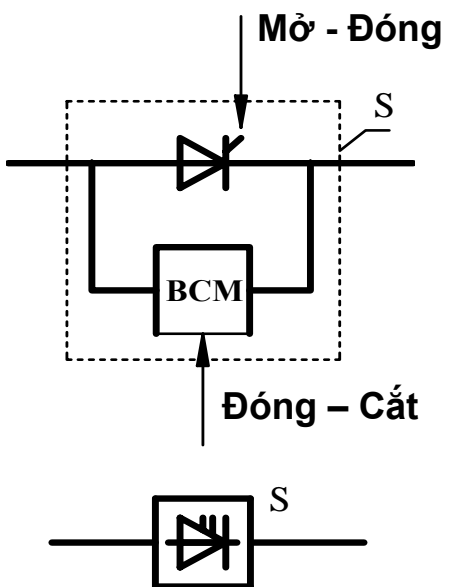
4.2 Bộ khóa một chiều

Đóng cắt dòng điện một chiều

Sơ đồ nguyên lý sử dụng GTO



Khi sử dụng thyristor:



4.3 Phân loại thiết bị biến đổi một chiều

4.3.1 Phân loại theo phương pháp biến đổi

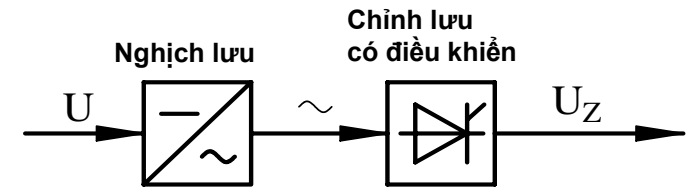
- Trực tiếp – bộ biến đổi xung
- Gián tiếp

4.3.2 Phân loại theo chức năng biến đổi

- Giảm áp – mắc nối tiếp
- Tăng áp – mắc song song
- Điều khiển xung giá trị điện trở

4.3.3 Phân loại theo phương pháp điều khiển

- Tần số xung
- Độ rộng xung
- Hai giá trị



4.4 Nguyên lý làm việc của các bộ biến đổi xung

4.4.1 Bộ biến đổi giảm áp – mắc nối tiếp

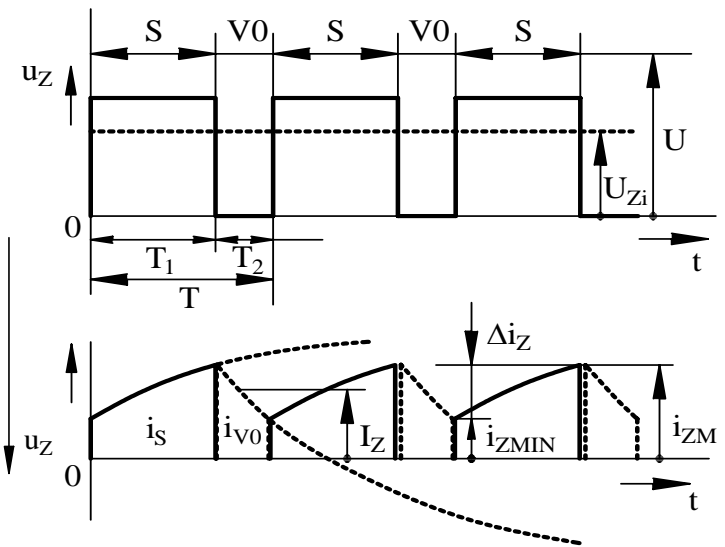
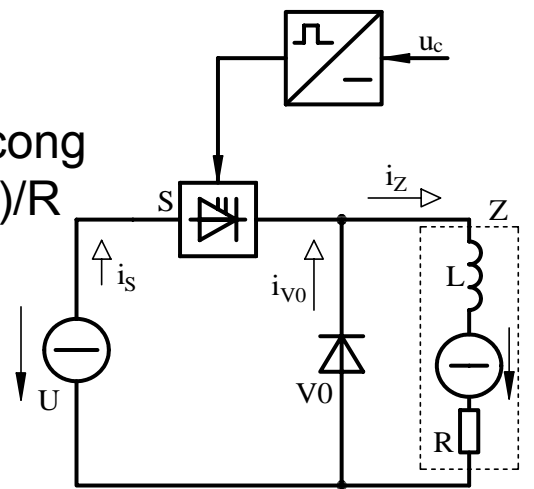
- Nguyên lý làm việc

Nhịp S:

$$u_Z = U$$

$i_Z = i_S$: tăng theo đường cong hàm mũ về giá trị $(U - E_{VP})/R$

Năng lượng từ nguồn U , một phần tích lũy vào cuộn L , phần lớn nạp cho E_{VP} , phần còn lại tiêu tổn trên R



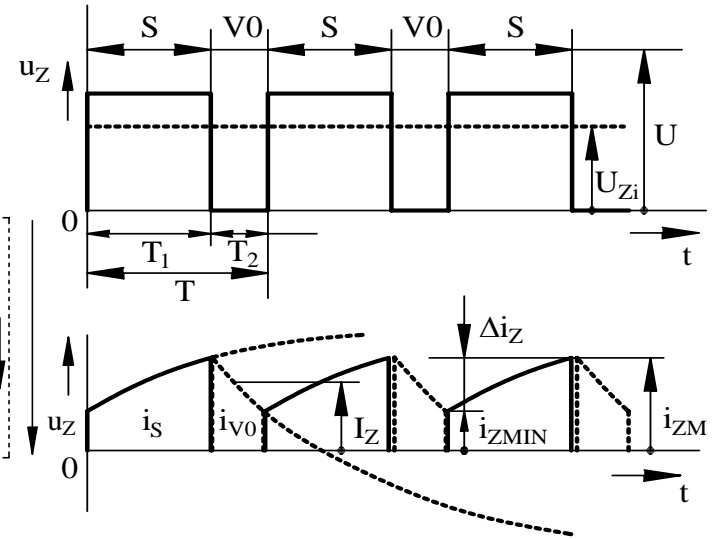
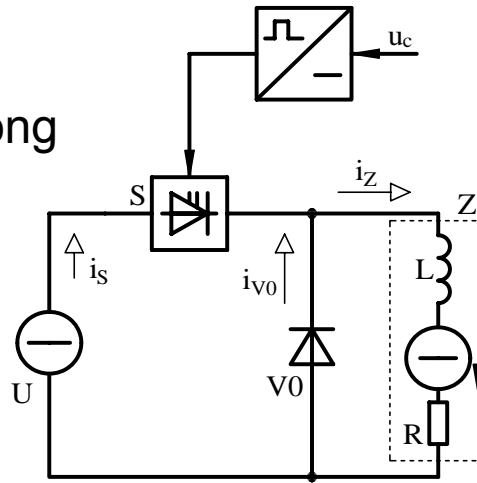
Nhịp S kéo dài trong khoảng thời gian T_1 . Kết thúc khi tín hiệu “cắt” đưa vào khóa S.

Nhip V0:

$u_z = 0$

$i_z = i_{V0}$: giảm theo đường cong hàm mũ về giá trị $-E_U/R$

Năng lượng trước đây tích lũy trong cuộn L được giải phóng, phần lớn nạp cho E_U , phần còn lại tiêu tốn trên R



Nhip V kéo dài trong khoảng thời gian T_2 . Kết thúc khi tín hiệu “đóng” đưa vào khóa S.

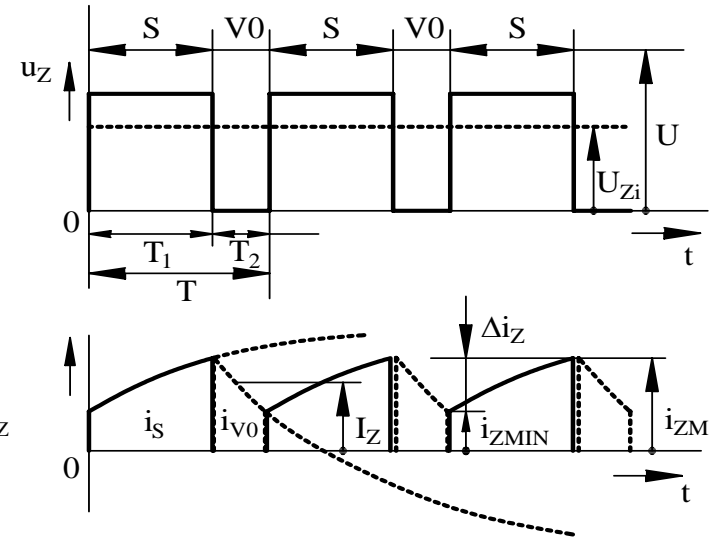
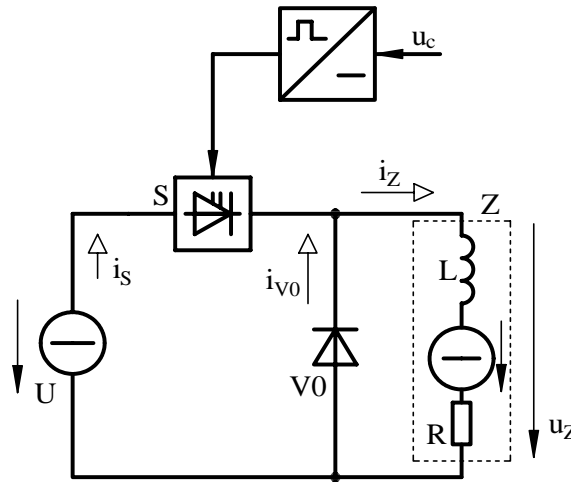
- Giá trị trung bình điện áp trên tải

$$U_{Zi} = \frac{T_1}{T} U = zU$$

z : tỷ số chu kỳ

$$0 \leq z \leq 1$$

$$0 \leq U_{Zi} \leq U$$



$$I_z = \frac{U_{Zi} - E_u}{R}$$

4.4.2 Bộ biến đổi tăng áp – mắc song song

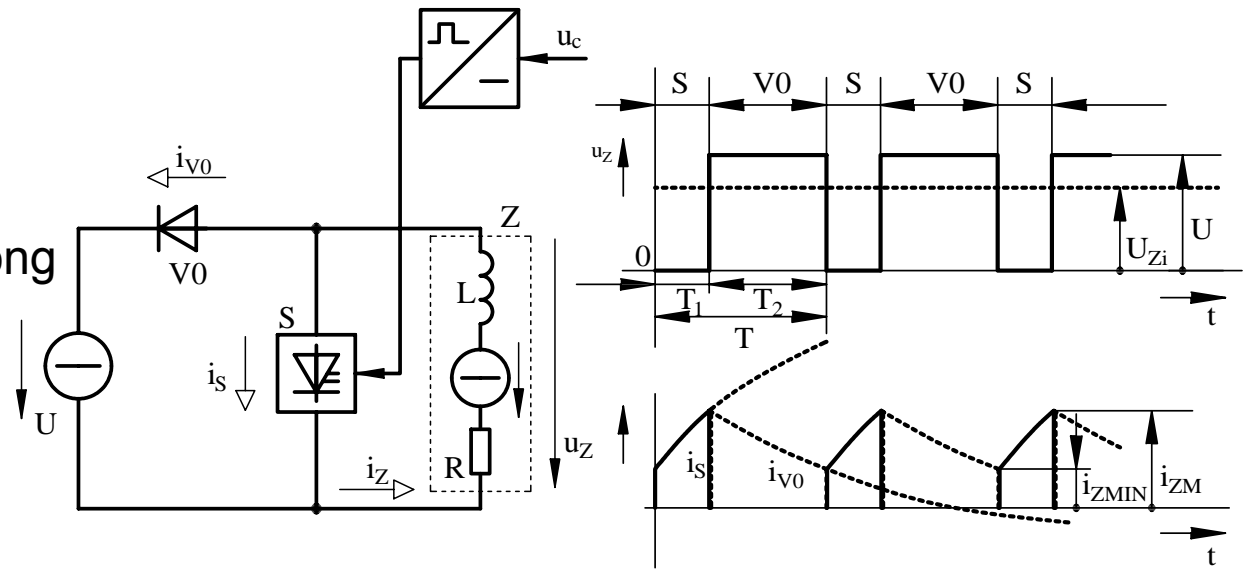
- Nguyên lý làm việc

Nhip S:

$$u_Z = 0$$

$i_Z = i_S$; tăng theo đường cong hàm mũ, về giá trị E_U/R

Năng lượng từ nguồn E_U được tích lũy phần lớn vào cuộn L, phần còn lại tiêu tốn trên điện trở R



Nhip S kéo dài trong khoảng thời gian T_1 . Nhip kết thúc khi tín hiệu “cắt” đưa vào S

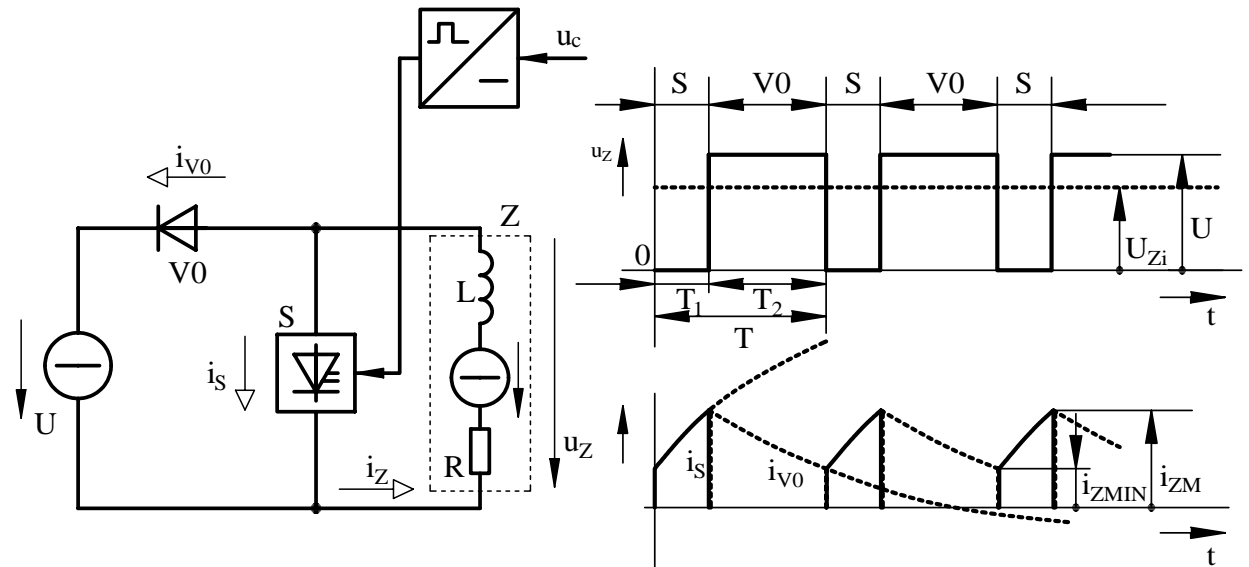
Nhip V0:

$$u_Z = U$$

$i_Z = i_{V0}$; giảm theo đường cong hàm mũ, về giá trị $(E_{VP} - U)/R < 0$

Năng lượng từ nguồn E_{VP} cùng với năng lượng đã tích lũy trong cuộn L ở nhip trước, tiêu tốn một phần trên điện trở R , phần lớn còn lại được trả về nguồn U .

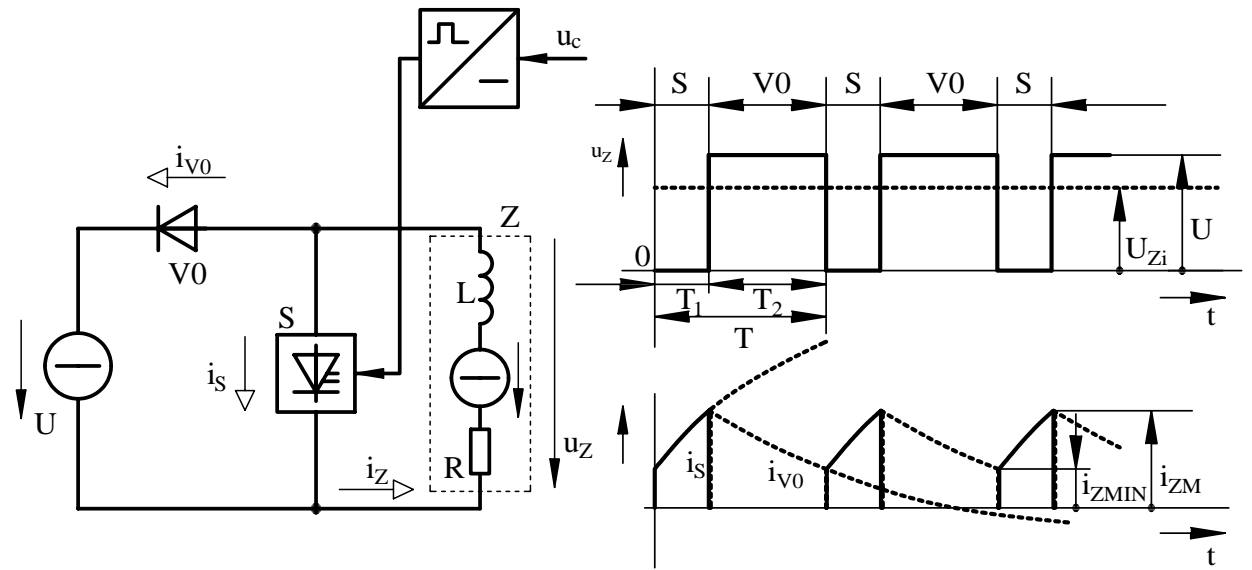
Nhip $V0$ kéo dài trong khoảng thời gian T_2 . Nhip kết thúc khi tín hiệu “đóng” đưa vào S .



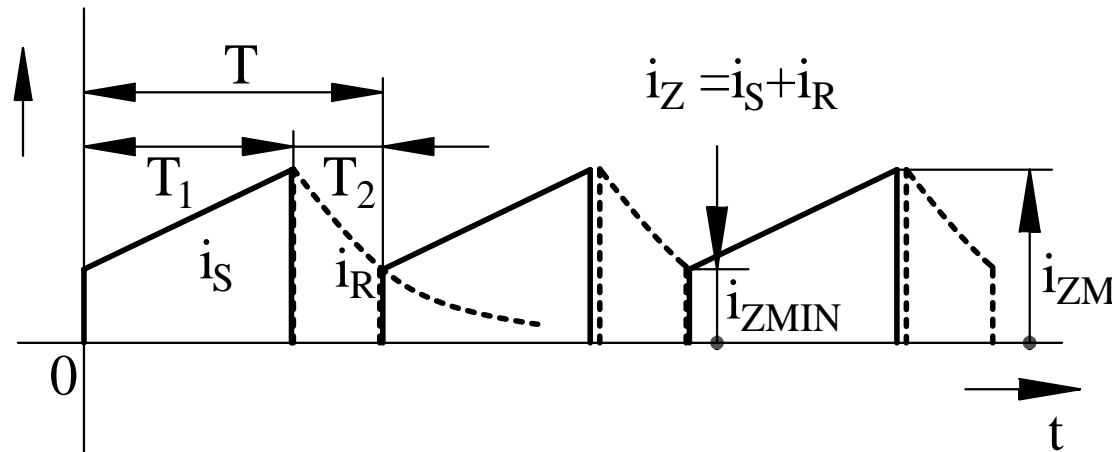
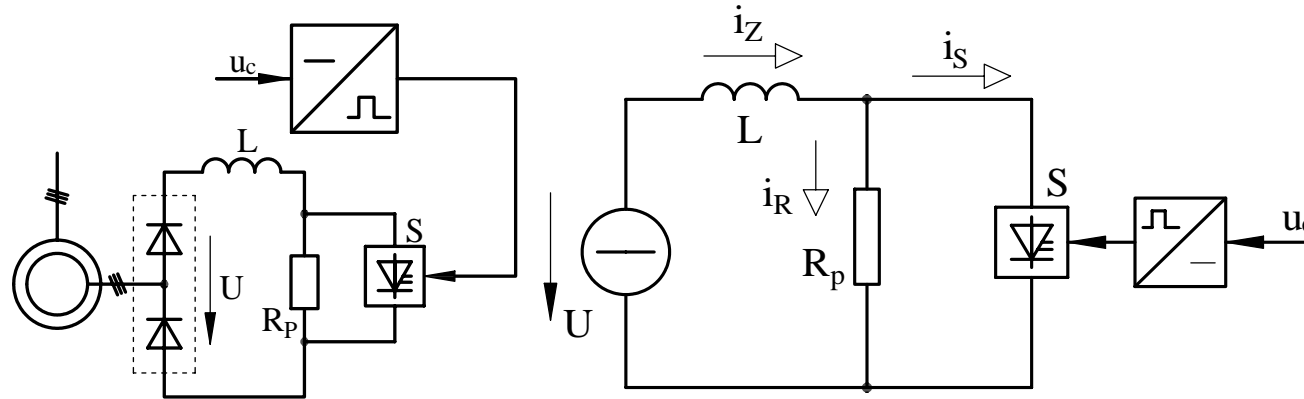
- Giá trị trung bình điện áp trên tải

$$\begin{aligned}
 U_{Zi} &= \frac{T_2}{T} U = \\
 &= \frac{T - T_1}{T} U = \\
 &= (1 - z) U
 \end{aligned}$$

$$I_z = \frac{E_u - U_{Zi}}{R}$$



4.4.3 Bộ biến đổi xung giá trị điện trở

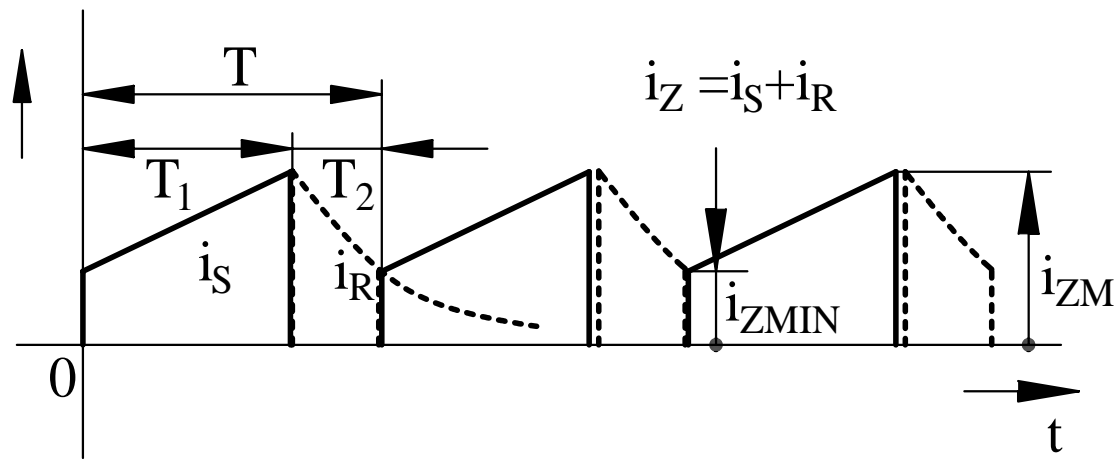
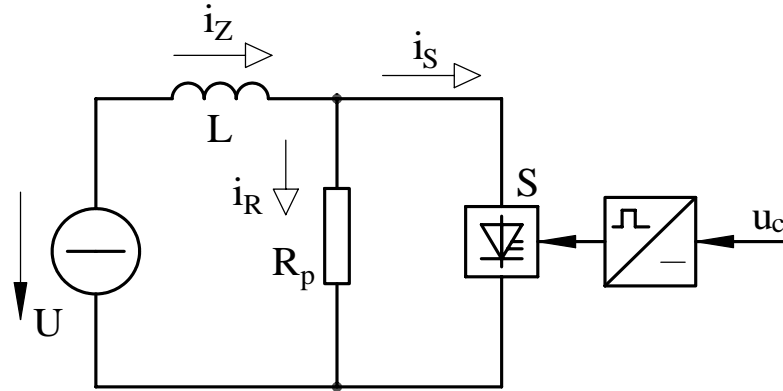


- Nguyên lý làm việc

Nhịp S:

$i_z = i_S$: tăng với hệ số góc bằng U/L

Nhịp S kéo dài trong khoảng thời gian T_1 . Kết thúc khi tín hiệu “cắt” đưa vào S.

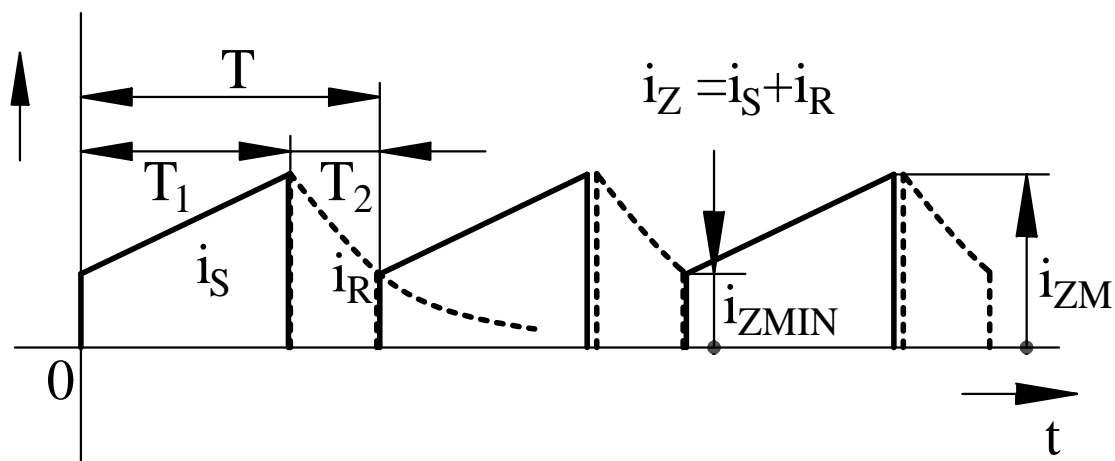
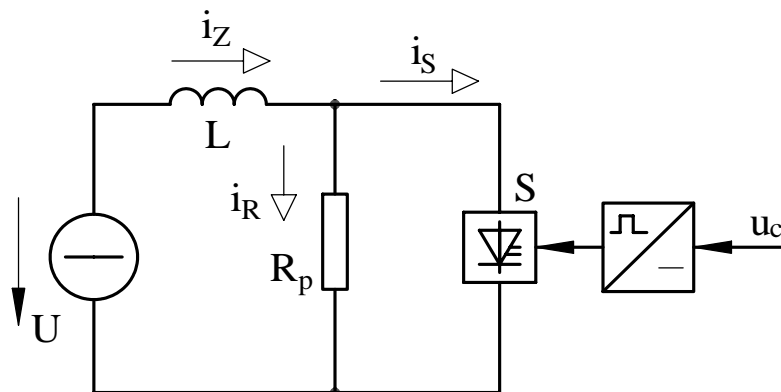


Nhip 0

$i_Z = i_R$; giảm theo đường cong hàm mũ về giá trị U/R_p .

