

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

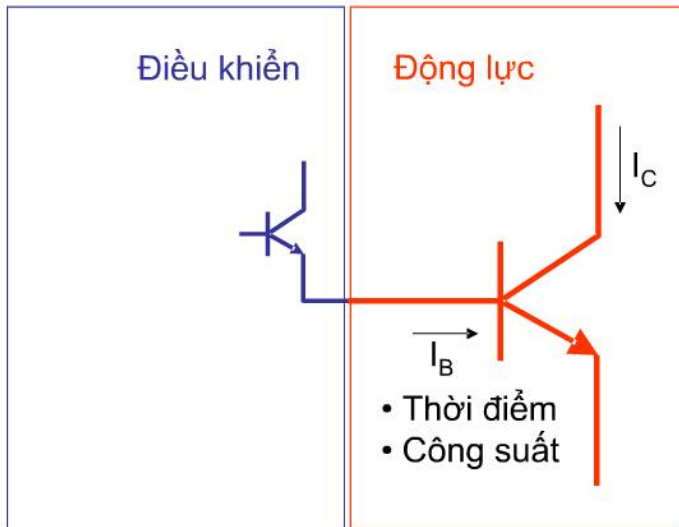
1.1 Khái niệm chung

Điện tử Công suất lớn

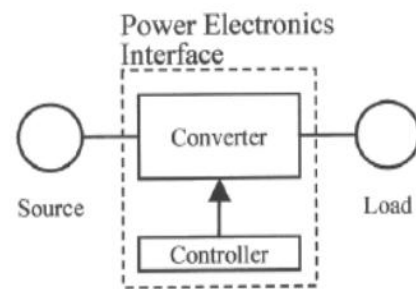
Các linh kiện điện tử công suất được sử dụng
trong các mạch động lực – công suất lớn

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

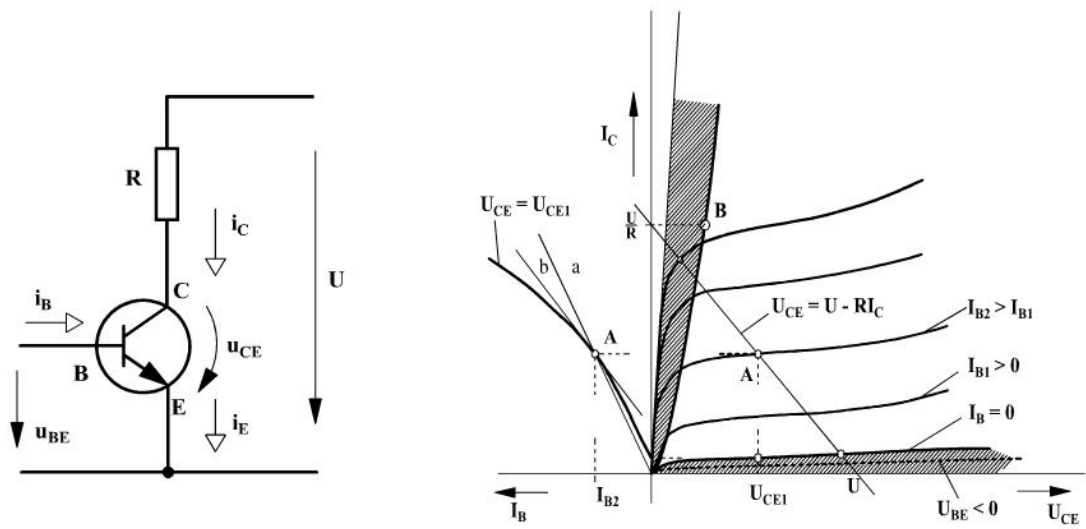
- Công suất: nhỏ – lớn
- Chức năng: điều khiển – đóng cắt dòng điện công suất lớn



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