Nhip 0 kéo dài trong khoảng thời gian T_2 . Kết thúc khi tín hiệu "đóng" được đưa vào S

- Xác định giá trị điện trở tương đương R_{ei}

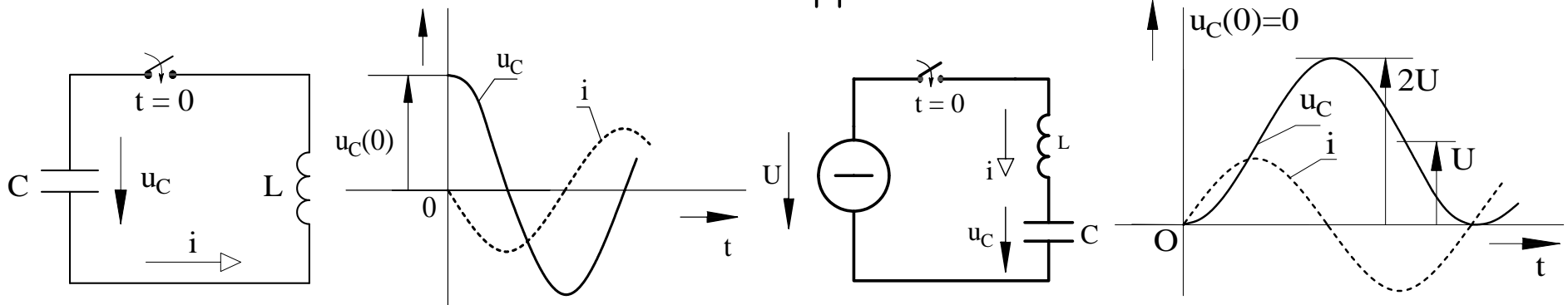
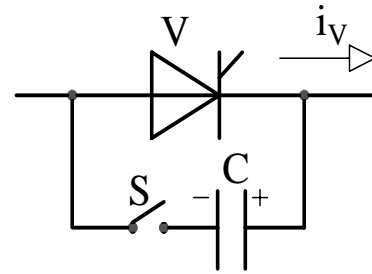


$$UI_Z T = R_p I_Z^2 T_2 \Rightarrow I_Z = \frac{U}{R_p \frac{T_2}{T}} = \frac{U}{R_{ei}}$$

$$R_{ei} = R_p \frac{T_2}{T} = (1 - z) R_p \quad 0 \leq R_{ei} \leq R_p$$

4.5 Bộ chuyển mạch

4.5.1 Mạch LC



$$u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i dt + L \frac{di}{dt} = U$$

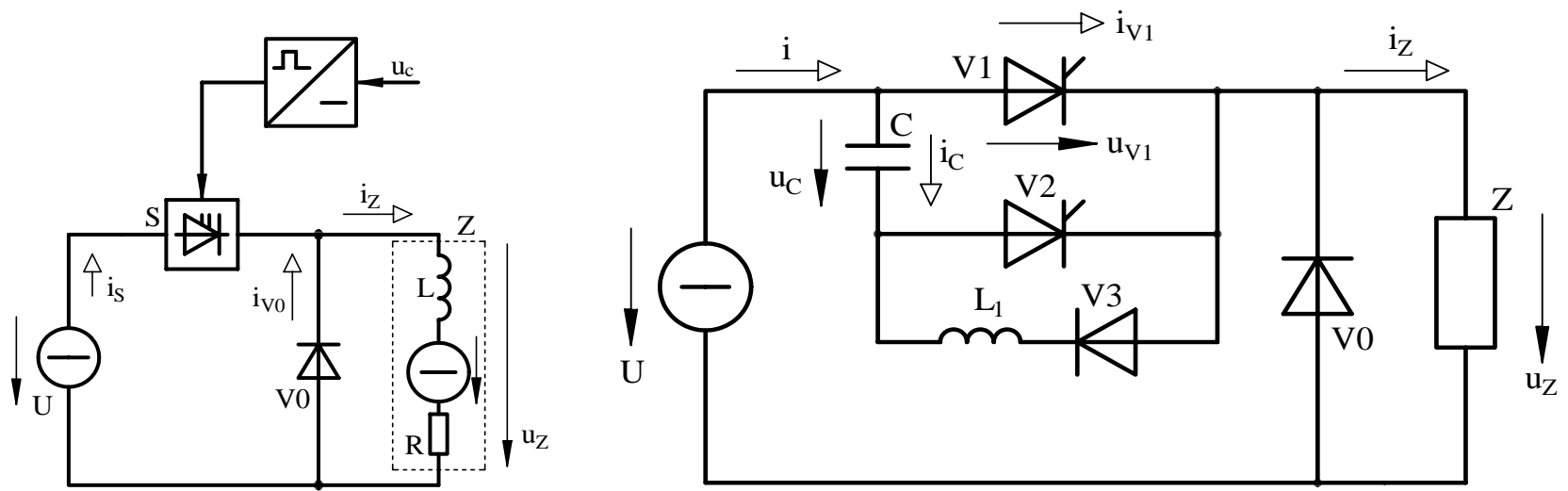
$$i = \frac{U - u_C(0)}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin \omega_v t + i(0) \cos \omega_v t$$

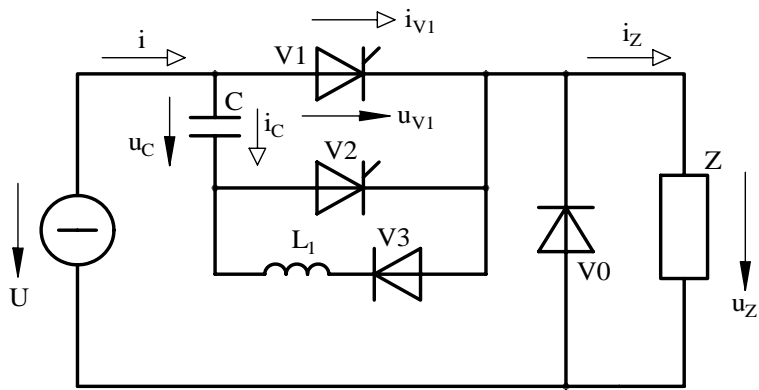
ω_v : tần số góc của mạch LC ... $\omega_v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$u_C = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i dt =$$

$$= U + [u_C(0) - U] \cos \omega_v t + \sqrt{\frac{L}{C}} i(0) \sin \omega_v t$$

4.5.2 Phân tích bộ chuyển mạch của bộ biến đổi xung áp





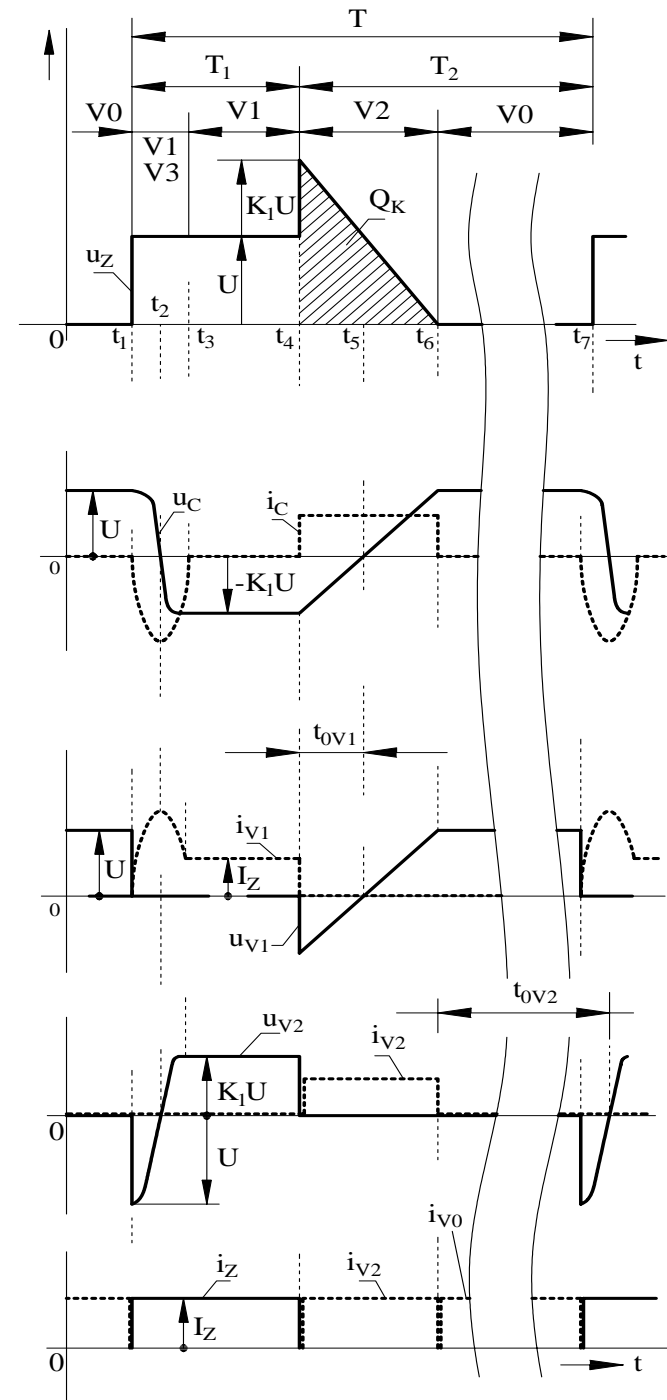
Nhịp V0 – (0, t₁)

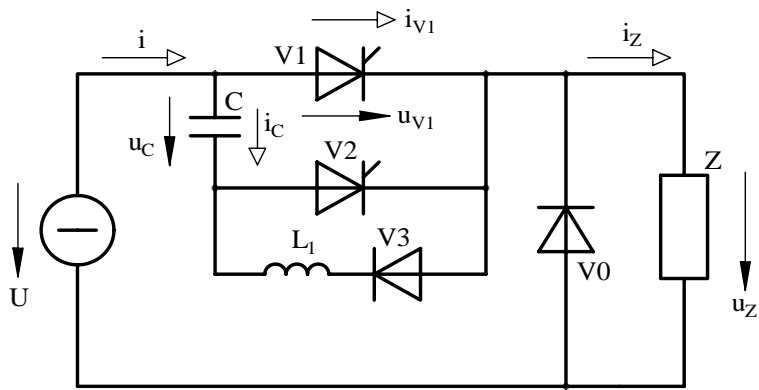
$$i_Z = i_{V0}, u_{V0} = 0, u_Z = 0$$

Giả thiết $u_C = U$

$$u_{V2} = 0; u_{V1} = U$$

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





Nhịp V1, V3 (t_1, t_3)

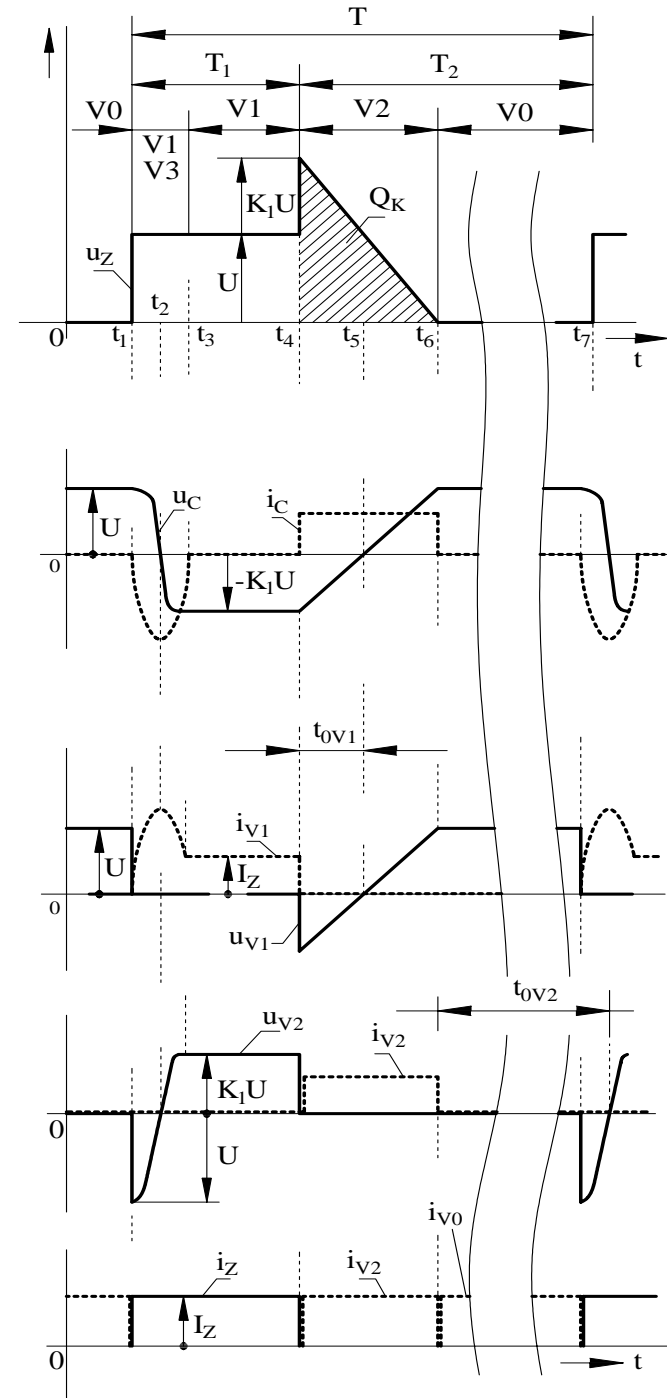
Tại t_1 đưa xung điều khiển mở V1

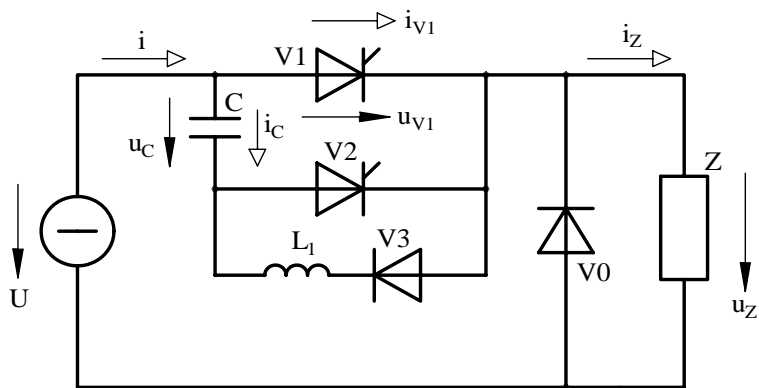
$u_Z = U$; $u_{V0} = -u_Z = -U \rightarrow V0$ đóng lại

$$i_Z = i_{V1}$$

$$u_C = U \cos \omega_v(t - t_1)$$

$$i_C = \frac{-U}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \sin \omega_v(t - t_1)$$





$$u_{V1} = 0$$

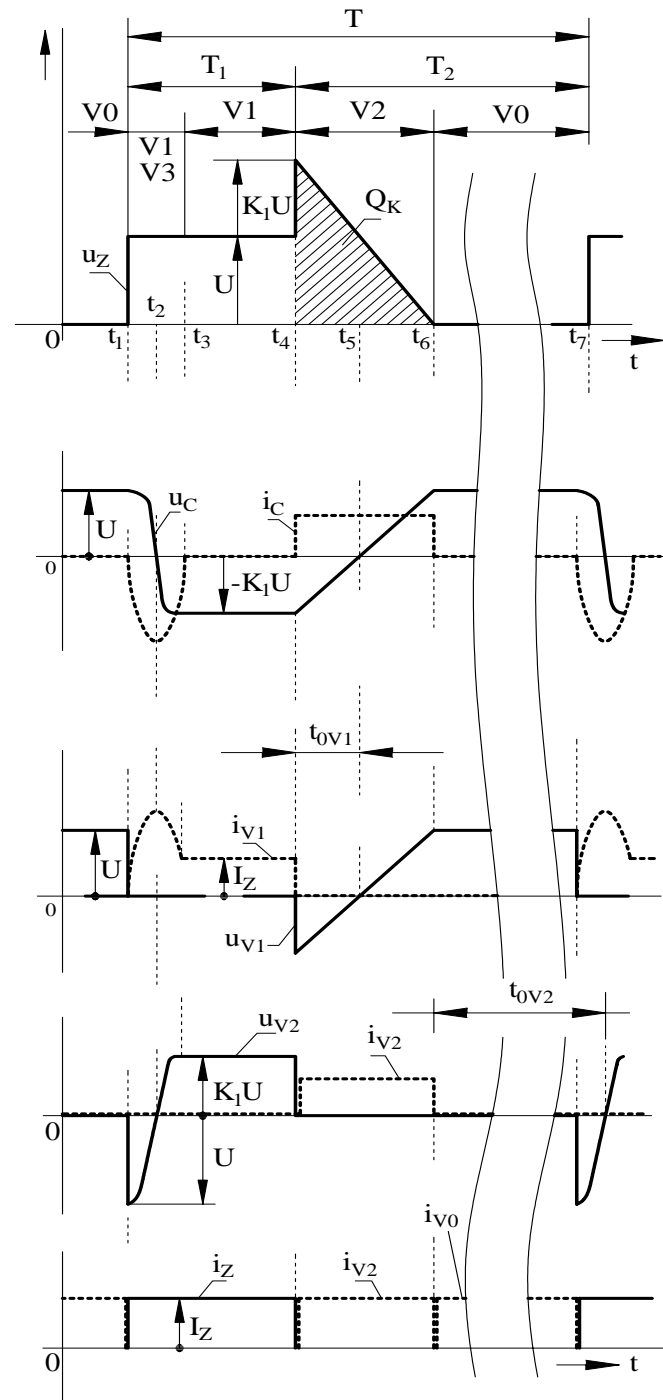
$$i_{V1} = I_Z - i_C$$

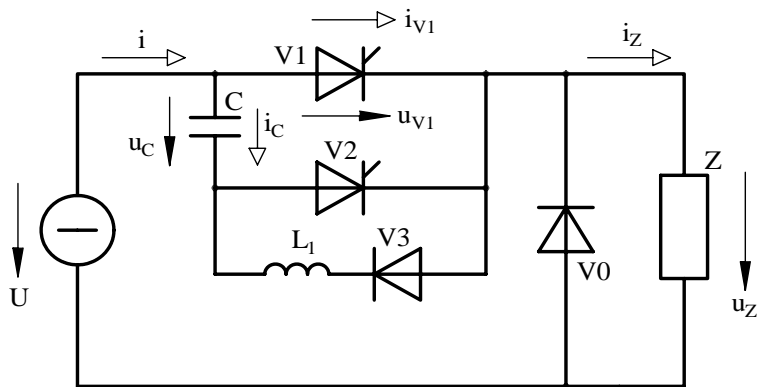
$$u_{V2} = -u_C$$

$$i_{V2} = 0$$

Tại $t = t_3$, dòng $i_C = 0$; V3 đóng lại

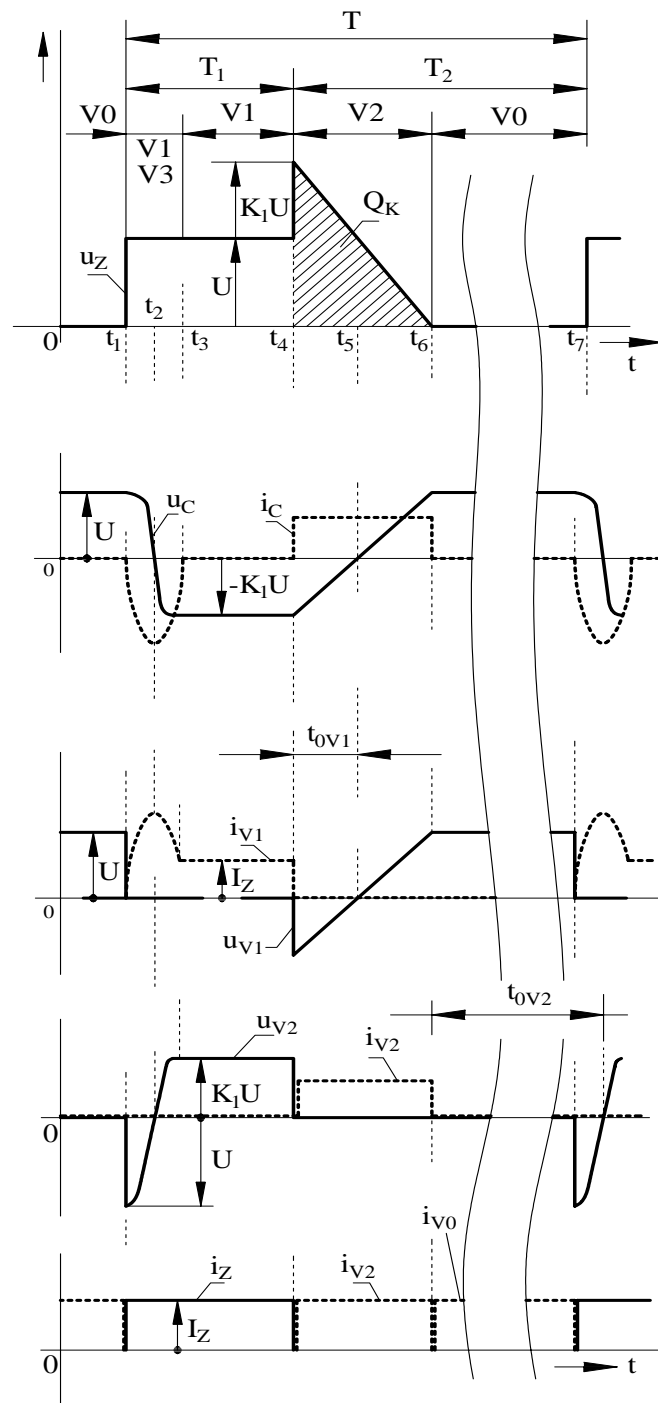
$$u_C(t_3) = -K_1 U; K_1 = 0.7 - 0.9$$

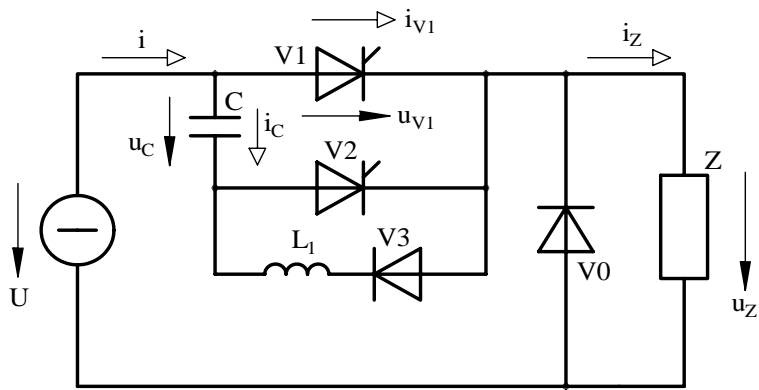




Nhịp V1 (t_3, t_4)

Tất cả các đại lượng giữ nguyên giá trị tại thời điểm $t = t_3$





Nhịp V2 (t_4, t_6)

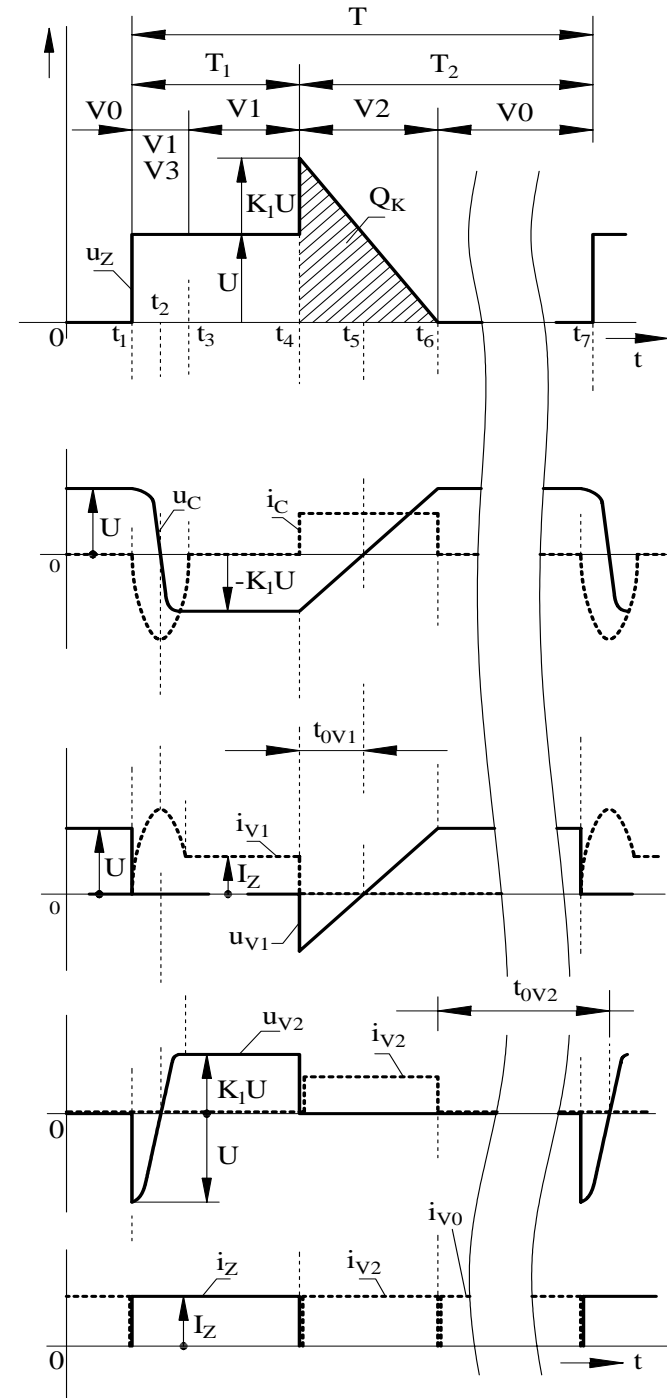
Tại $t = t_4$ đưa xung điều khiển vào V2 – mở V2

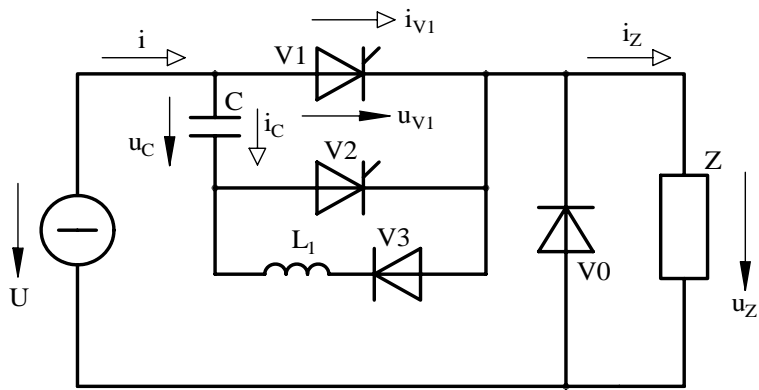
$$u_{V2} = 0$$

Điện áp ngược trên C đặt lên V1 \rightarrow đóng V1

$$i_C = I_Z \Rightarrow u_C = u_C(t_4) + \frac{1}{C} \int_{t_4}^t I_Z dt$$

$$= \frac{I_Z}{C} (t - t_4) - K_1 U$$





Nhịp V2 (t_4, t_6)

$$i_{V2} = I_Z$$

$$u_{V1} = u_C$$

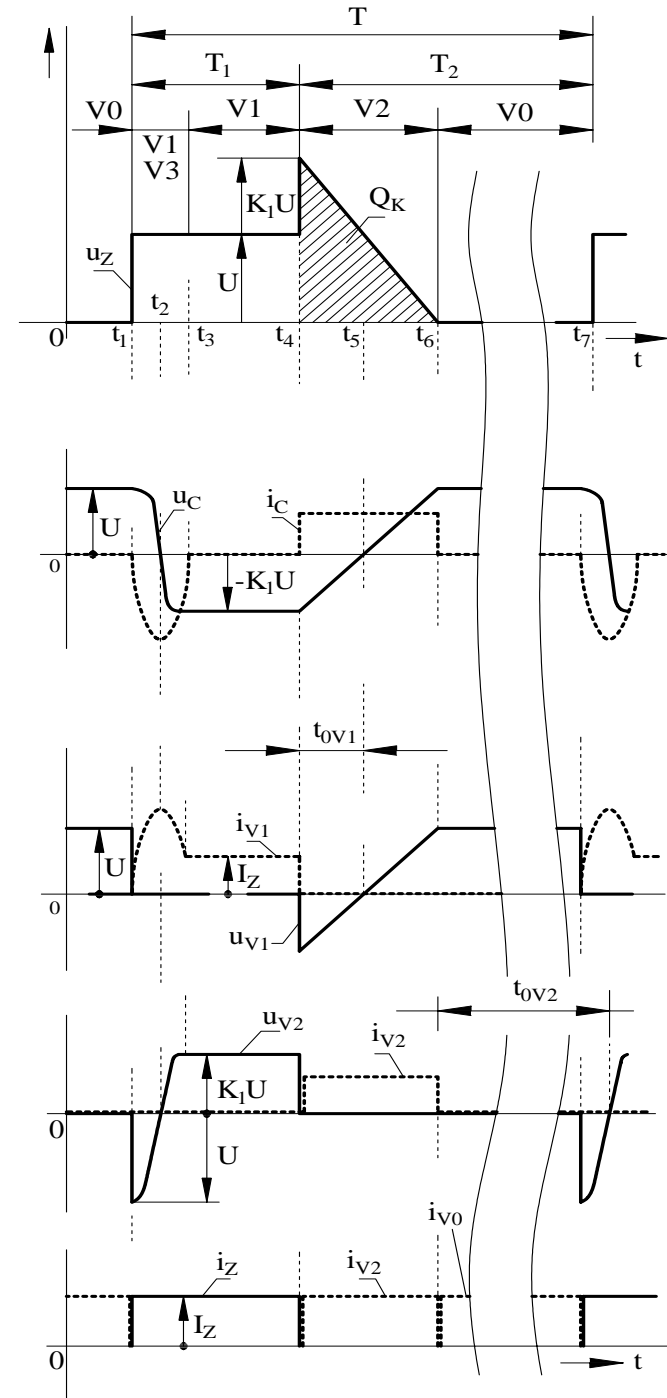
$$i_{V1} = 0$$

$$u_Z = U - u_C = -u_{V0}$$

Tại $t = t_6$, $u_Z = 0 \rightarrow V0$ mở, $V2$ đóng lại

\rightarrow Bắt đầu nhịp $V0$

$$u_Z(t_6) = 0 \rightarrow u_C = U$$



Nạp điện cho tụ C khi bắt đầu làm việc

- Mở V2 trước
- Đóng tụ C trực tiếp vào nguồn U qua một điện trở hạn chế dòng

Xác định các thông số C và L

- V1 sử dụng khoảng (t_4, t_5) để phục hồi khả năng khóa $\rightarrow (t_5 - t_4)_{\text{MIN}} = t_{\text{offV1}}$

$$(t_5 - t_4) = \frac{K_1 UC}{I_Z} \Rightarrow C = \frac{I_{ZM} t_{\text{offV1}}}{K_1 U}$$

- V2 sử dụng khoảng (t_1, t_2) để phục hồi khả năng khóa $\rightarrow (t_2 - t_1)_{\text{MIN}} = t_{\text{offV2}}$

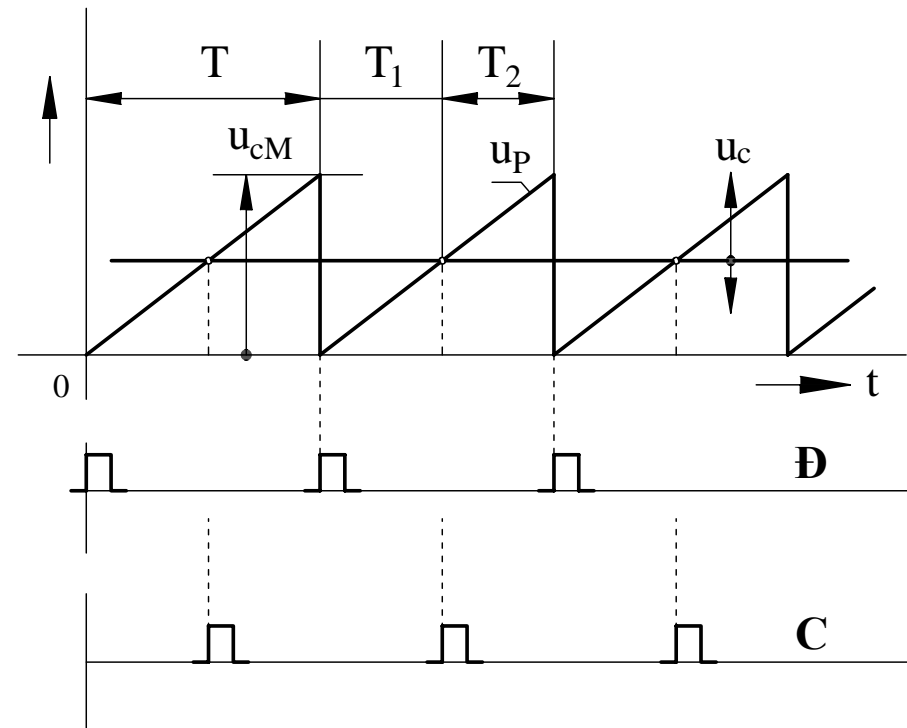
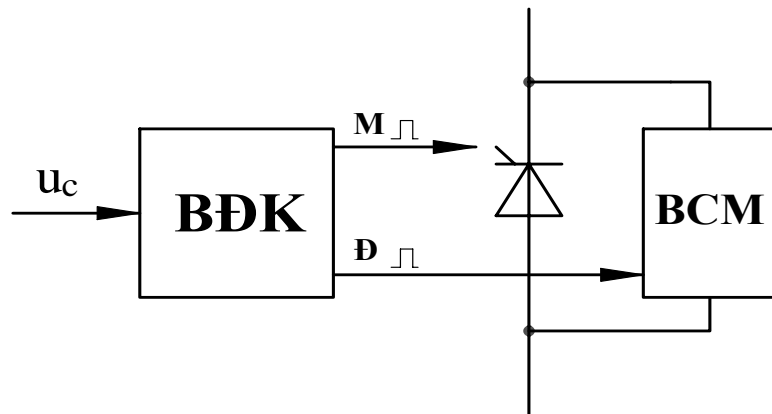
$$(t_2 - t_1) = \frac{T_v}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{4t_{\text{offV2}}^2}{\pi^2 C}$$

4.6 Nguyên tắc điều khiển bộ biến đổi xung áp

- Độ rộng xung – thay đổi T_1
- Tần số xung – thay đổi T
- Hai giá trị

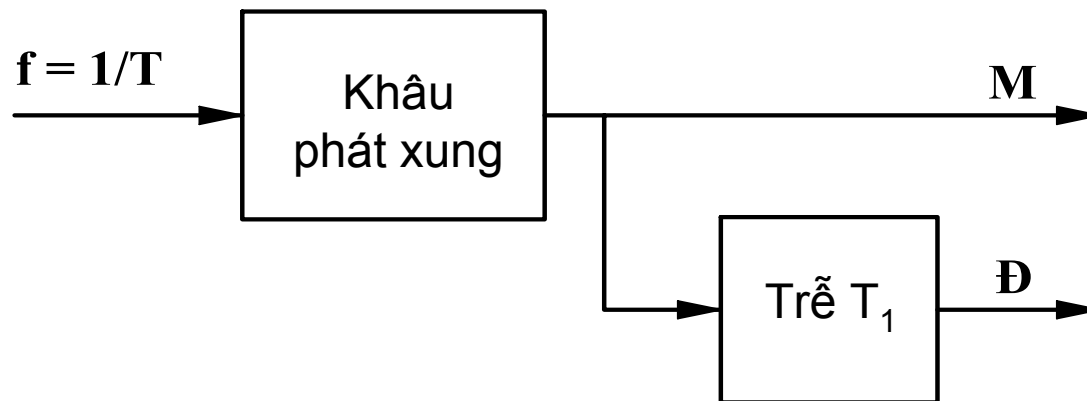
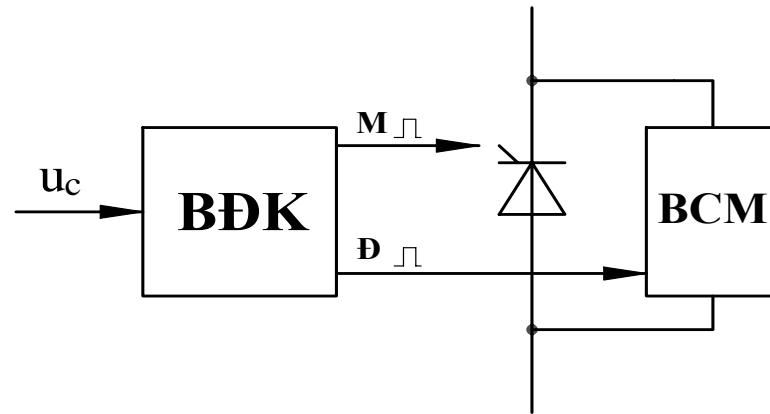
4.6.1 Nguyên tắc điều khiển độ rộng xung

Giữ nguyên $f = 1/T$, thay đổi T_1

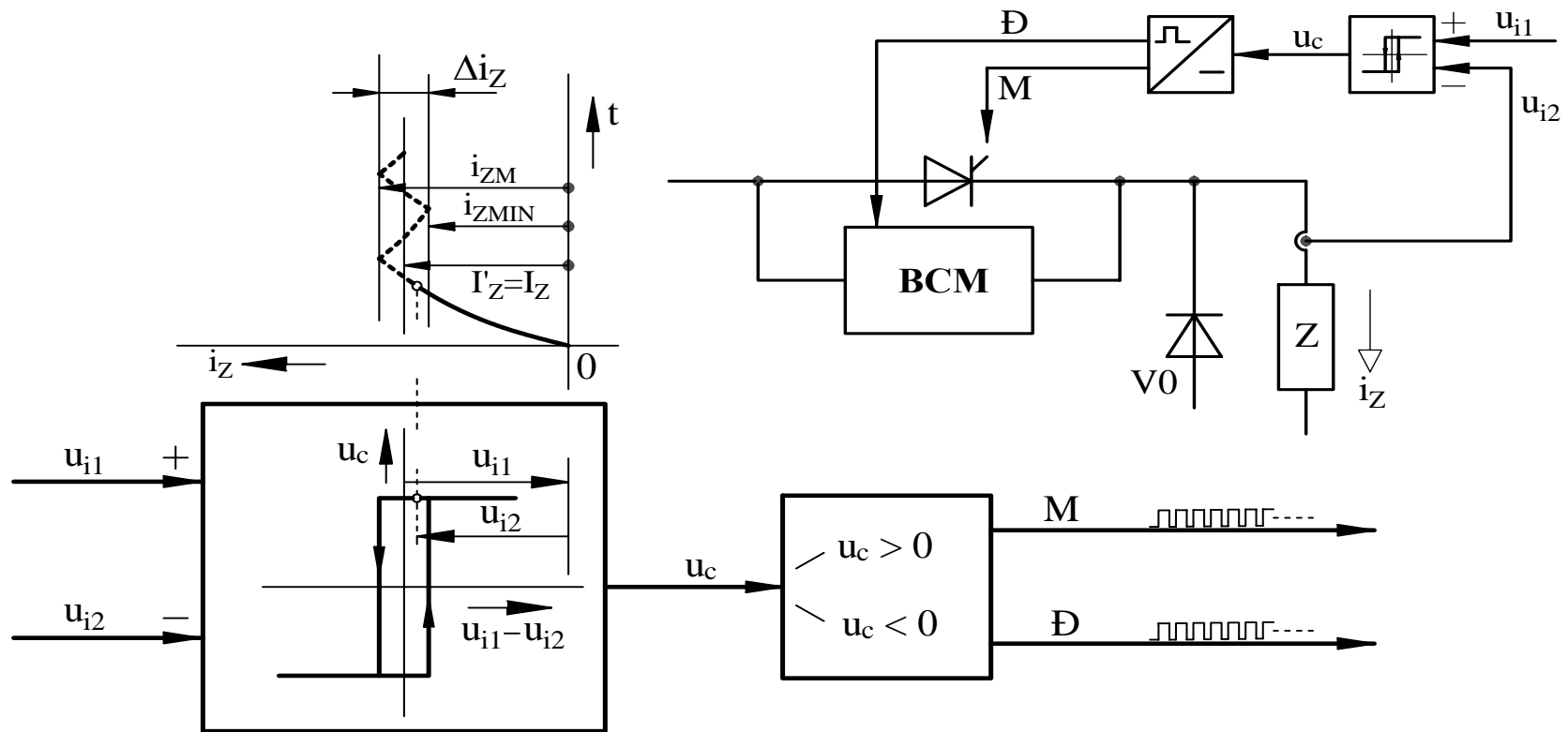


4.6.2 Nguyên tắc điều khiển tần số xung

Giữ nguyên T_1 , thay đổi T

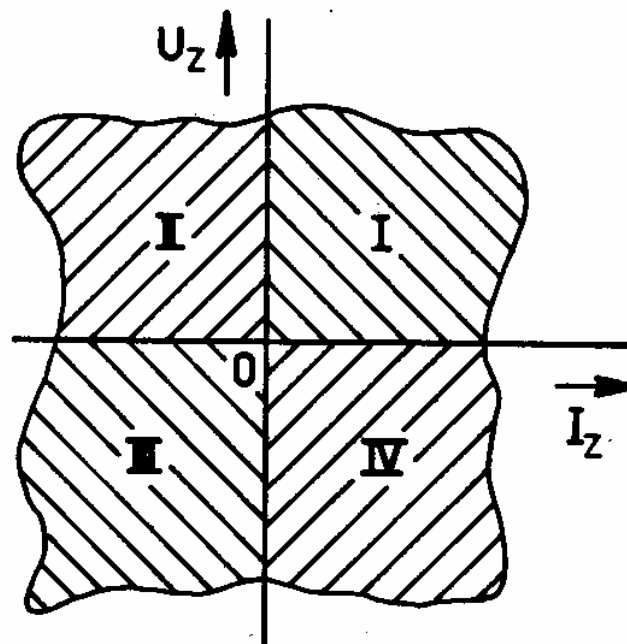


4.6.3 Nguyên tắc điều khiển hai giá trị

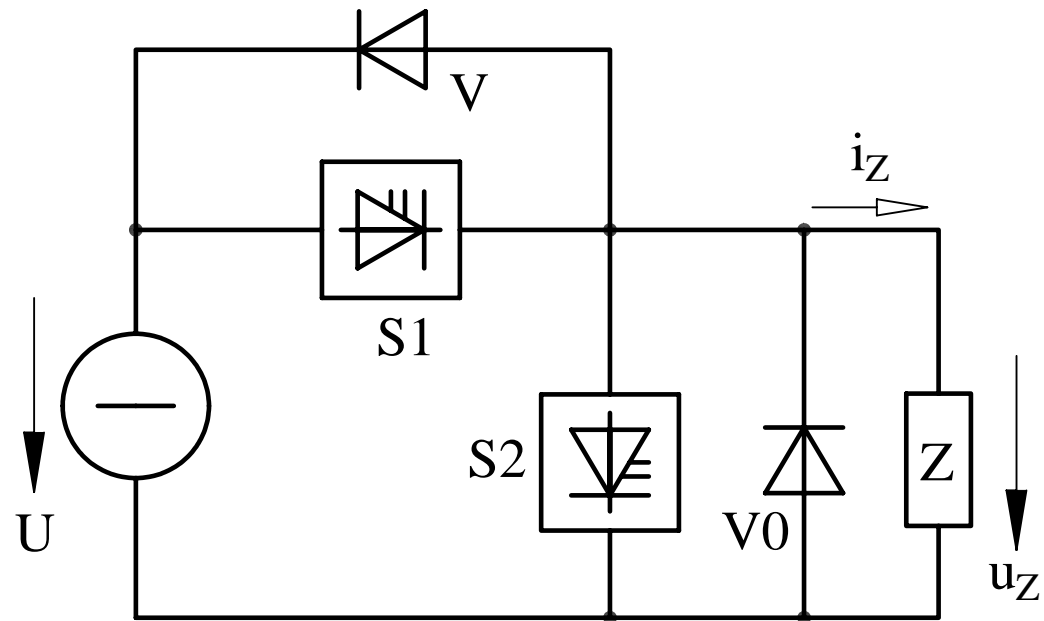


Bộ phát xung đóng vai trò của một bộ điều khiển dòng điện

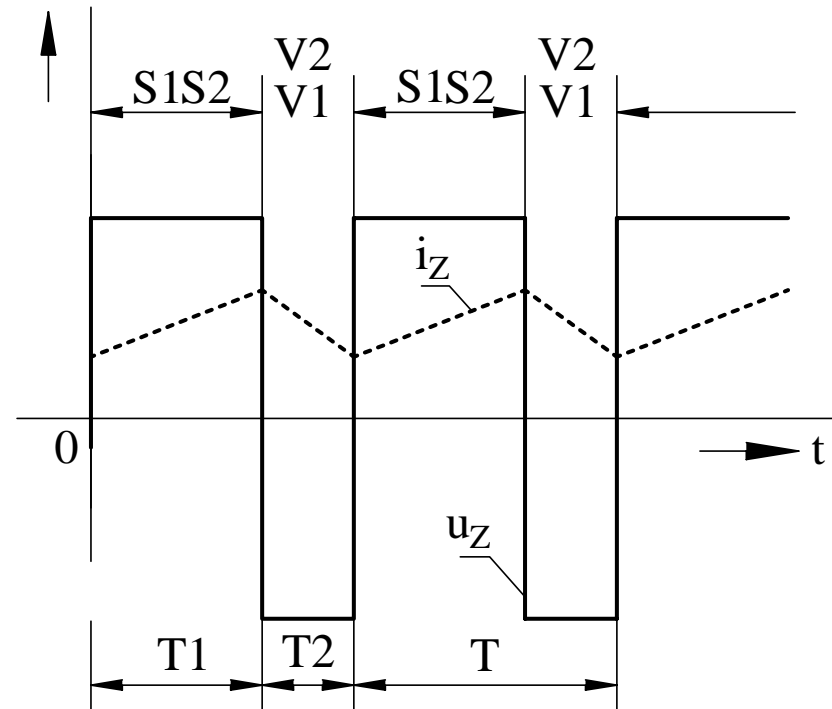
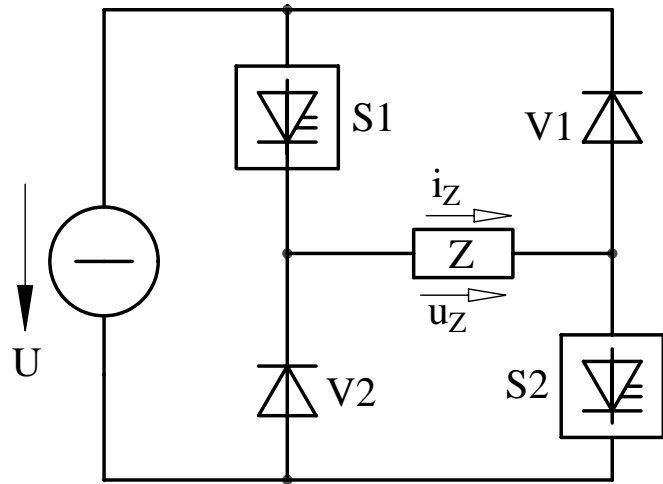
4.7 Các bộ biến đổi xung nhiều góc phần tư



4.7.1 Bộ biến đổi hai góc phân tư đảo chiều dòng điện



4.7.2 Bộ biến đổi hai góc phân tư đảo chiều điện áp

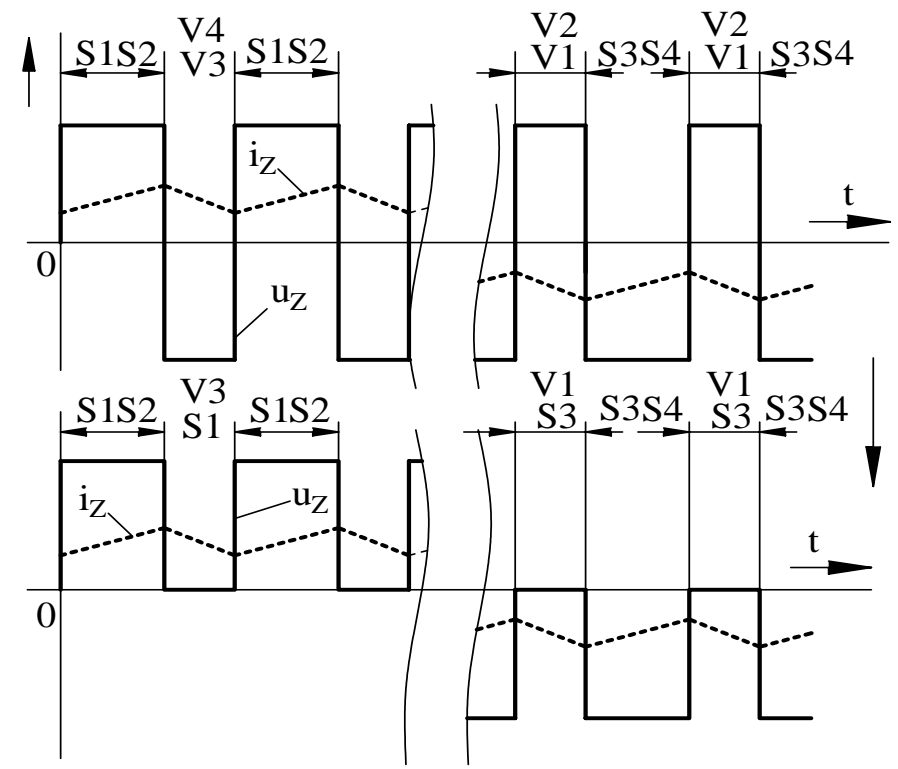
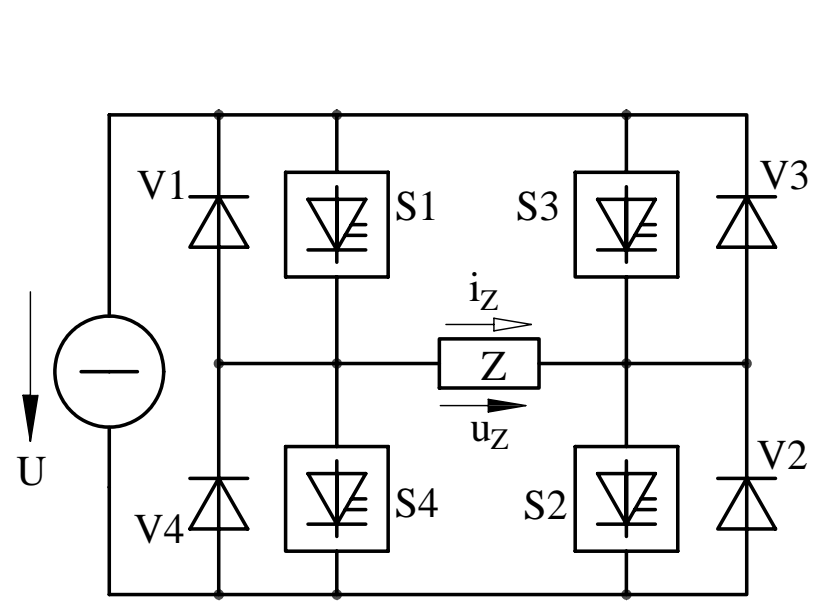


$$U_{zi} = U \frac{T_1 - T_2}{T} = U(2z - 1)$$

$$z > 0.5 \rightarrow U_{zi} > 0$$

$$z < 0.5 \rightarrow U_{zi} < 0$$

4.7.3 Bộ biến đổi bốn góc phân tư



Chương 5: Thiết bị nghịch lưu

5.1 Khái niệm chung – Phân loại

Biến đổi năng lượng điện một chiều thành năng lượng điện xoay chiều

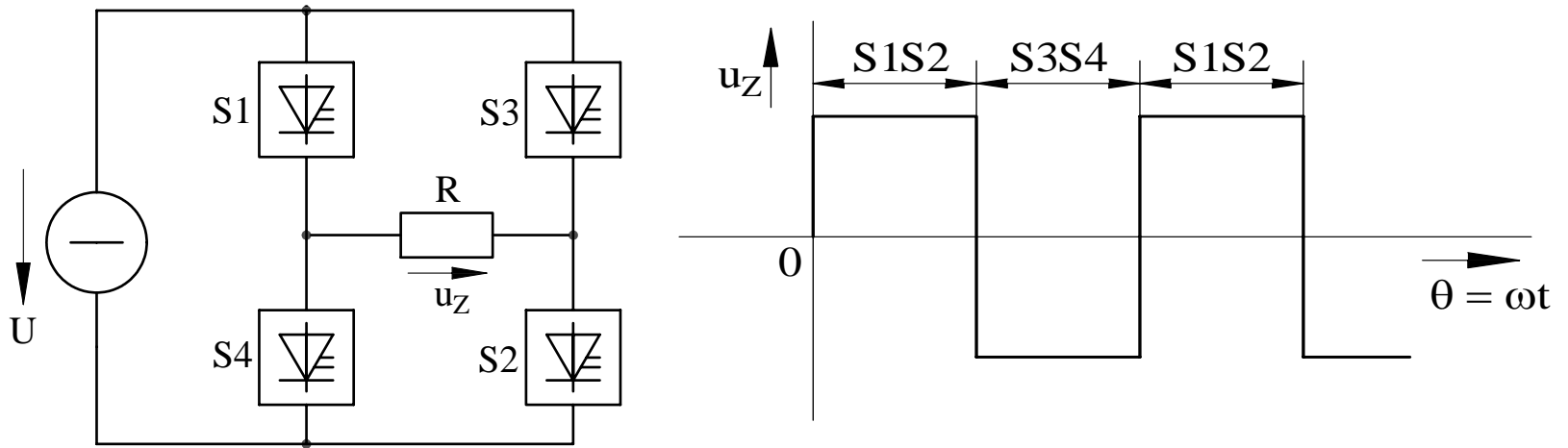
Phân loại

- Theo số lượng pha:
 - Một pha
 - Ba pha
 - Nhiều pha

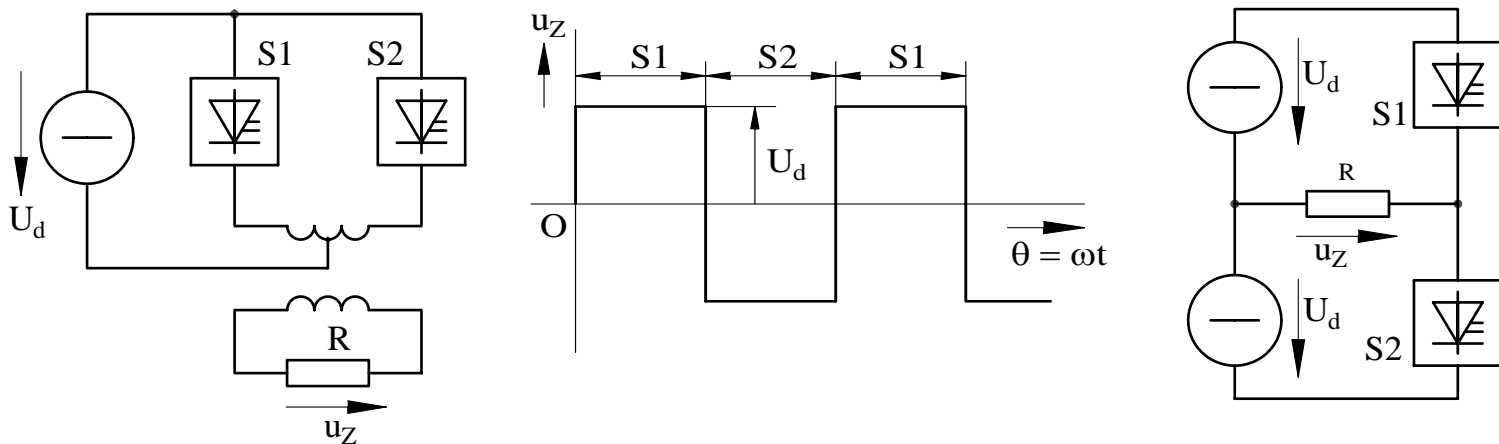
- Theo sơ đồ
 - Hình cầu
 - Hình tia

- Theo đặc điểm nguồn
 - Nguồn áp
 - Nguồn dòng

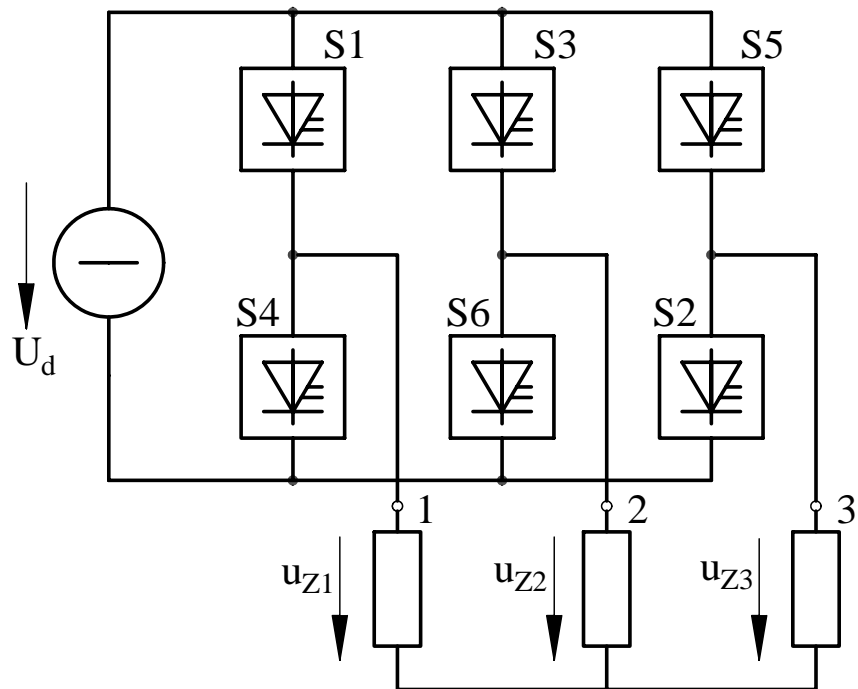
5.2 Sơ đồ nguyên lý



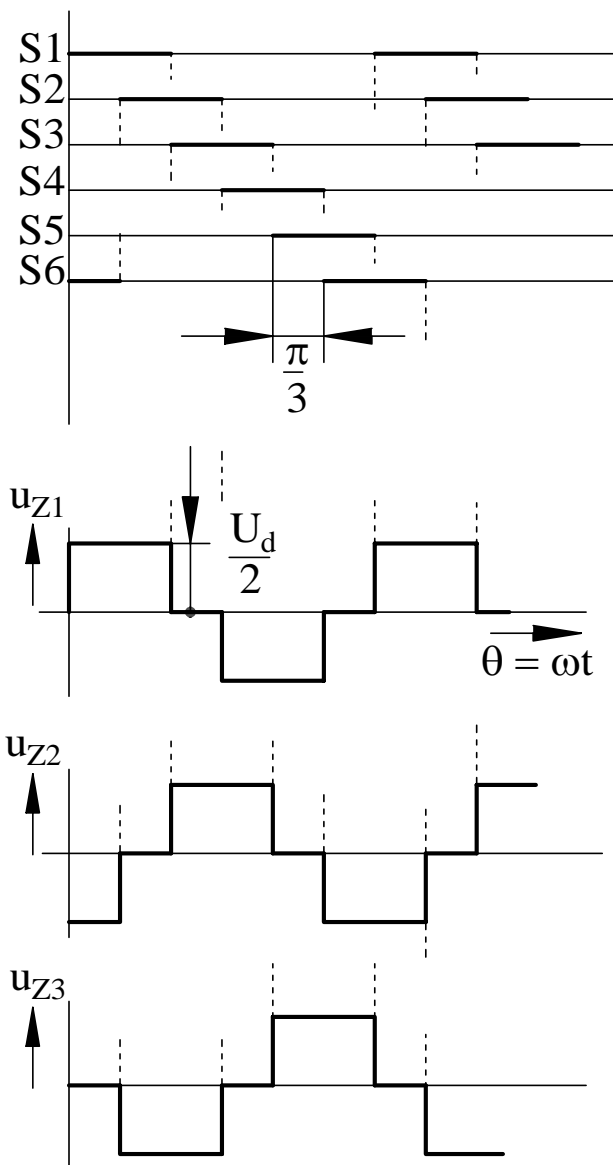
Sơ đồ nguyên lý nghịch lưu cầu một pha



Sơ đồ nguyên lý nghịch lưu tia và bán cầu một pha



Nghịch lưu cầu ba pha
tải thuần trở



5.3 Nghịch lưu áp

- Mạng tính chất nguồn áp: tạo ra điện áp xoay chiều. Dòng điện đầu ra phụ thuộc vào tải.
- Đầu vào của nghịch lưu áp là nguồn điện áp một chiều

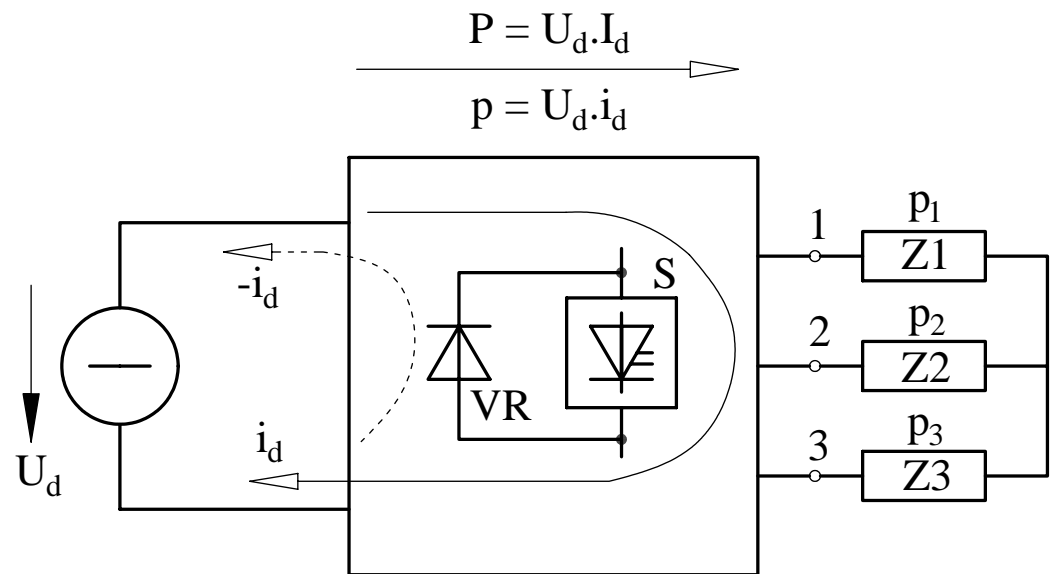
5.3.1 Dòng công suất hữu công và phản kháng

$$P = U_d I_d$$

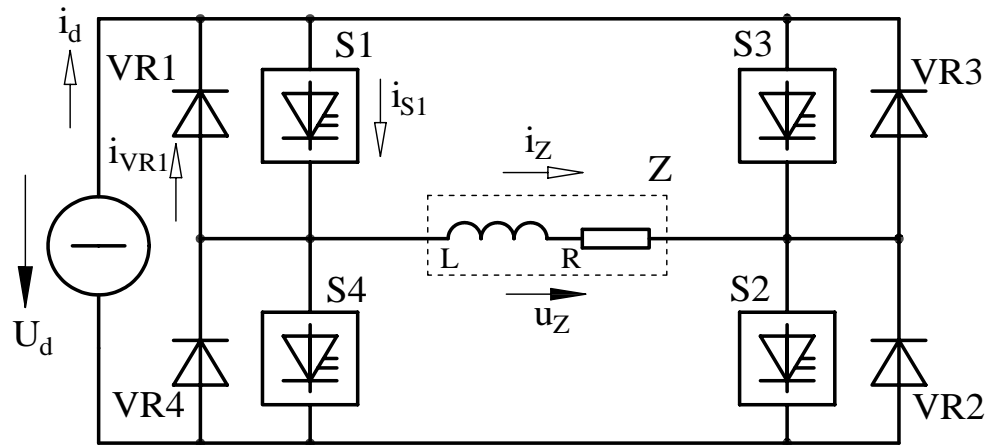
$P > 0 \rightarrow I_d > 0$: c.độ nghịch lưu

$P < 0 \rightarrow I_d < 0$: c.độ chỉnh lưu

$$p = U_d i_d = \sum_{n=1}^m P_n$$



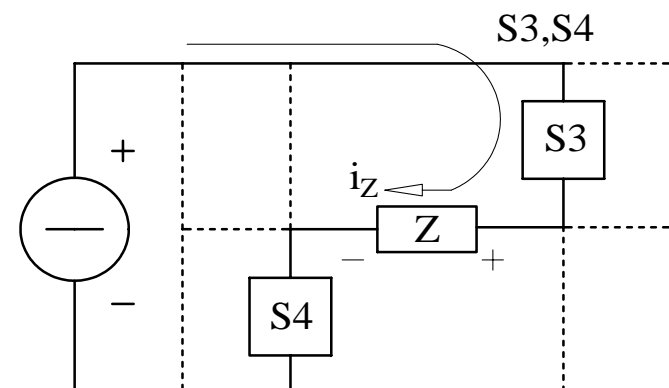
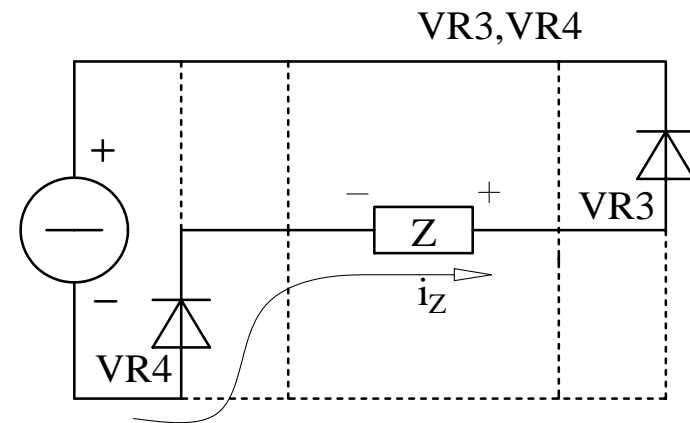
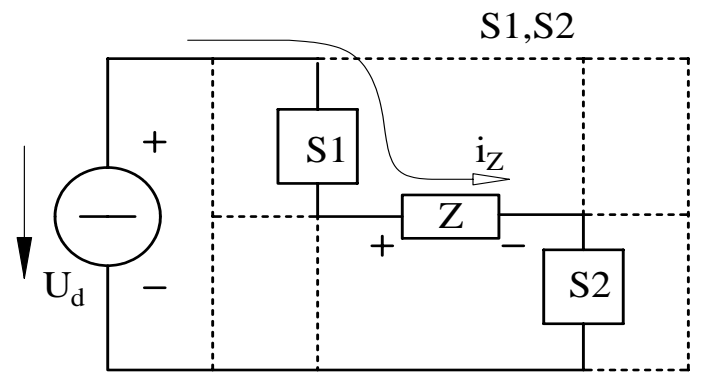
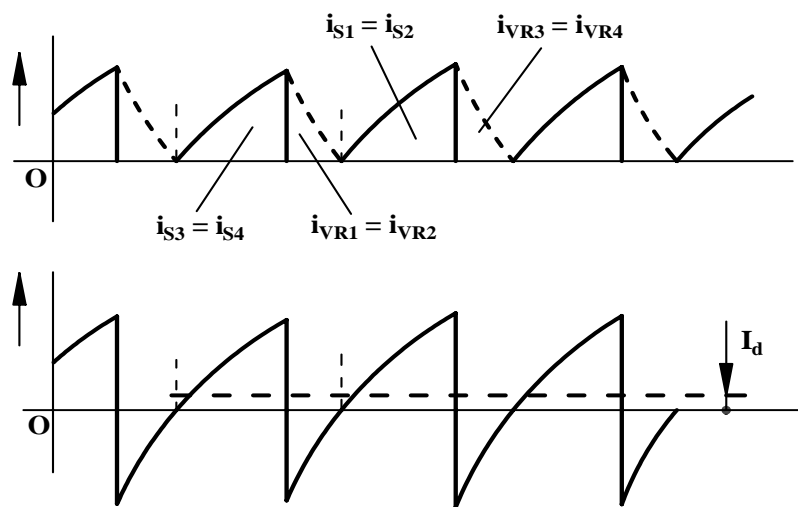
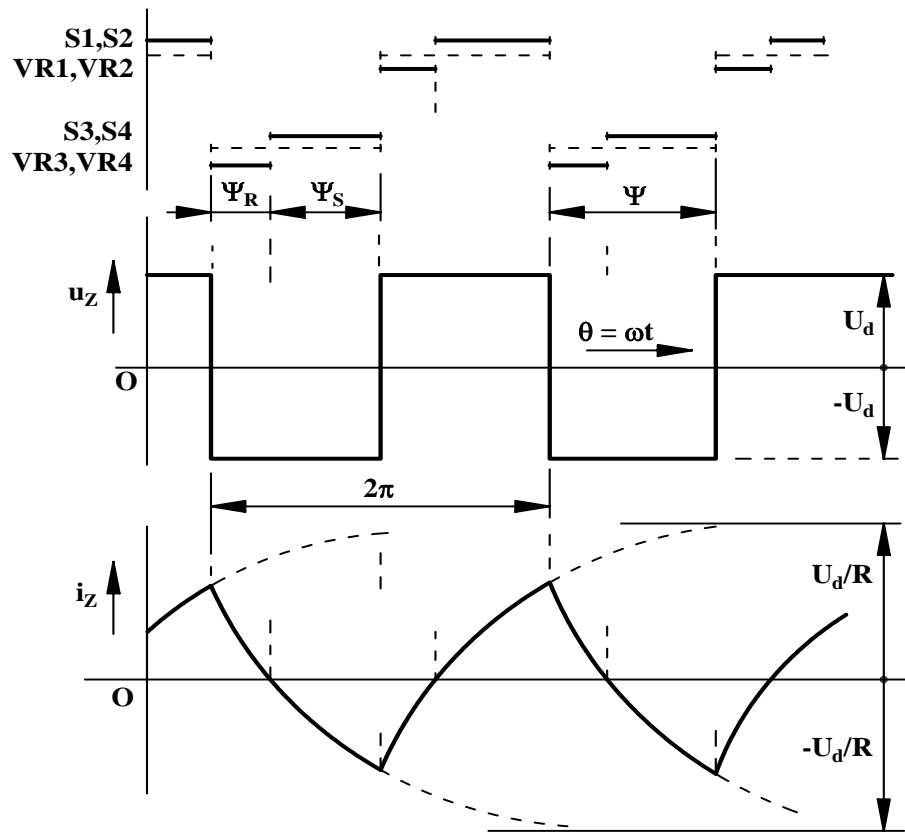
5.3.2 Nghịch lưu áp cầu một pha



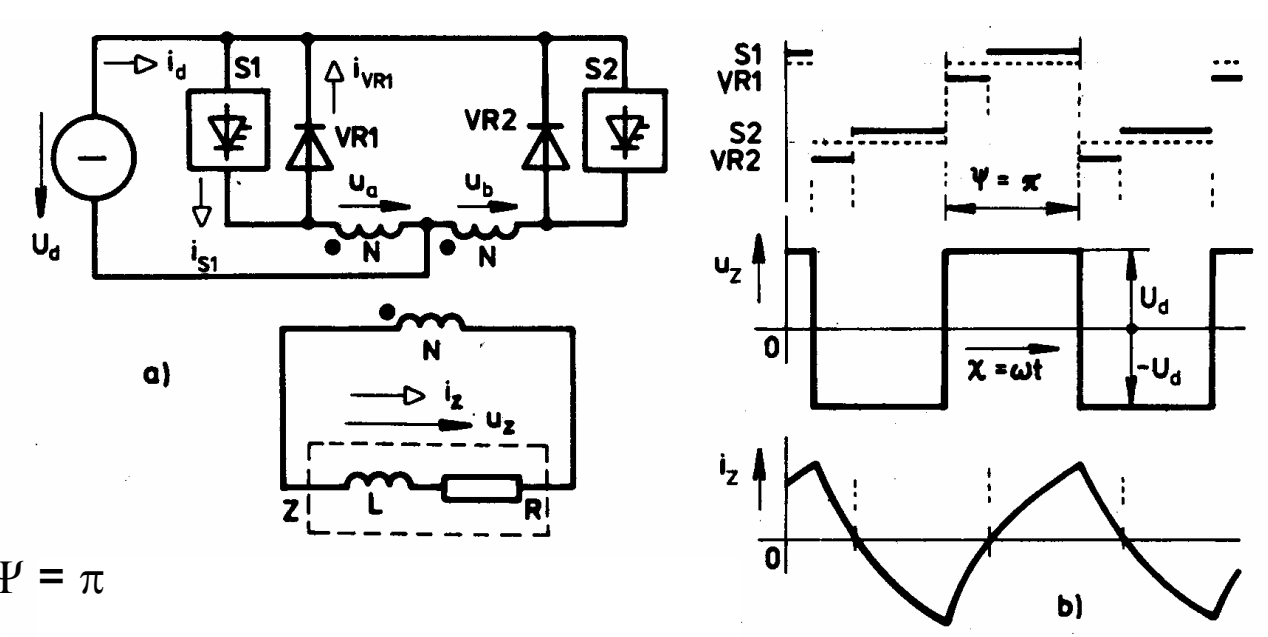
Ψ : Góc dự kiến đóng các bộ khóa

Ψ_S : Góc thông dòng của các bộ khóa

Ψ_R : Góc thông dòng của các diode ngược



5.3.3 Nghịch lưu áp tia một pha

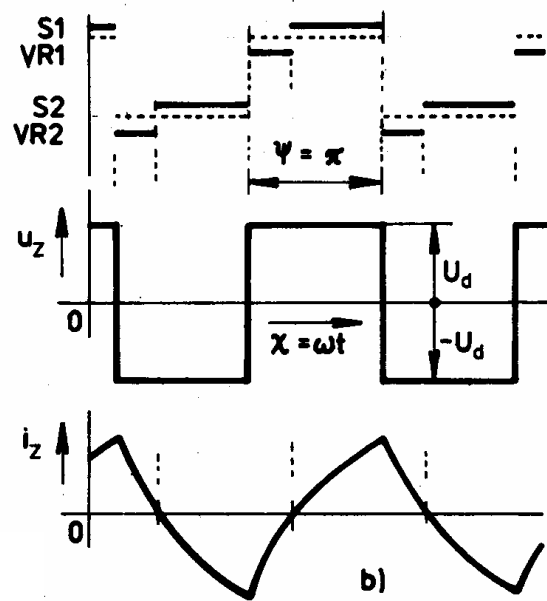
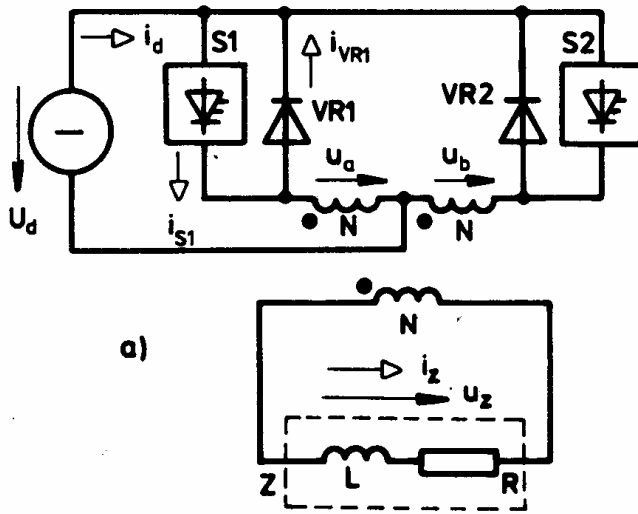


$$\Psi = \pi$$

• Nhịp S1:

$$u_z = u_a = U_d$$

$i_{S1} = i_d = i_z \dots$ tăng theo đường cong hàm mũ



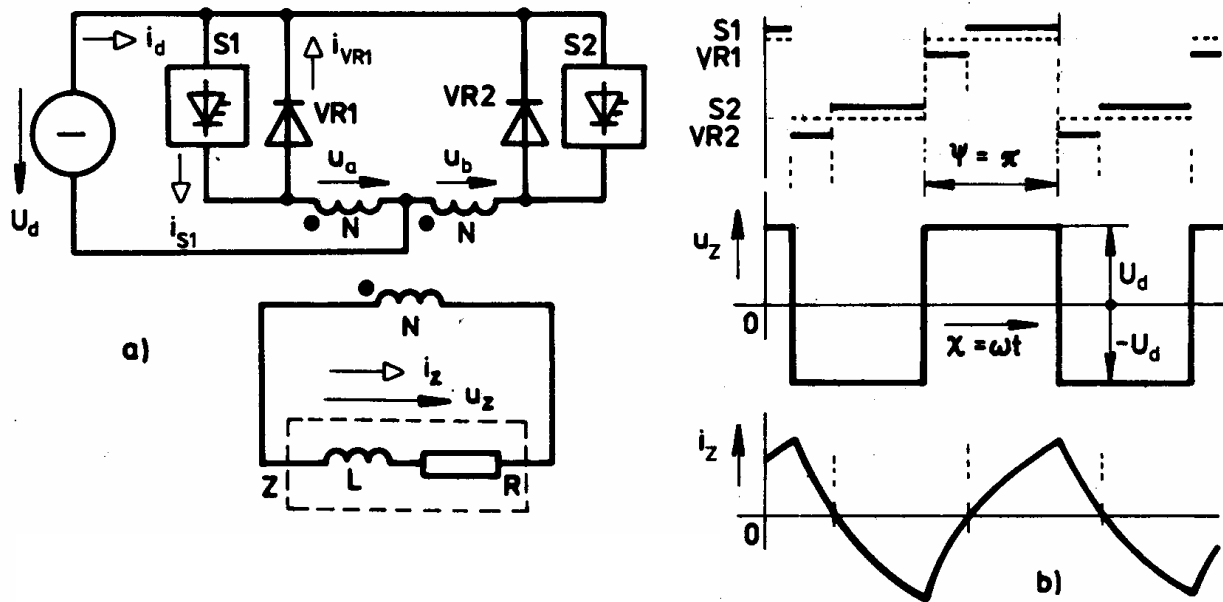
- Nhịp VR2:

Ngắt xung điều khiển đưa vào S1. Do ảnh hưởng của L trong tải, dòng điện trong cuộn thứ cấp và qua đó dòng trong cuộn sơ cấp vẫn giữ chiều cũ. Dòng trong cuộn sơ cấp chảy qua VR2 và qua nửa phải của cuộn sơ cấp.

$$u_z = u_b = -U_d$$

$$i_{VR2} = -i_d = i_z \dots \text{giảm theo đường cong hàm mũ}$$

Nhịp VR2 kết thúc khi dòng i_{VR2} giảm về giá trị 0



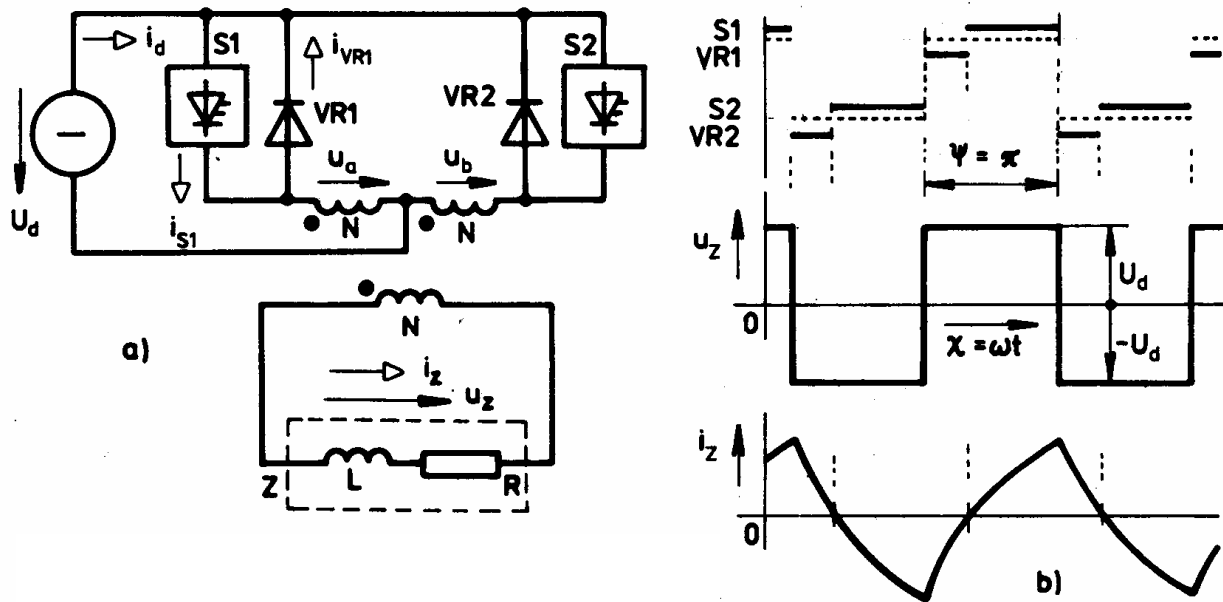
- Nhịp S2:

Xung điều khiển đưa vào S2 ngay sau khi ngắt S1. Khi VR2 đóng, dòng sẽ chảy qua S2. Điện áp trên tải vẫn không đổi, tuy nhiên dòng i_z sẽ đảo chiều

$$u_z = u_b = -U_d$$

$i_{S2} = i_d = -i_z \dots$ tăng theo đường cong hàm mũ với chiều ngược lại

Nhịp S2 kết thúc khi ngắt xung điều khiển đưa vào S2 và bắt đầu đưa xung điều khiển vào S1



- Nhịp VR1:

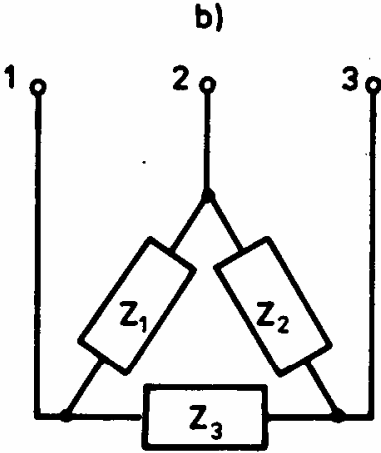
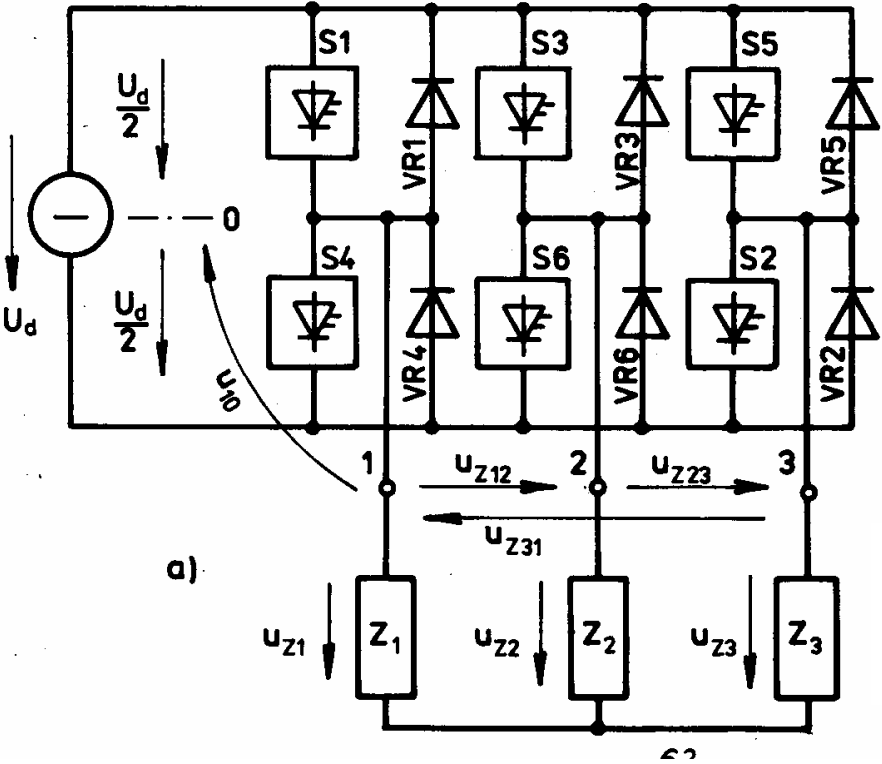
Ngắt xung điều khiển đưa vào S2. Do ảnh hưởng của L trong tải, dòng điện trong cuộn thứ cấp và qua đó dòng trong cuộn sơ cấp vẫn giữ chiều cũ. Dòng trong cuộn sơ cấp chảy qua VR1 và qua nửa trái của cuộn sơ cấp.

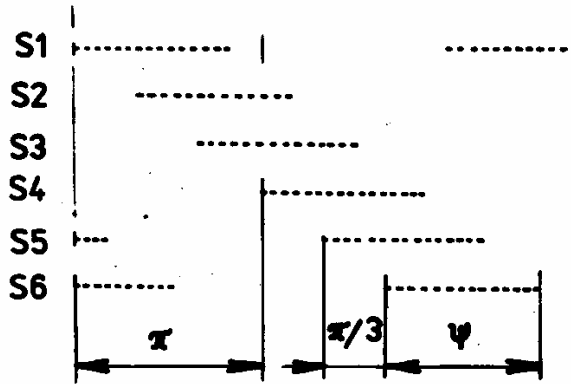
$$u_z = u_a = U_d$$

$$i_{VR1} = -i_d = -i_z \dots \text{tăng theo đường cong hàm mũ}$$

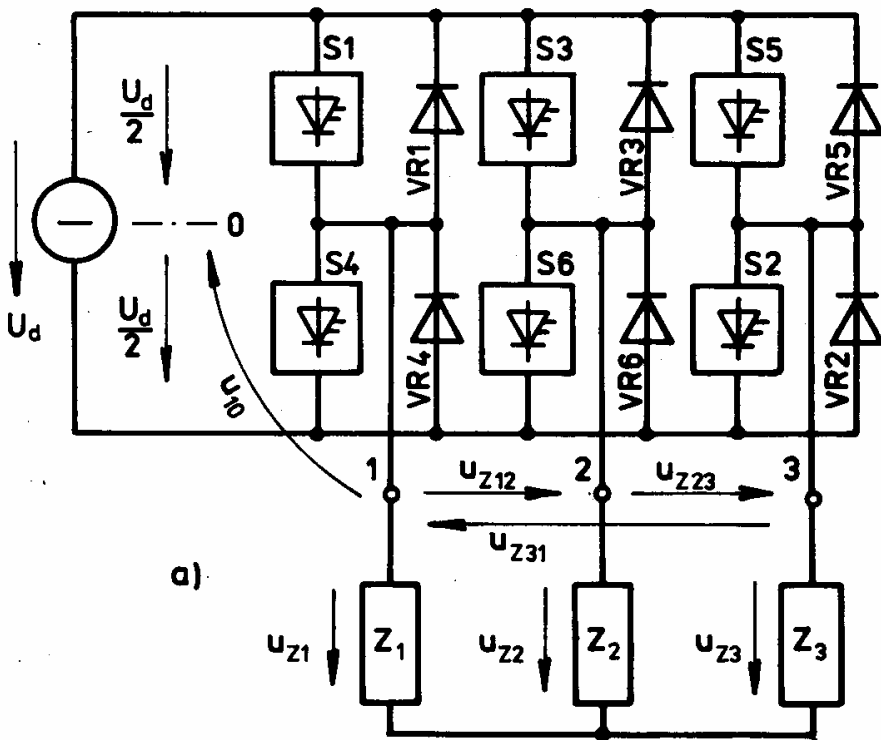
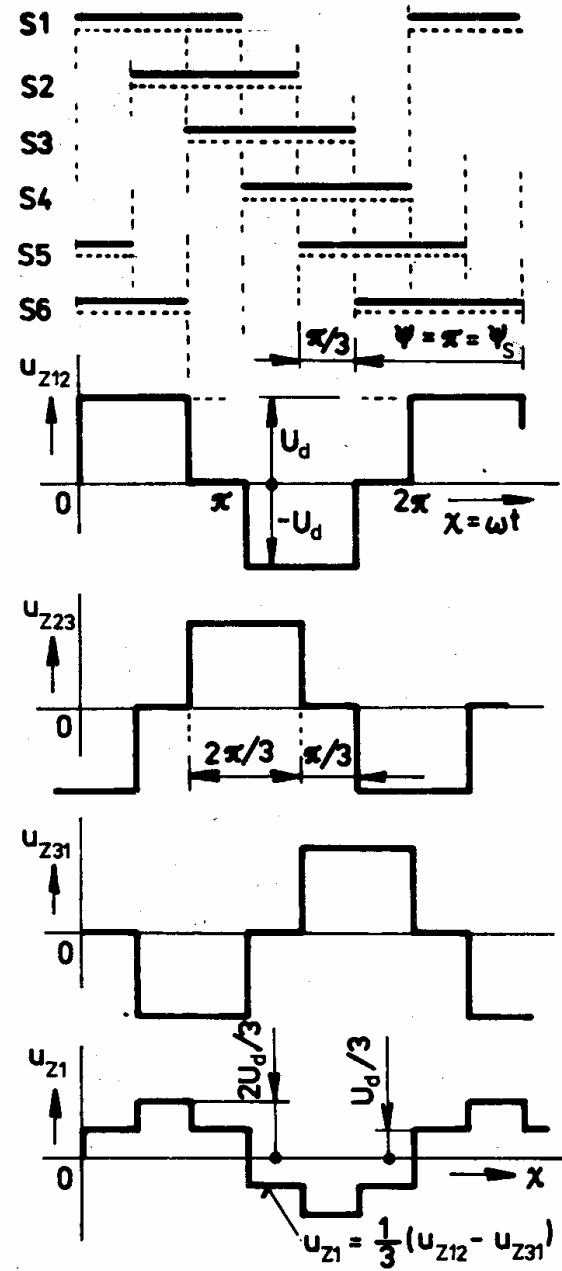
Nhịp VR1 kết thúc khi dòng i_{VR1} tăng lên giá trị 0

5.3.4 Nghịch lưu áp cầu ba pha



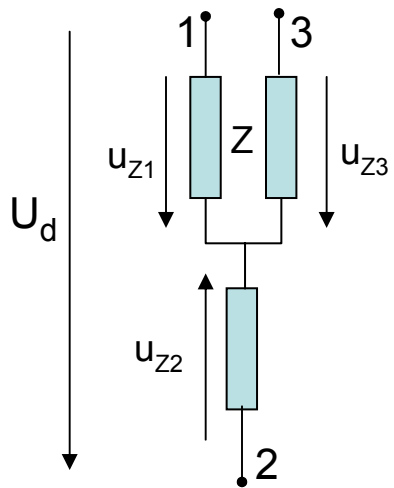
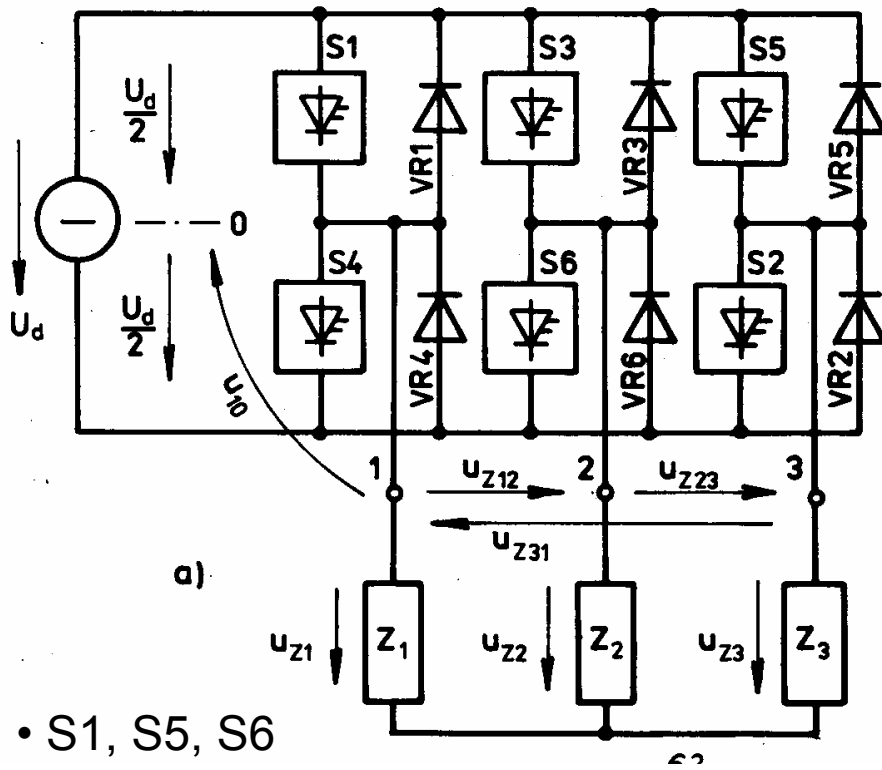


$$\frac{\pi}{3} < \Psi \leq \pi$$



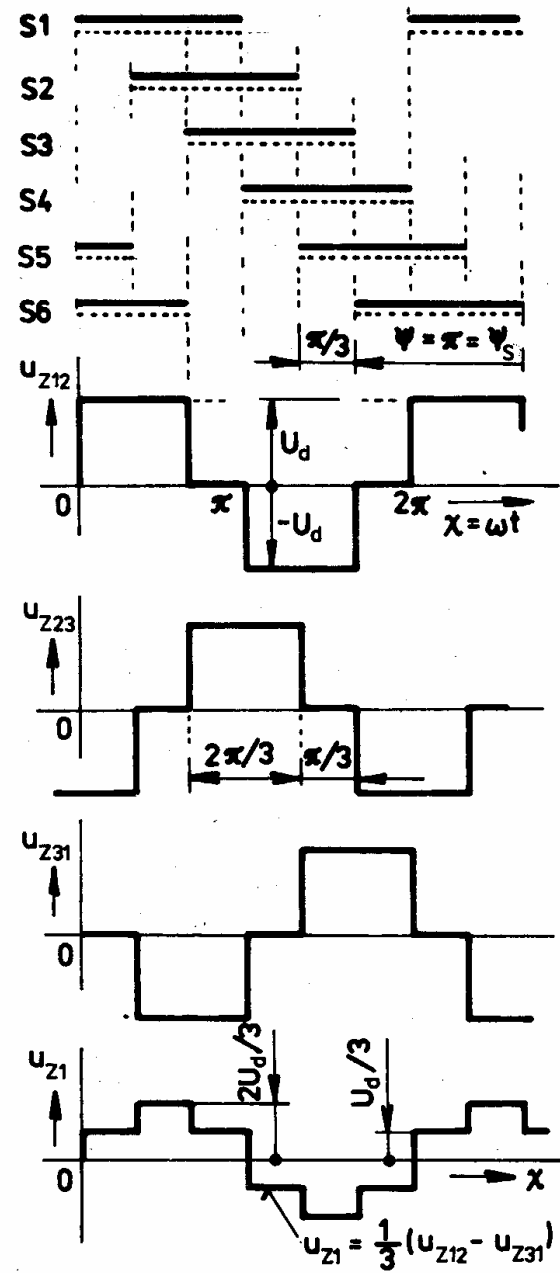
a)

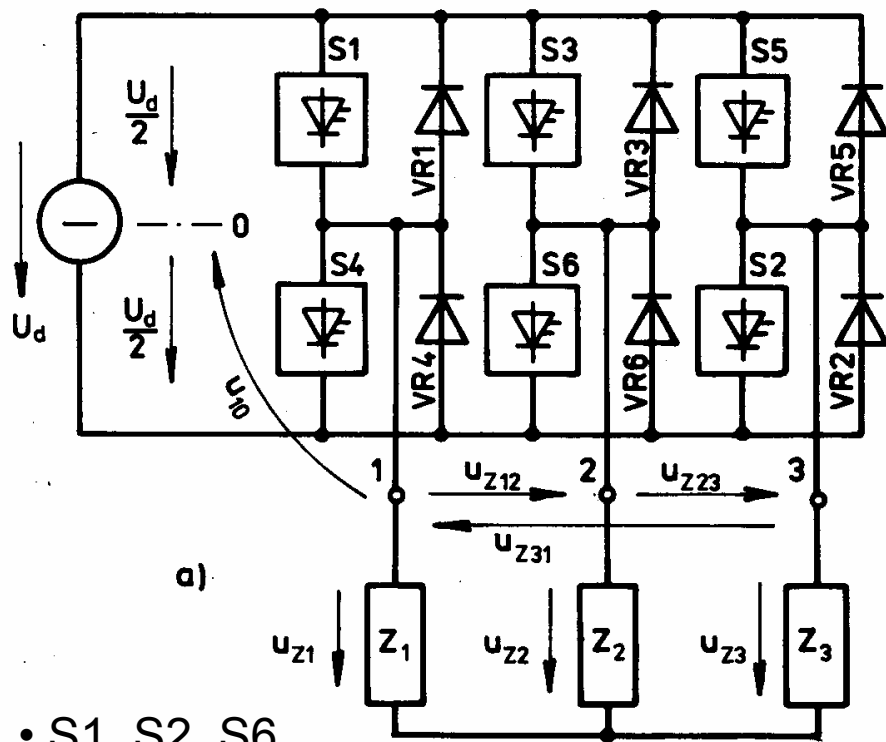
$$u_{z1} = \frac{1}{3}(u_{z12} - u_{z31})$$



$$u_{Z1} = u_{Z3} = U_d/3$$

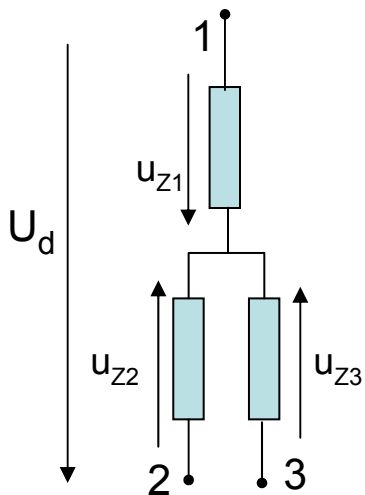
$$u_{Z2} = -2U_d/3$$





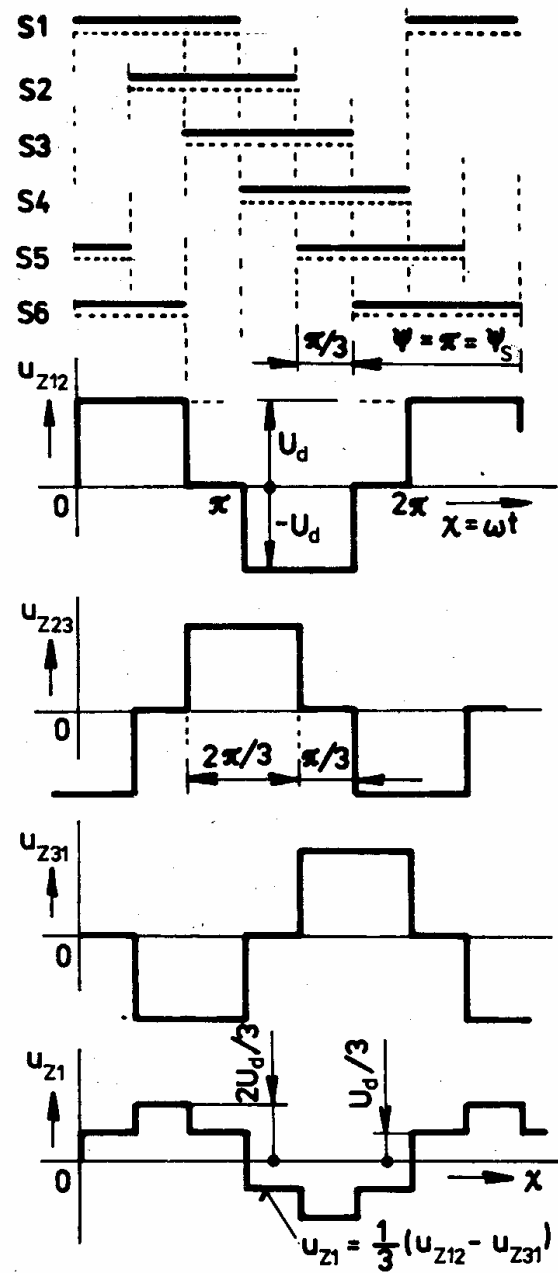
a)

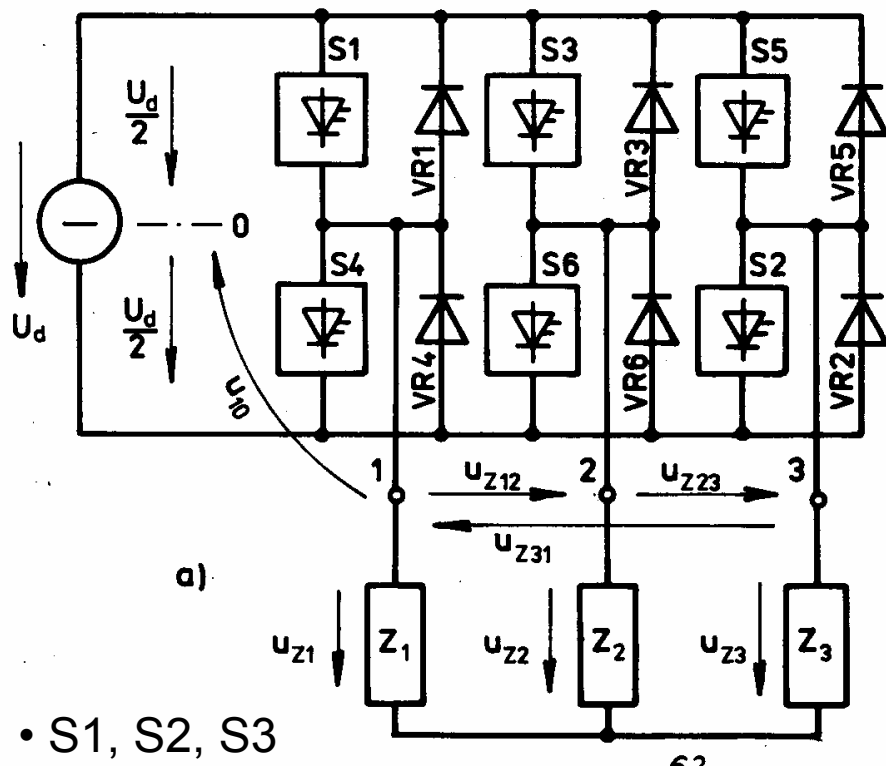
• S1, S2, S6



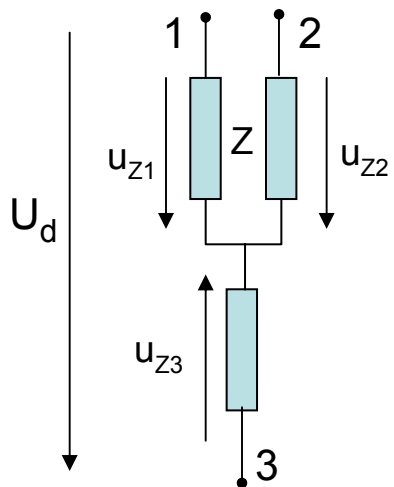
$$u_{Z1} = 2U_d/3$$

$$u_{Z2} = u_{Z3} = -U_d/3$$



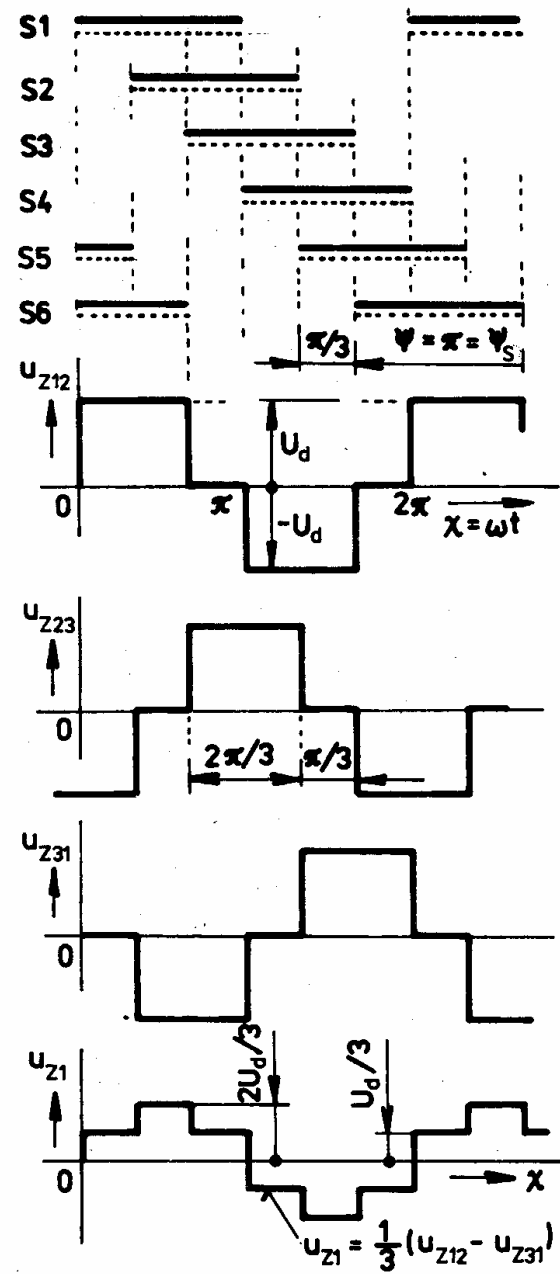


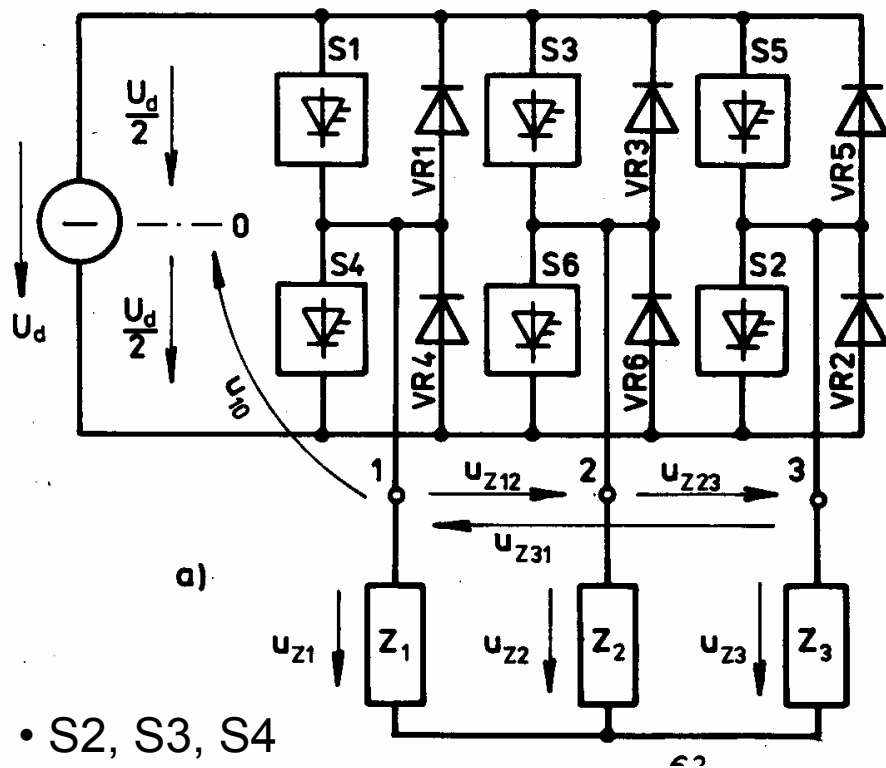
• S1, S2, S3



$$u_{z1} = u_{z2} = U_d/3$$

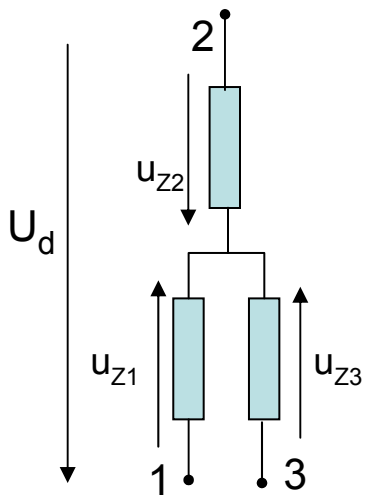
$$u_{z3} = -2U_d/3$$





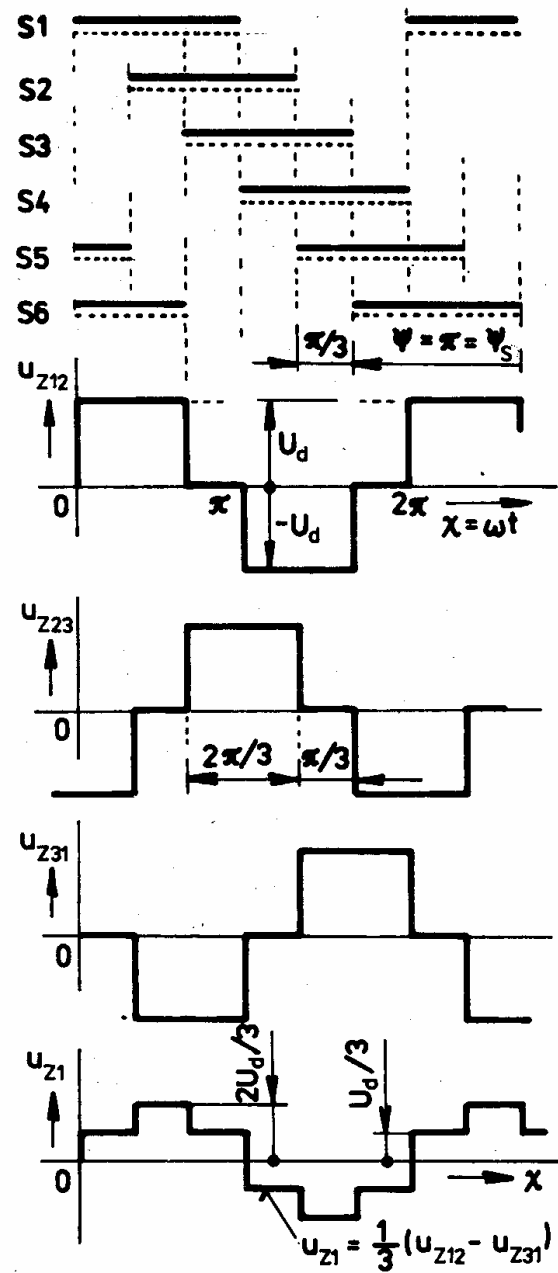
a)

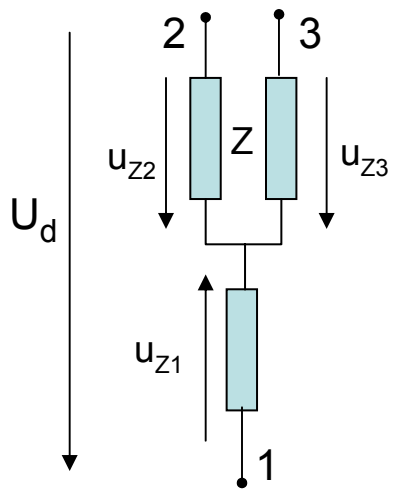
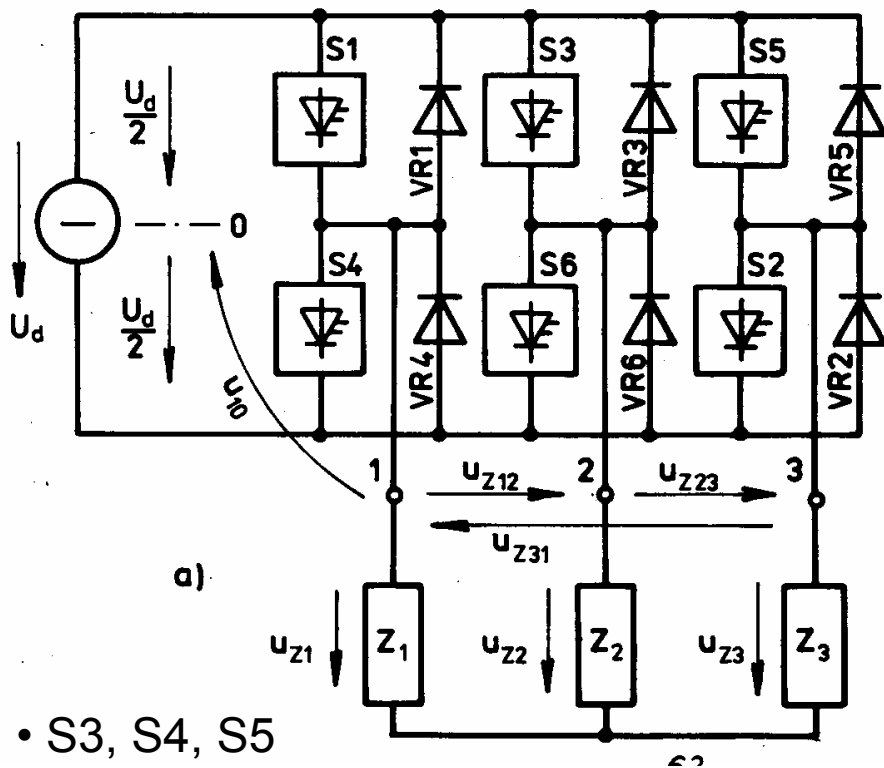
• S2, S3, S4



$$u_{Z2} = 2U_d/3$$

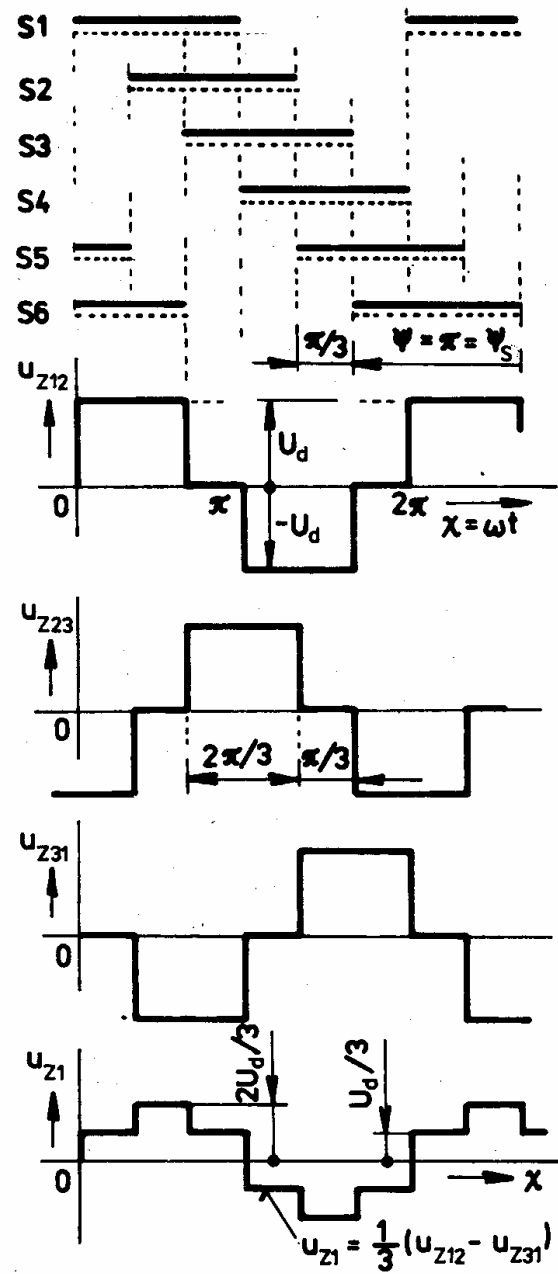
$$u_{Z1} = u_{Z3} = -U_d/3$$

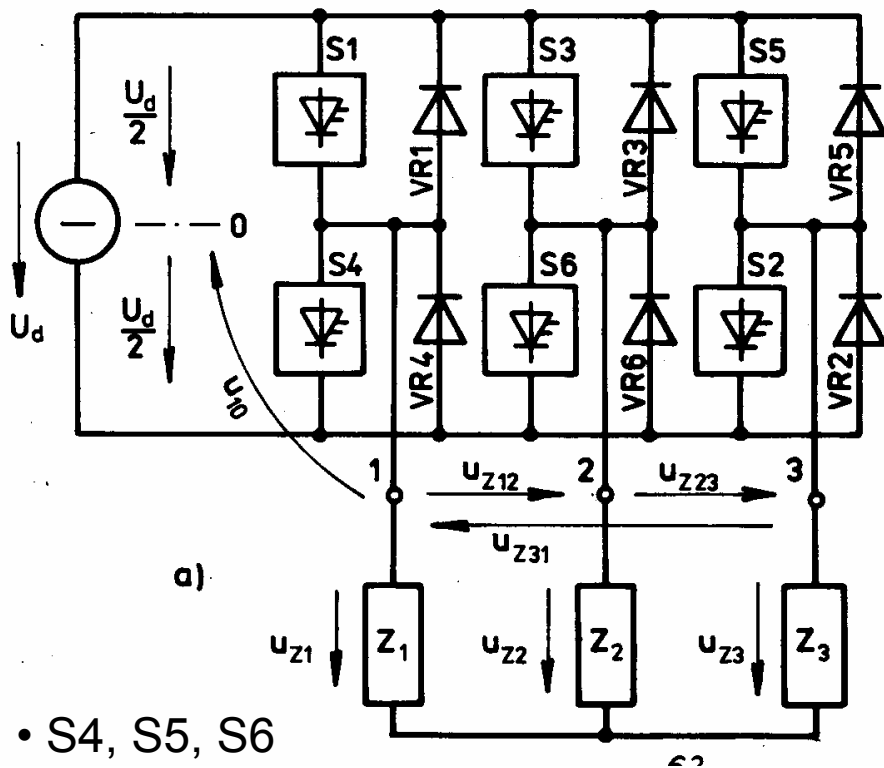




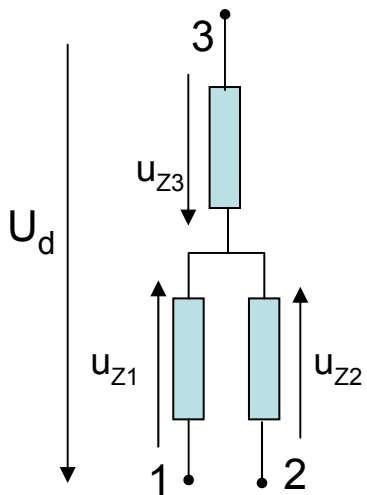
$$u_{Z2} = u_{Z3} = U_d/3$$

$$u_{Z1} = -2U_d/3$$



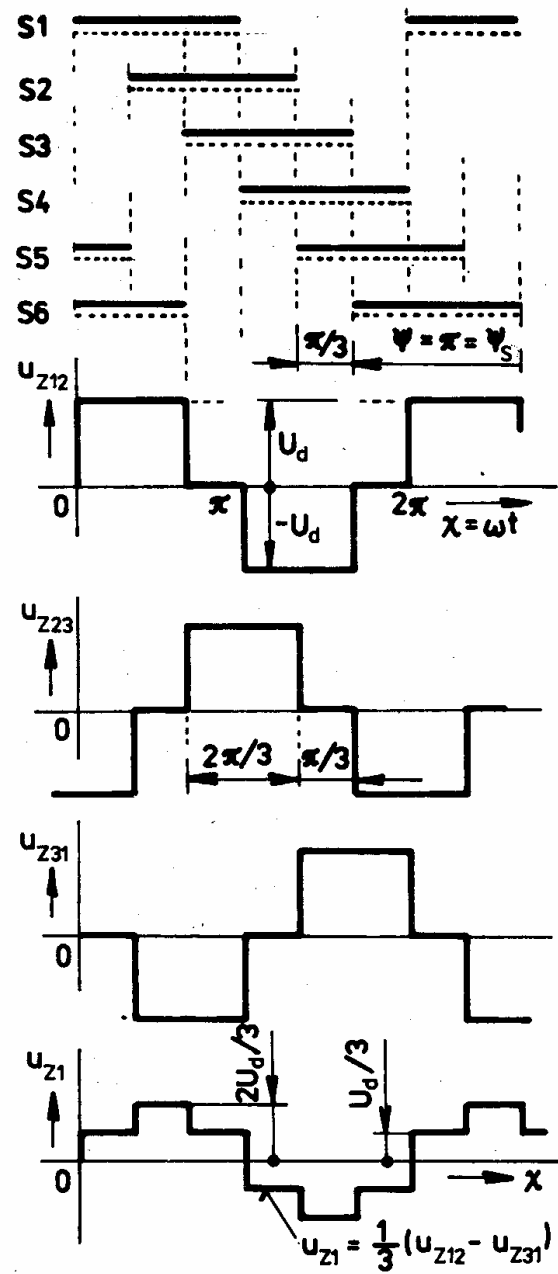


• S4, S5, S6



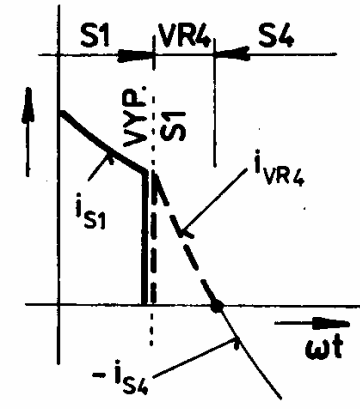
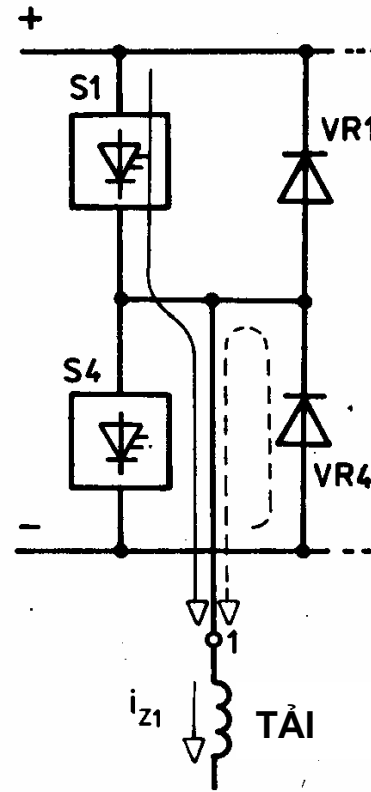
$$u_{Z3} = 2U_d/3$$

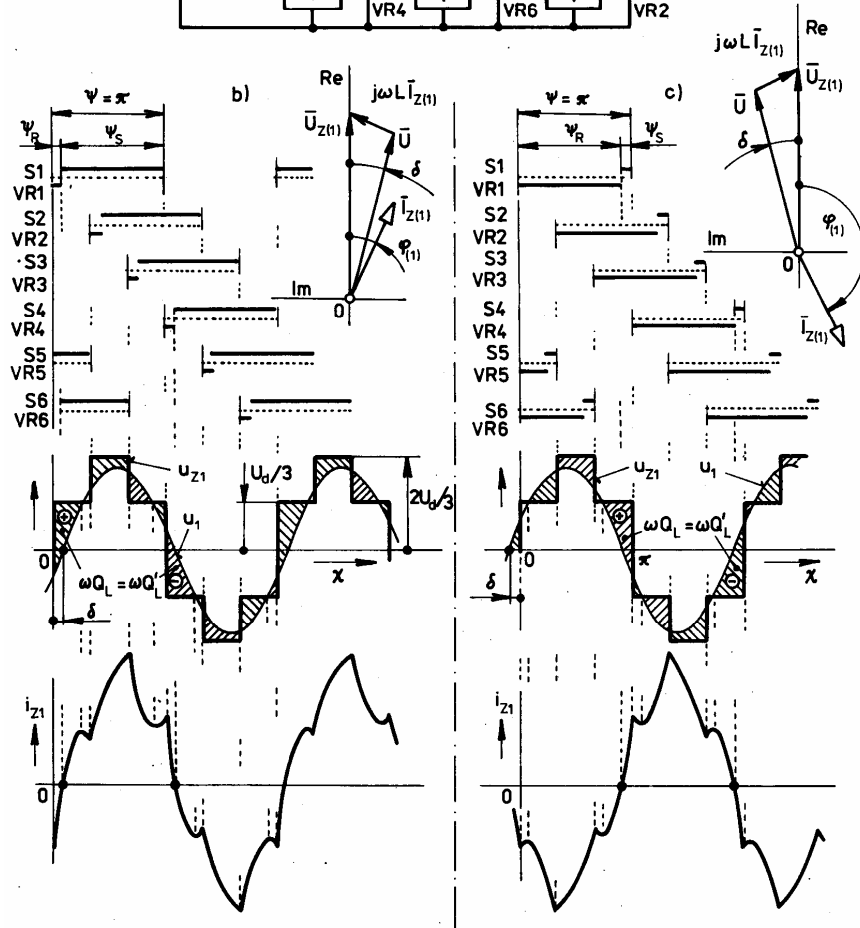
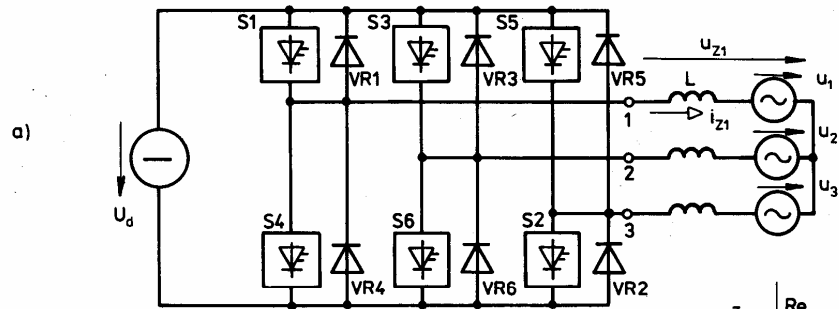
$$u_{Z1} = u_{Z2} = -U_d/3$$



$$\Psi = \pi \rightarrow \Psi_S + \Psi_R = \Psi = \pi$$

$$\Psi < \pi \rightarrow \Psi_S + \Psi_R > \Psi$$

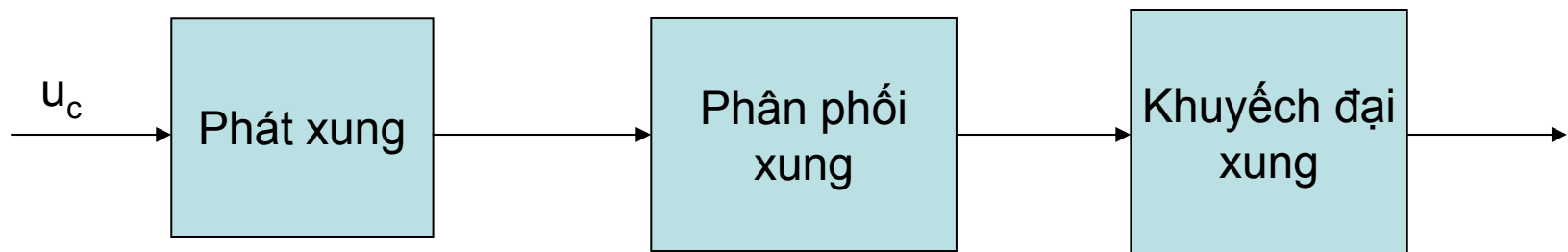




5.3.5 Điều khiển nghịch lưu áp cầu 3 pha

Nguyên tắc thay đổi tần số xung

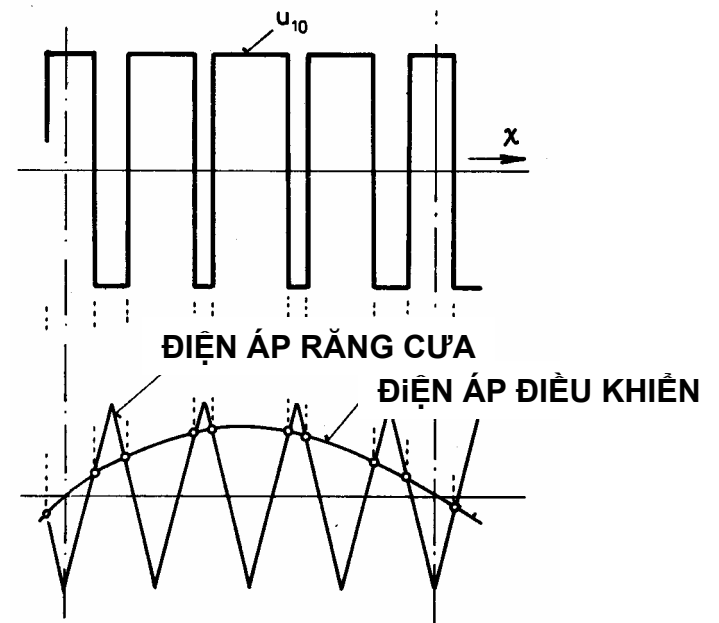
- Độ lớn: ... U_d
- Tần số: ... tần số phát xung vào các bộ khóa

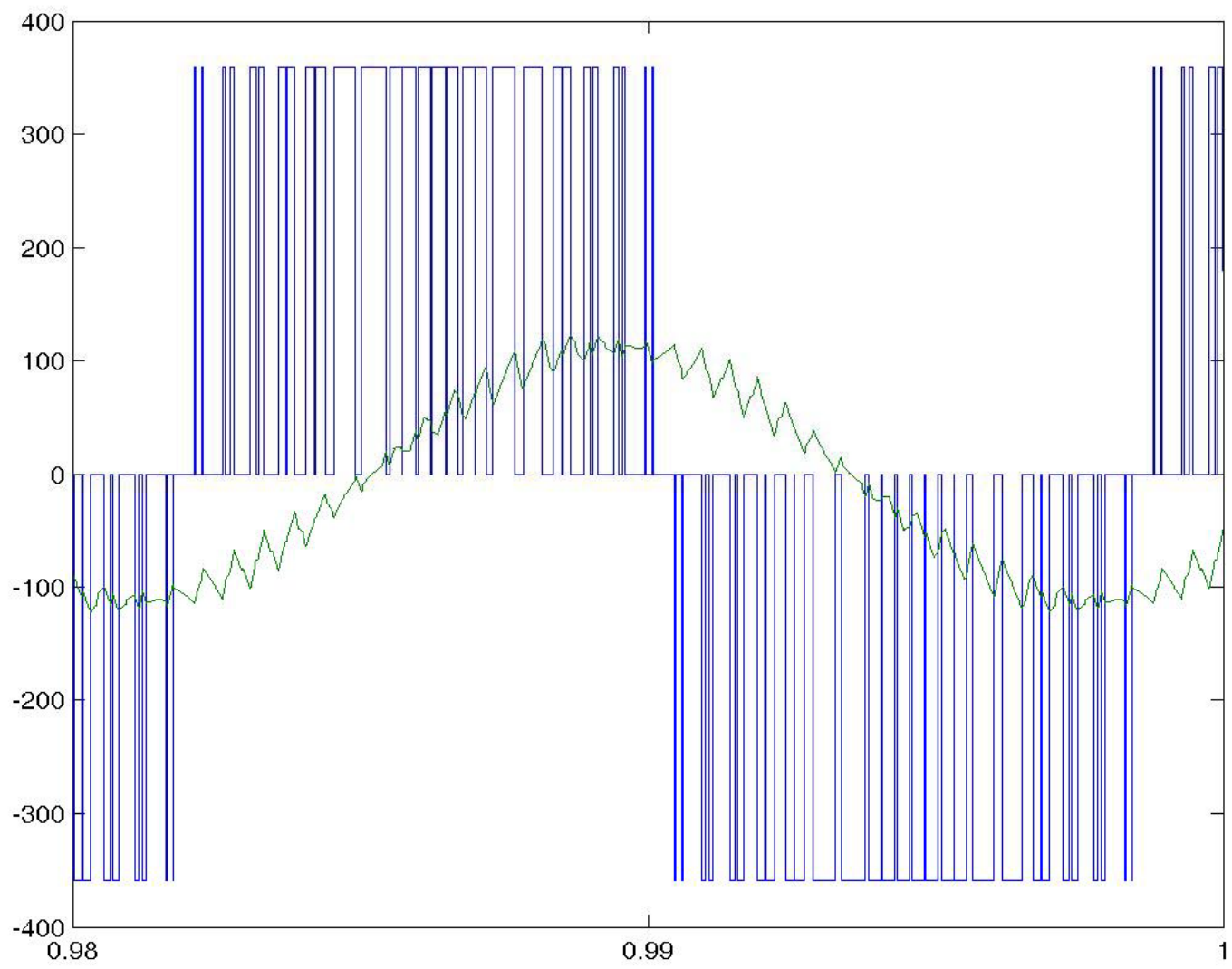


Nguyên tắc điều biến độ rộng xung - PWM

- S1, S3, S5
- S2, S4, S6

$$u_{z1} = u_{z2} = u_{z3} = 0$$

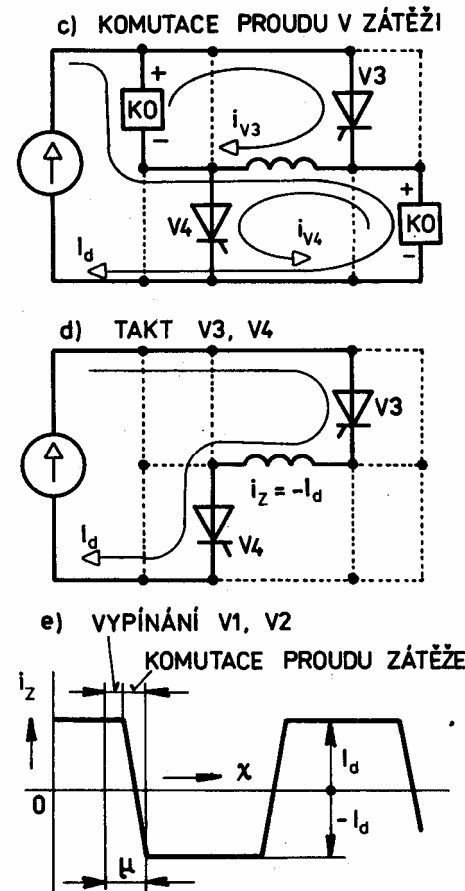
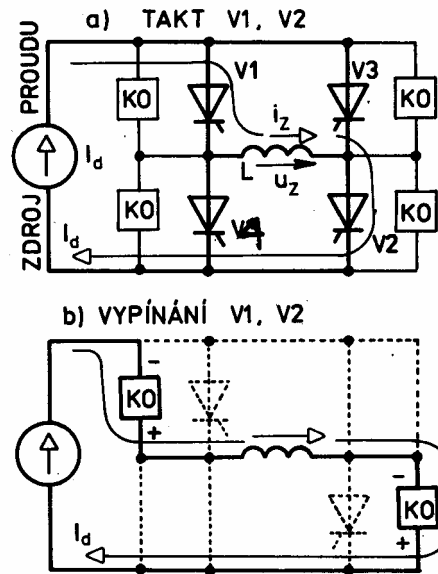
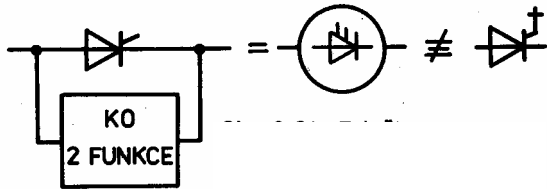




5.4 Nghịch lưu dòng

5.4.1 Hai chức năng của bộ chuyển mạch trong nghịch lưu dòng

- Đặt điện áp ngược lên thyristor, đóng thyristor.
- Tham gia vào quá trình chuyển mạch



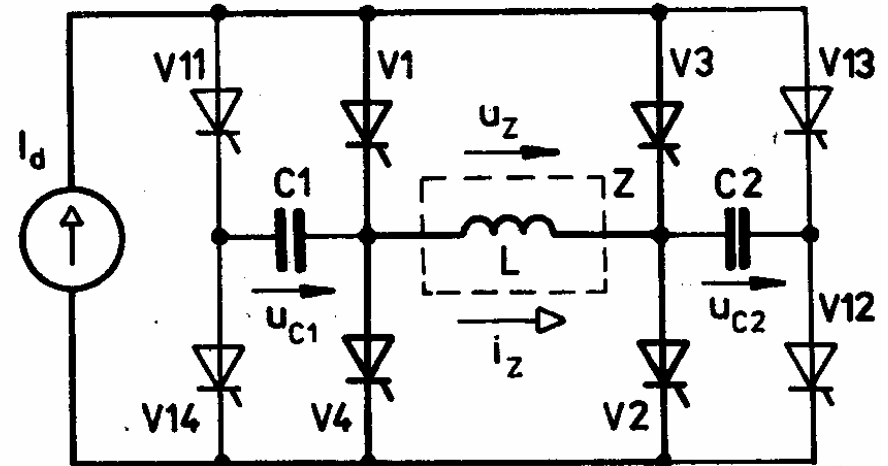
5.4.2 Nghịch lưu dòng một pha

Giả sử V1, V2 mở, dòng điện qua tải $i_z = I_d$

Điện áp trên các tụ $u_{C1} < 0$, $u_{C2} < 0$.

Muốn đóng V1, V2: mở V11, V12.

Dòng $i_z = I_d$ chảy qua V11, C1, C2, V12
→ điện áp trên các tụ đảo chiều.



Trong thời gian điện áp trên các tụ còn < 0 , V1 và V2 phục hồi khả năng khóa.

Bộ chuyển mạch thực hiện chức năng thứ nhất.

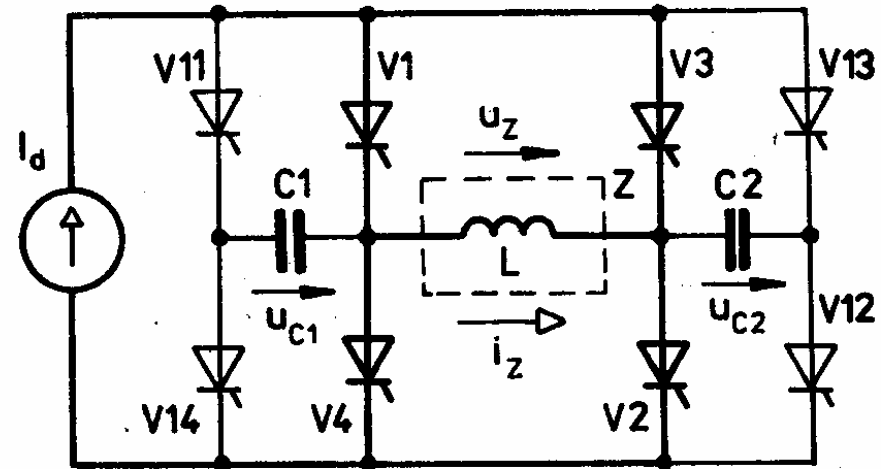
Xung điều khiển được đưa vào V3, V4, cùng với V11 và V12, tuy nhiên chưa mở do $u_{V3} = u_{C1} + u_z < 0$, $u_{V4} = u_{C2} + u_z < 0$.

Đối với tải L: $u_{V3} = u_{C1}$, $u_{V4} = u_{C2}$
 $\rightarrow V3, V4$ mở khi $u_{C1} = u_{C2} = 0$

Dòng điện chảy qua V11, C1, Z, C2, V12 giảm dần. Dòng điện chảy qua V3, Z, V4 tăng dần.

Bộ chuyển mạch thực hiện chức năng thứ hai

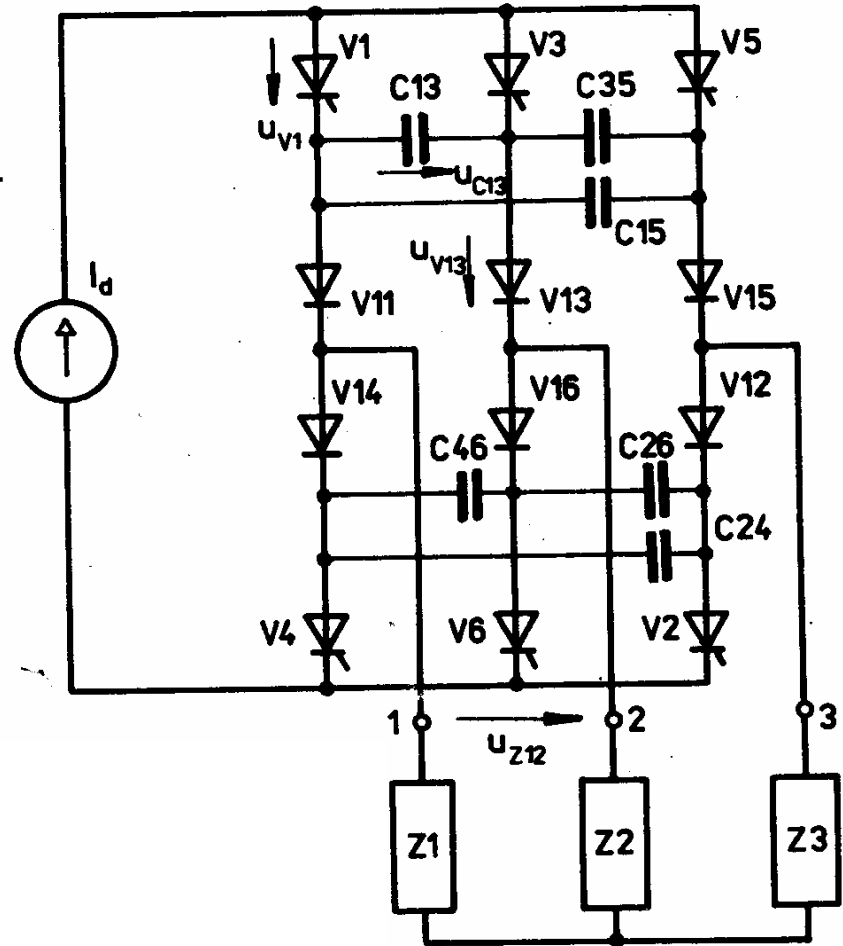
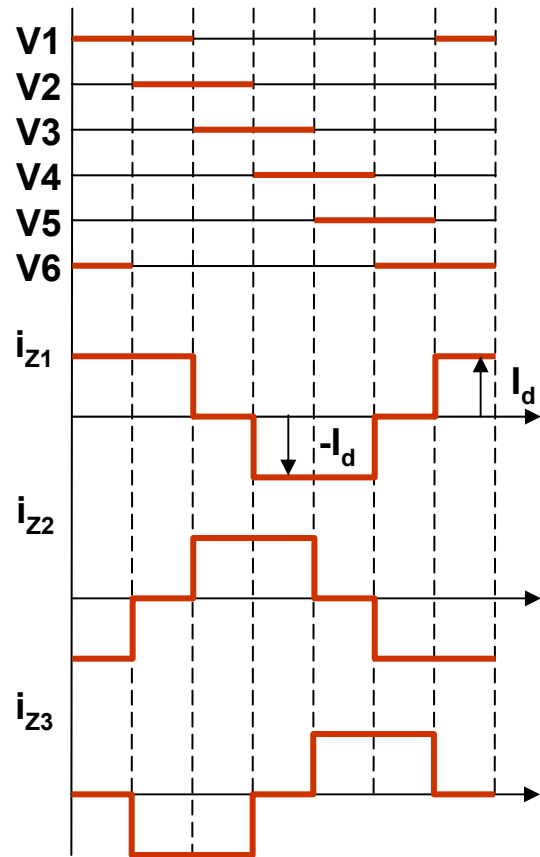
Quá trình chuyển mạch kết thúc khi
 $i_{V3} = i_{V4} = -i_Z = I_d$



5.4.3 Nghịch lưu dòng 3 pha

- Thyristor chính: V1, V2, ..., V6
- Tụ chuyển mạch: C13, C35, ..., C 26, C24
- Diode phân cách: V11, V12, ..., V16.

$$\Psi = 120^0$$



- Nhịp V1, V2, V11, V12

$$i_{Z1} = I_d; i_{Z2} = 0; i_{Z3} = -I_d$$

$$u_{C13} > 0$$

$u_{V3} = u_{C13} > 0$:... V3 đang ở trạng thái khóa

- Nhịp V3, V11, V2, V12

Đưa xung điều khiển mở V3.

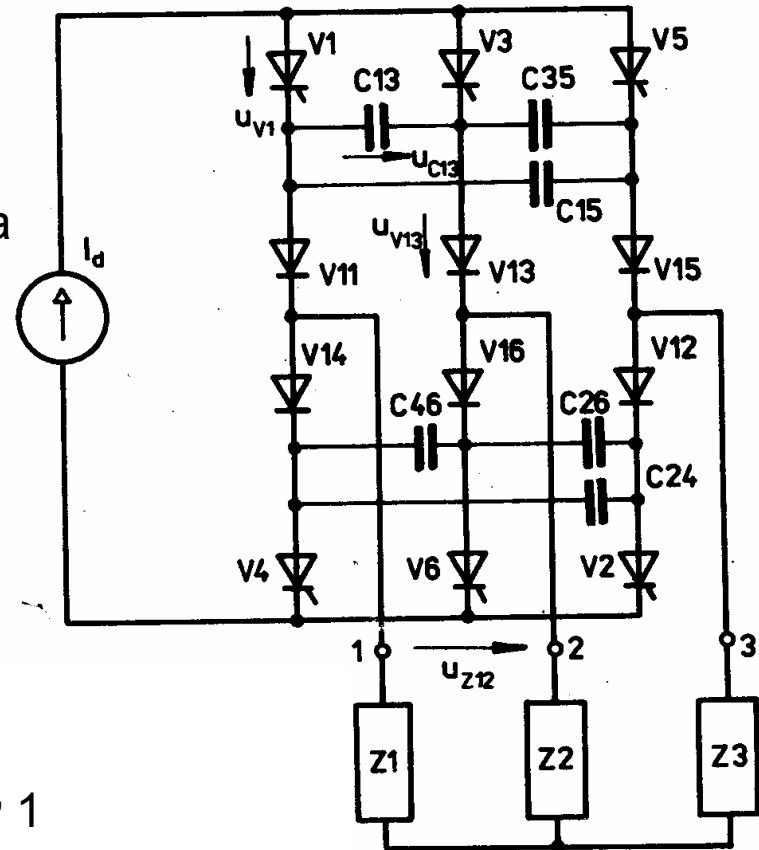
u_{C13} đóng V1.

Dòng I_d chảy qua V3, C13, song song với C13 là C35 và C15, V11, vào pha 1.

$u_{V13} = u_{Z12} - u_{C13} < 0$... V13 vẫn đóng.

I_d sẽ đảo chiều điện áp trên C13.

Bộ chuyển mạch thực hiện chức năng thứ 1



- Nhịp V3, V11, V13, V2, V12

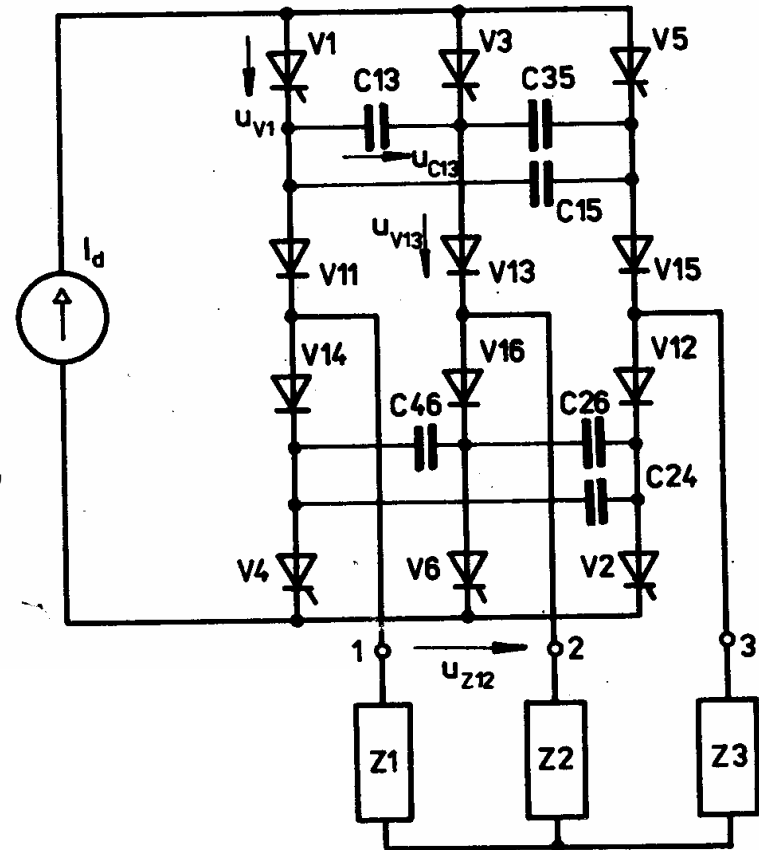
Khi $u_{V13} = u_{Z12} - u_{C13} = 0 \dots$ V13 mở ...
 Dòng chảy qua V3 và V13 vào pha 2.

Quá trình chuyển mạch: dòng chảy vào pha 1 giảm dần, dòng chảy vào pha 2 tăng dần.

Bộ chuyển mạch thực hiện chức năng thứ 2: tham gia vào quá trình chuyển mạch

Quá trình chuyển mạch kết thúc khi dòng chảy vào pha 1 giảm về 0 và dòng chảy vào pha thứ 2 bằng I_d .

→ Chuyển sang nhịp V3, V13, V2, V12



5.4.4 Điều khiển nghịch lưu dòng

Chương 6: Thiết bị biến tần

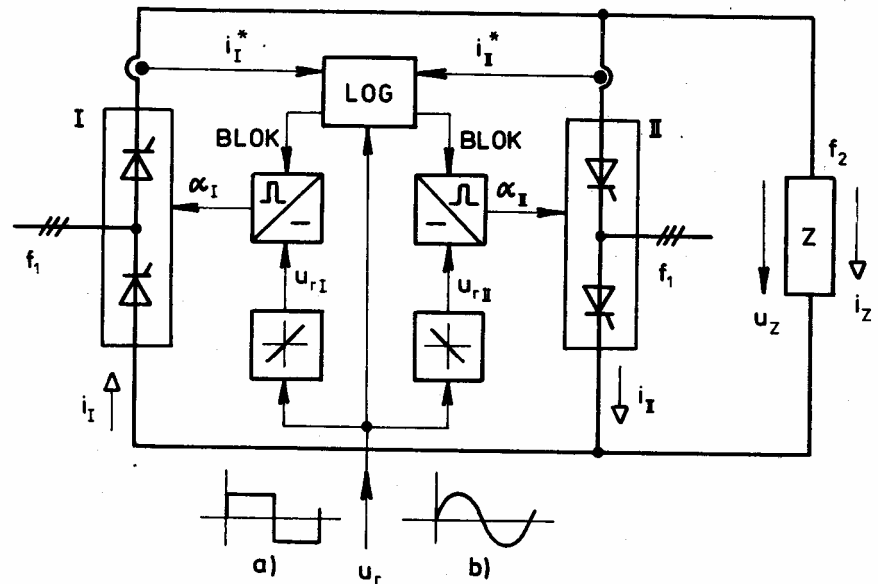
6.1 Khái niệm chung – Phân loại

Dùng để biến đổi năng lượng điện xoay chiều bằng cách thay đổi tần số

- Phân loại theo số lượng pha
 - Một pha
 - Ba pha
 - m-pha
- Phân loại theo sơ đồ
 - Trực tiếp
 - Gián tiếp
 - + Nguồn áp
 - + Nguồn dòng

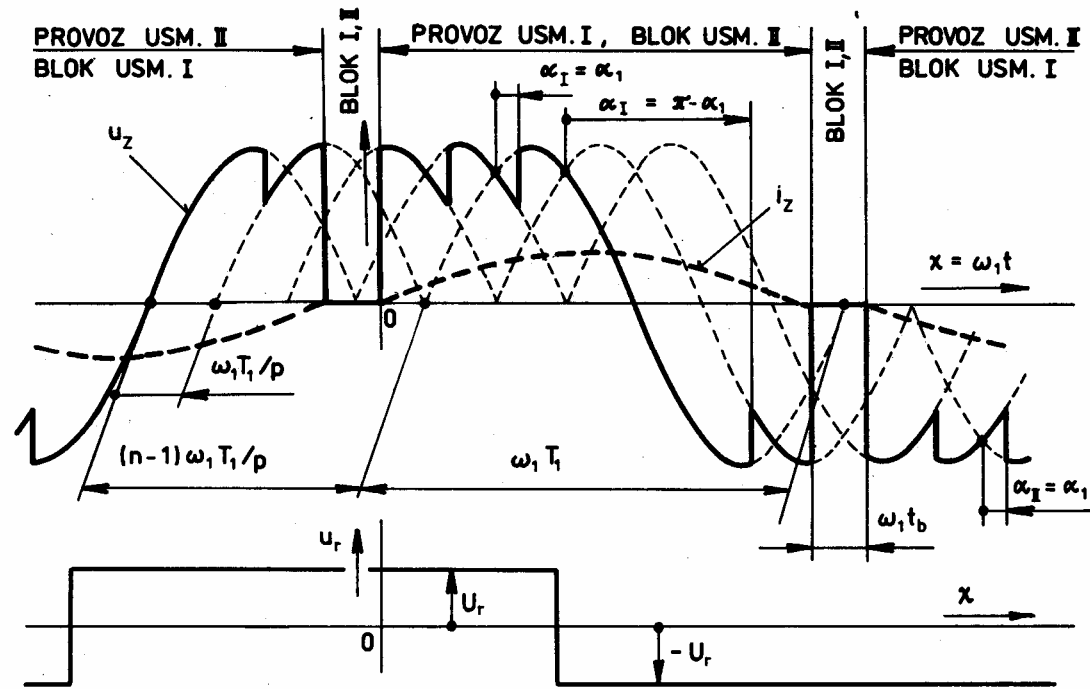
6.2 Biến tần trực tiếp

Biến đổi trực tiếp điện áp xoay chiều thành điện áp xoay chiều có tần số khác



tabulka logiky a řízení

sgn u_r	sgn u_{rI}	sgn u_{rII}	i_I^*	i_I^*	α_I	α_I
+	+	-	≥ 0	0	$0 \leq \alpha_I < \pi/2$	BLOK
-	-	+	> 0	0	$\pi/2 < \alpha_I < \pi$	BLOK
-	-	+	0	0	BLOK	BLOK PO DOBU t_b
-	-	+	0	≥ 0	BLOK	$0 < \alpha_I < \pi/2$
-	+	-	0	> 0	BLOK	$\pi/2 < \alpha_I < \pi$
+	+	-	0	0	BLOK PO DOBU t_b	BLOK

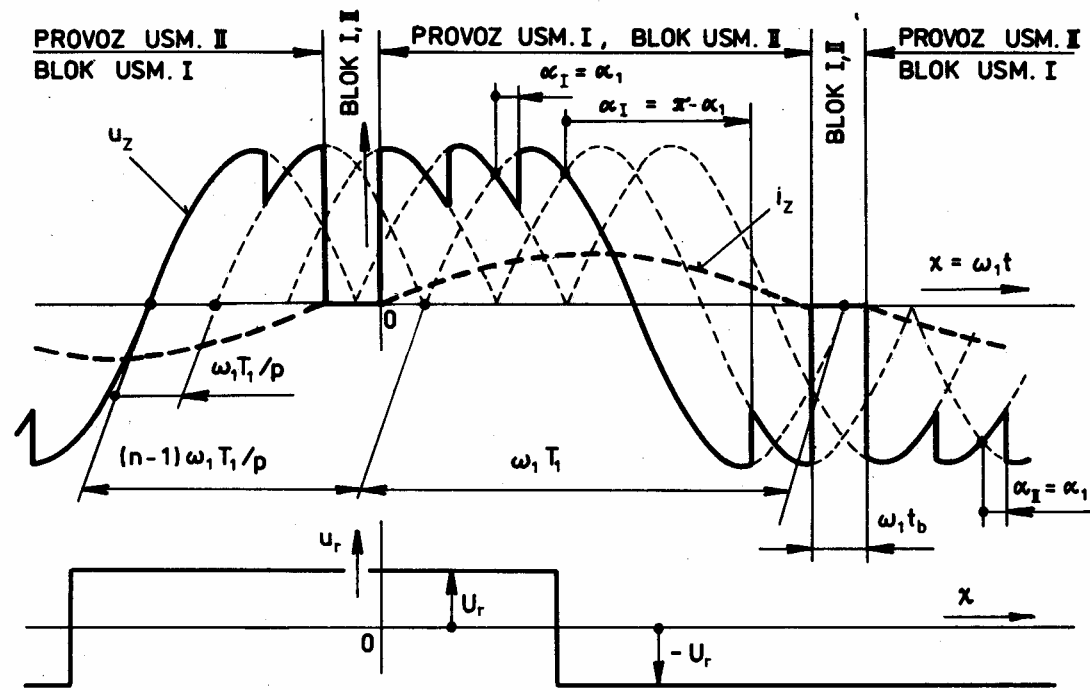


$$T_2 = T_1 + 2(n-1) \frac{T_1}{p}$$

n : số nửa chu kỳ điện áp đầu vào để tạo nên nửa chu kỳ điện áp đầu ra

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{p}{p + 2(n-1)}$$

$$T_2 = [p + 2(n-1)] \frac{T_1}{p} = q \frac{T_1}{p}$$



Đối với biến tần 3 pha:
$$T_2 = [p + 2(n - 1)] \frac{T_1}{p} = q \frac{T_1}{p}$$

Tần số điện áp đầu ra $f_2 < 25\text{Hz}$ và không thể điều khiển vô cấp

→ Biến tần trực tiếp ít được sử dụng

6.3 Biến tần gián tiếp

6.3.1 Biến tần nguồn áp

$$U_{dII} > 0$$

C_f, L_f : mạch lọc

Mạch lọc cùng với chỉnh lưu tạo thành nguồn áp một chiều đầu vào của nghịch lưu áp

C_f : nhận dòng phản kháng.

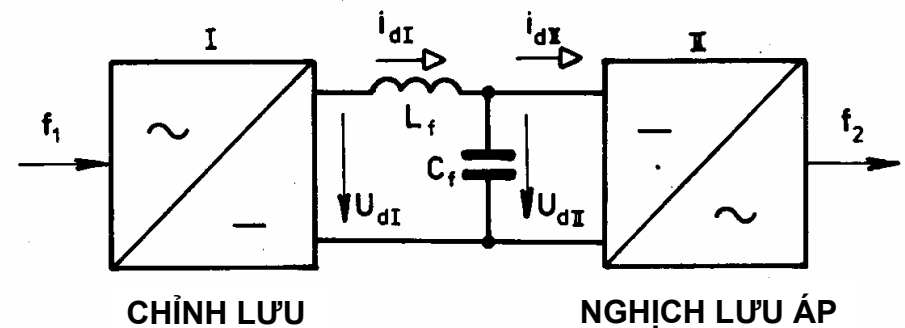
Nguyên tắc điều khiển:

- Nguyên tắc điều khiển tần số xung:

f_2 : tần số xung phát vào nghịch lưu

U_2 : sử dụng chỉnh lưu có điều khiển, hoặc sử dụng chỉnh lưu không điều khiển và bộ biến đổi xung áp

- Nguyên tắc PWM – chỉnh lưu chỉ cần là không điều khiển.



- $U_{dI} > 0$

- $I_{dI} > 0$

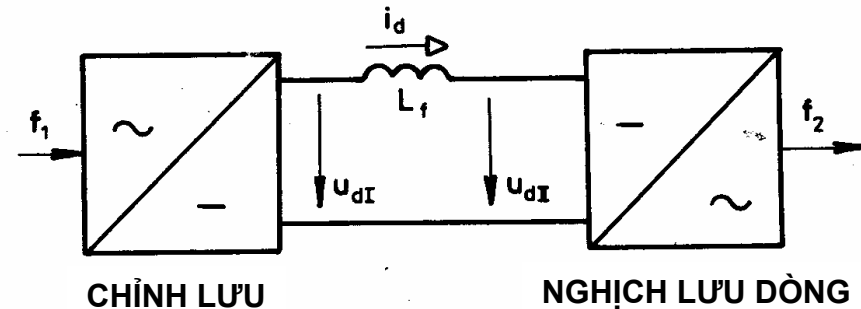
→ $P_I > 0$ Công suất không thể đảo chiều

6.3.2 Biến tần nguồn dòng

L_f : Mạch lọc

Chỉnh lưu và mạch lọc phải có tính chất nguồn dòng một chiều

- $I_d > 0$
- $U_{dI} > 0$ hoặc < 0
- Công suất có thể đảo chiều



Nguyên tắc điều khiển:

f_2 : tần số xung phát vào nghịch lưu
 I_2 : sử dụng chỉnh lưu có điều khiển.

Chương 7
Bộ khóa xoay chiều
và thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều

7.1 Khái niệm chung – Phân loại

Bộ khóa xoay chiều: đóng, cắt dòng xoay chiều

Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều: thay đổi giá trị điện áp xoay chiều

- Phân loại theo số lượng pha
 - Một pha
 - Ba pha
 - m-pha
- Phân loại theo sơ đồ
 - Cơ bản
 - Tiết kiệm
- Phân loại theo phương pháp điều khiển
 - Điều khiển hoàn toàn
 - Bán điều khiển

7.2 Bộ khóa xoay chiều

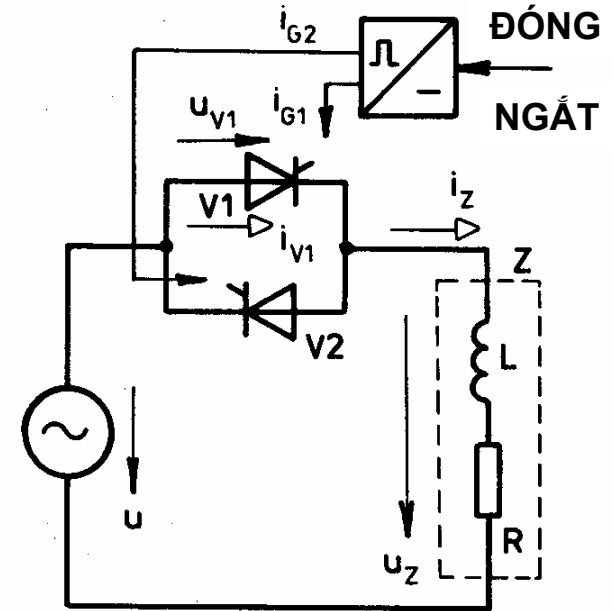
7.2.1 Bộ khóa xoay chiều một pha

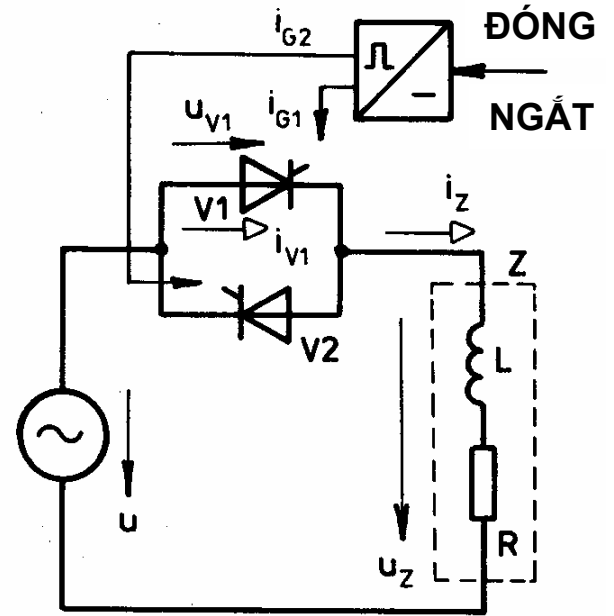
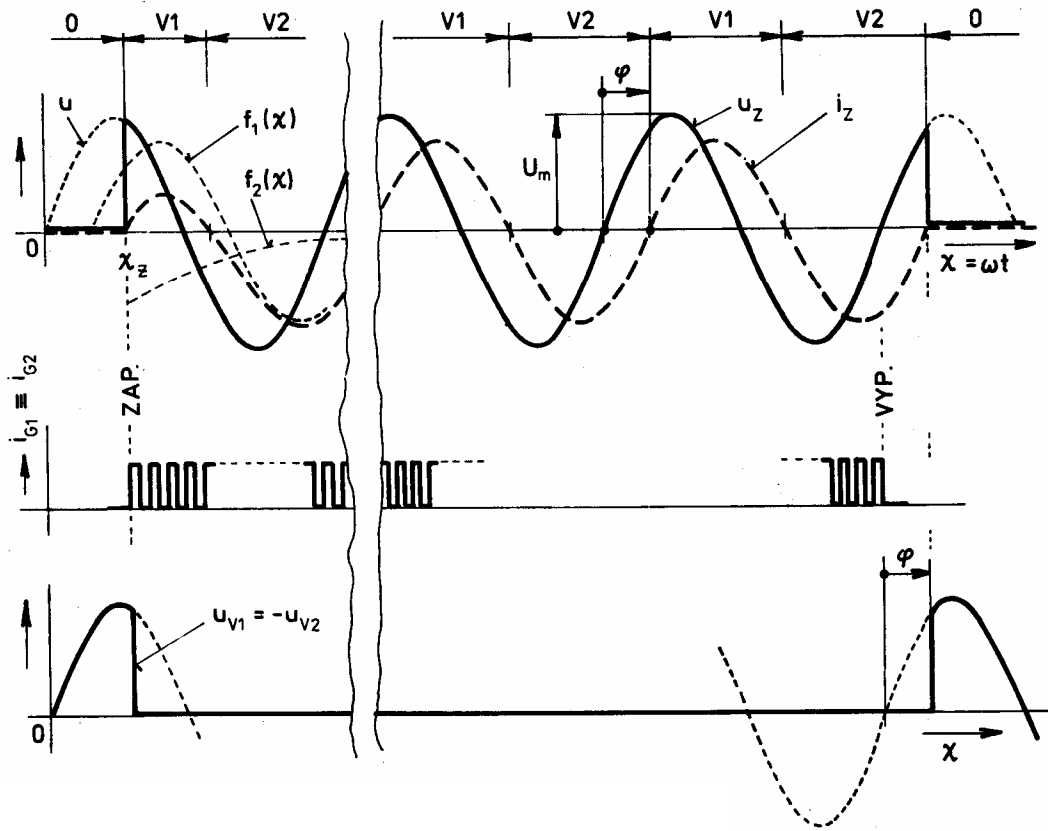
$$Ri_Z + \omega L \frac{di_Z}{d\theta} = u = U_m \sin \theta$$

θ_Z : góc bắt đầu
 $i_Z(\theta_Z) = 0$

$$Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}; \varphi = \arctan \frac{\omega L}{R}$$

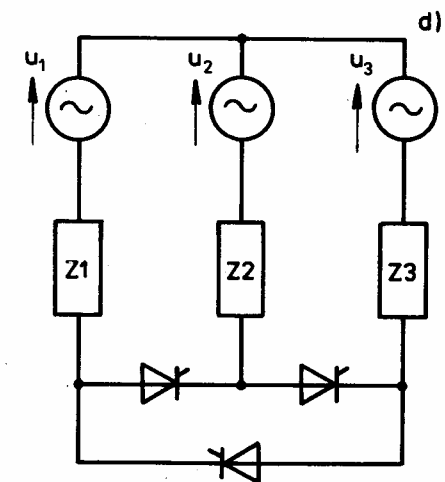
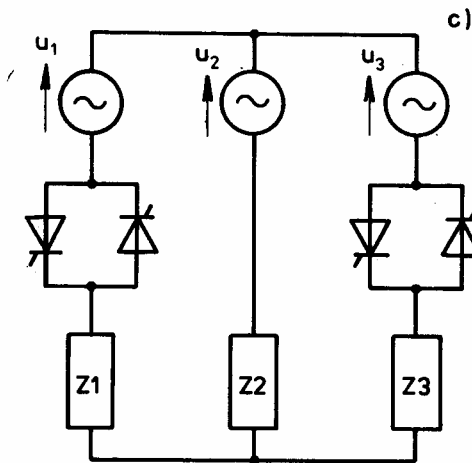
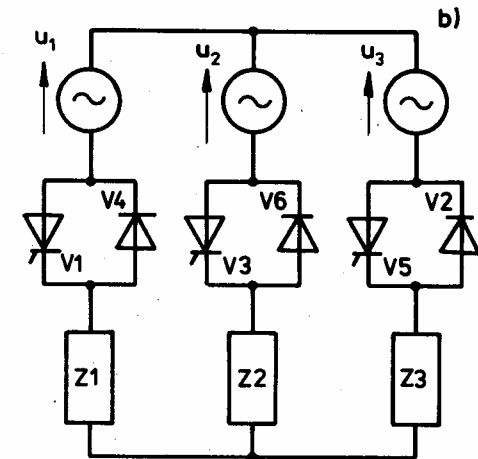
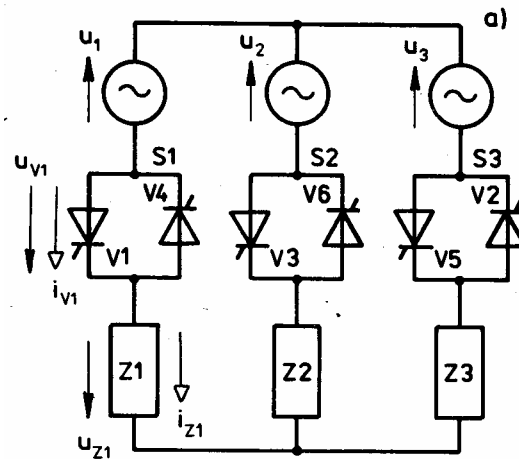
$$i_Z = \underbrace{\frac{U_m}{Z} \sin(\theta - \varphi)}_{f_1(\theta)} - \underbrace{\frac{U_m}{Z} e^{-\frac{R}{\omega L}(\theta - \theta_Z)} \sin(\theta_Z - \varphi)}_{f_2(\theta)}$$





7.2.2 Bộ khóa xoay chiều ba pha

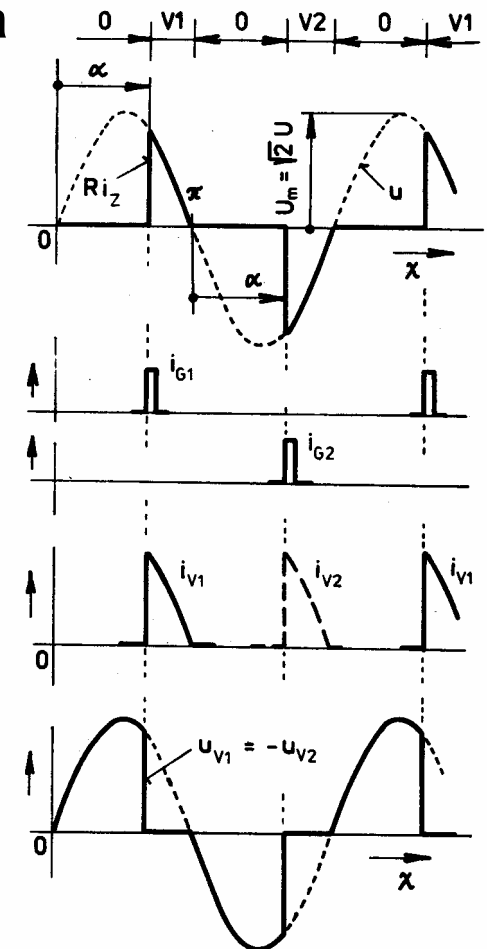
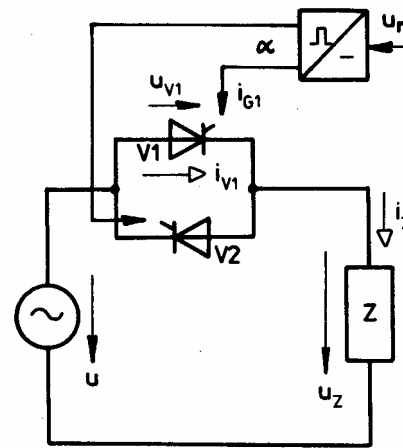
Gồm 3 bộ khóa 1 pha



7.3 Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều

7.3.1 Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều một pha

Tải thuần trở R



Tải R, L:

- Khi $\varphi < \alpha < \pi$

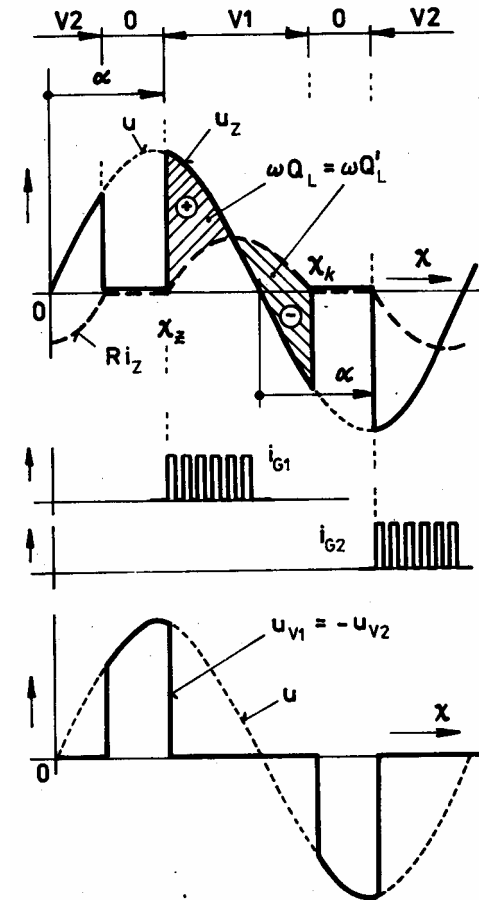
$$\theta_Z = \alpha$$

$$i_Z = \frac{U_m}{Z} \sin(\theta - \varphi) - \frac{U_m}{Z} e^{-\frac{R}{\omega L}(\theta - \alpha)} \sin(\alpha - \varphi)$$

- Khi $0 < \alpha < \varphi$

Không điều khiển được điện áp.

Thiết bị làm việc như bộ khóa xoay chiều



Tải L

- Khi $\pi/2 < \alpha < \pi$

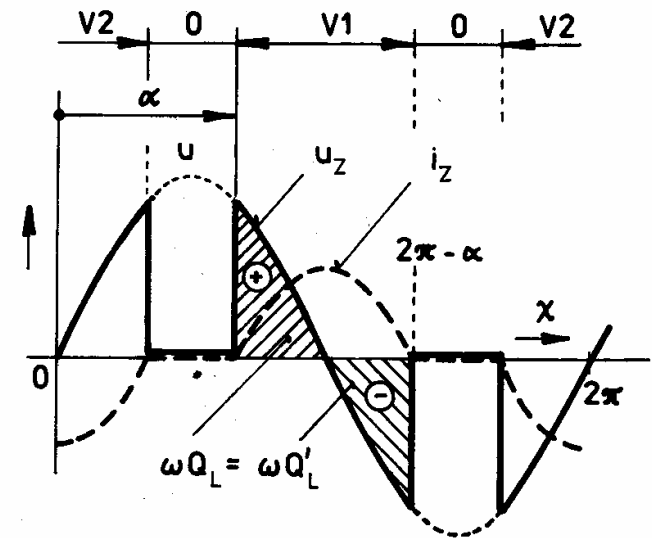
$$\varphi = \pi/2$$

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

- Khi $0 < \alpha < \pi/2$

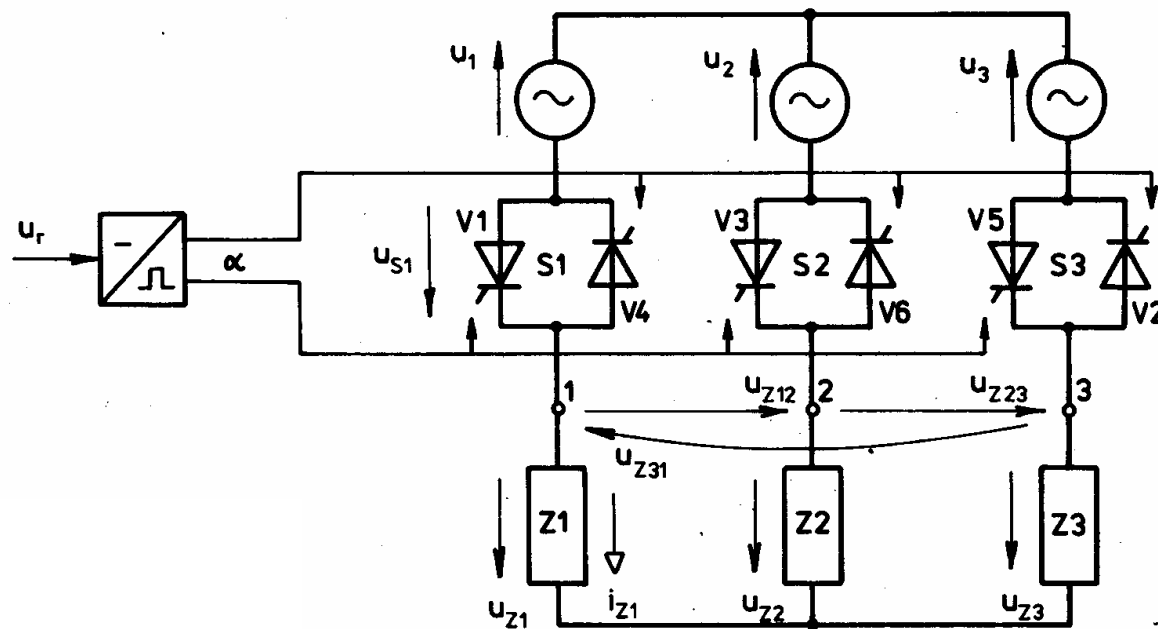
Không điều khiển được điện áp.

Thiết bị làm việc như bộ khóa xoay chiều



7.3.2 Thiết bị biến đổi điện áp xoay chiều ba pha

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



CHƯƠNG 8: BẢO VỆ VÀ ĐIỀU KHIỂN CÁC THIẾT BỊ BIẾN ĐỔI

8.1 Bảo vệ các phần tử điện tử công suất

8.1.1 Công suất tổn thất và làm mát

$$\Delta P = \Delta p_1 + \Delta p_2 \approx \Delta p_1$$

ΔP ... Công suất tổn thất

Δp_1 ... Công suất tổn thất chính

Δp_2 ... Công suất tổn thất phụ

$$\Delta P = U_{T0} I_{(AV)} + R_F I^2$$

Nhiệt độ mặt ghép

$$T_j = T_a + R_{th}\Delta P$$

$$R_{th} = R_{jv} + R_{vr} + R_{ra}$$

T_j ... Nhiệt độ mặt ghép

T_a ... Nhiệt độ không khí môi trường

R_{jv} ... Điện trở nhiệt giữa mặt ghép và vỏ linh kiện bán dẫn

R_{vr} ... Điện trở nhiệt giữa vỏ và cánh tản nhiệt

R_{ra} ... Điện trở nhiệt giữa cánh tản nhiệt và không khí môi trường

Làm mát:

- Cánh tản nhiệt
- Cánh tản nhiệt + quạt gió
- Cánh tản nhiệt + nước
- Ngâm trong dầu biến thế

8.1.2 Bảo vệ dòng điện

Cầu chì:

- CC phải chịu được dòng làm việc định mức của thiết bị
- Nhiệt dung chịu đựng của CC phải nhỏ hơn nhiệt dung của thiết bị cần bảo vệ \rightarrow nhiệt lượng $(I^2t)_{CC} < (I^2t)_{TB}$
- Điện áp hồ quang của CC phải tương đối lớn \rightarrow Giảm nhanh dòng điện và tiêu tán năng lượng trong mạch.
- Khi CC đứt, điện áp phục hồi phải đủ lớn \rightarrow Không làm cho hồ quang cháy lại giữa hai cực của cầu chì

Lắp đặt: có nhiều cách

- Từng pha của cuộn dây sơ cấp hoặc thứ cấp MBA
- Nối tiếp với từng van
- Nối tiếp với từng nhóm van mắc song song
- Đầu ra của thiết bị biến đổi

8.1.3 Bảo vệ quá áp

Quá áp trong

Sự tích tụ điện tích trong các lớp bán dẫn
(quá trình động của diode và thyristor)

→ Bảo vệ bằng mạch R – C đấu song song với diode hoặc thyristor

Quá áp ngoài

Cắt không tải MBA trên đường dây, CC bảo vệ nhảy, sấm sét, ...

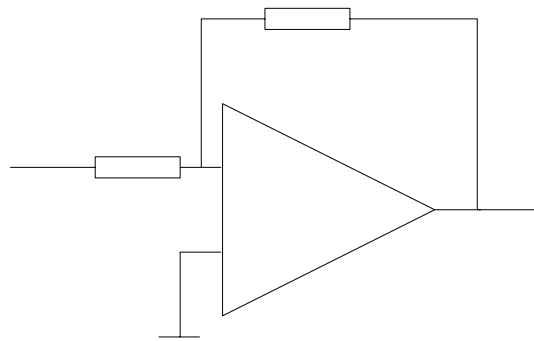
→ Bảo vệ bằng mạch R – C mắc giữa các pha thứ cấp của MBA động lực

- R .. 10 – 1000 Ω
- C ... 0.01 – 1 μF

8. 2 Điều khiển các thiết bị biến đổi

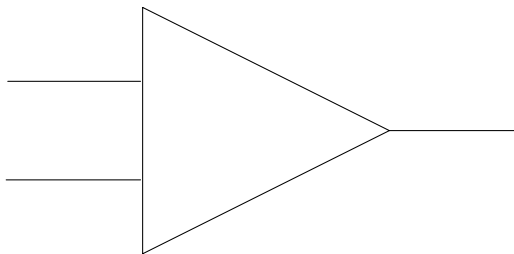
8.2.1 Khuếch đại thuật toán

Khuếch đại đảo



$$u_r = -\frac{R_2}{R_1} u_v$$

Mạch so sánh



$$u_r = \begin{cases} -U_{cc} & \dots u_- > u_+ \\ +U_{cc} & \dots u_+ > u_- \end{cases}$$

u_v

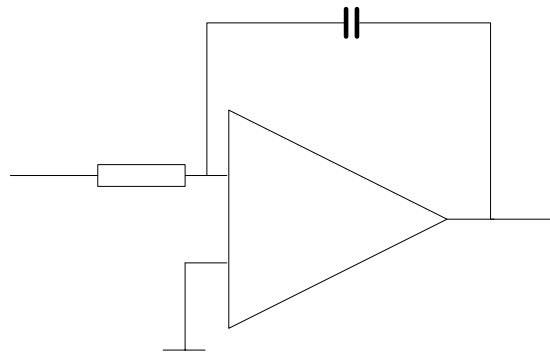
R_1

-

+

u_r

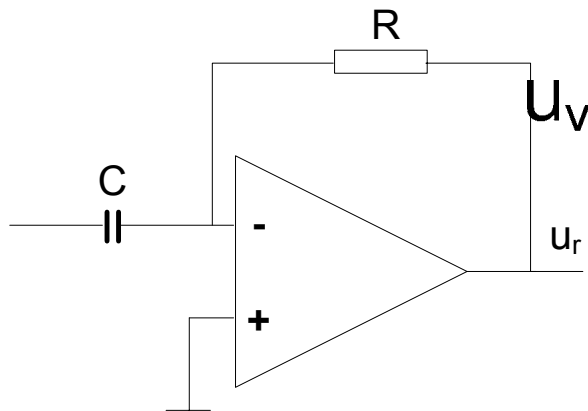
Mạch tích phân



$$u_r = -\frac{1}{RC} \int u_v dt$$

C

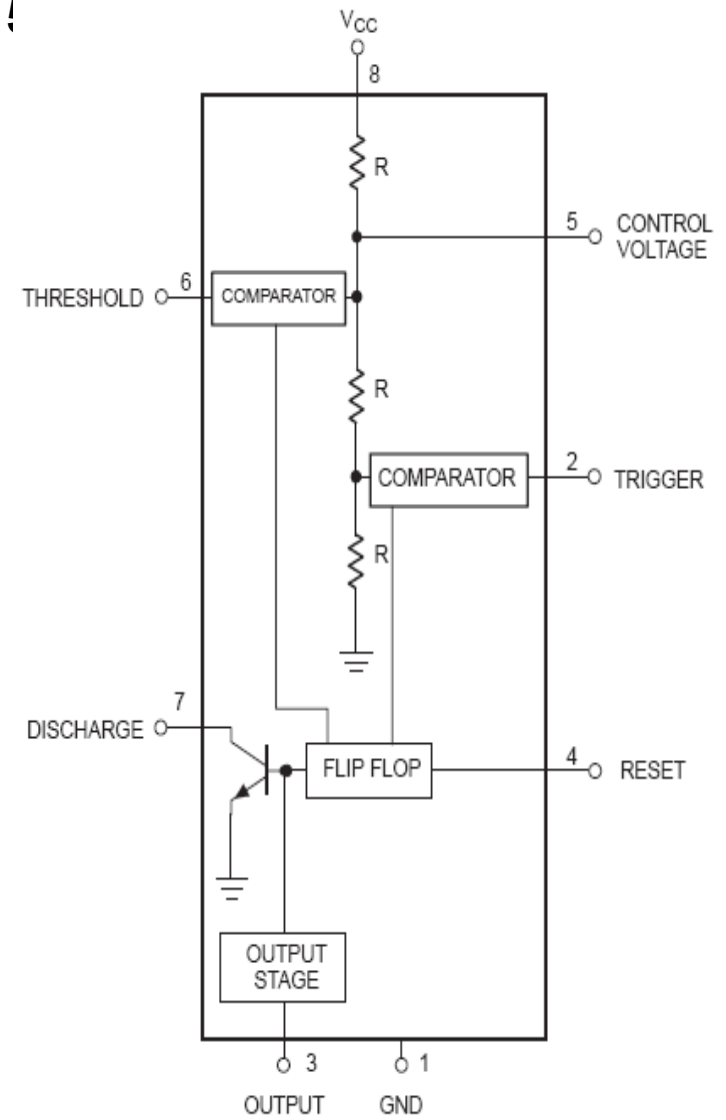
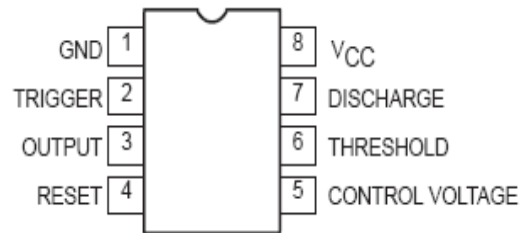
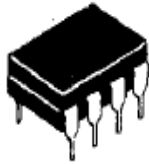
Mạch vi phân

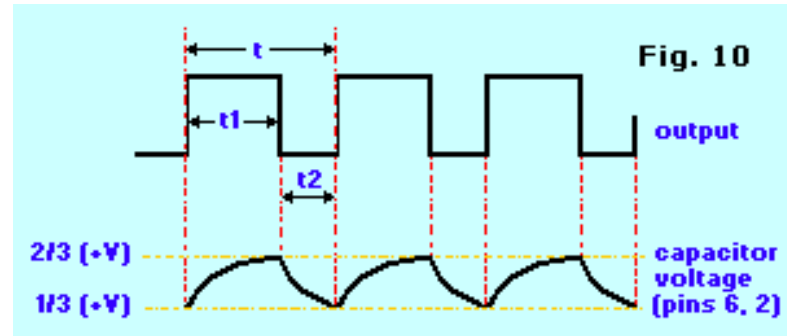
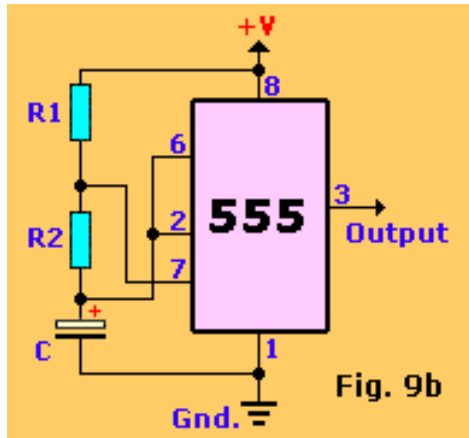


$$u_r = -RC \frac{du_v}{dt}$$

U_r

8.2.2 Mạch tạo xung chuẩn sử dụng IC !

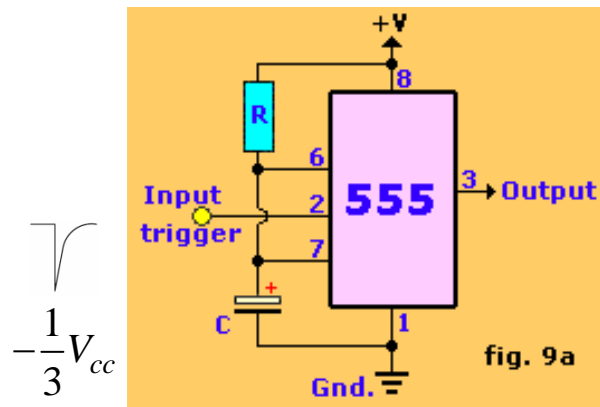




$$t_1 = 0.693C(R_1 + R_2); \quad t_2 = 0.693CR_2$$

$$T = t = t_1 + t_2 = 0.693C(R_1 + 2R_2)$$

Mạch lật đơn sử dụng IC 555



$$T = 1.1RC$$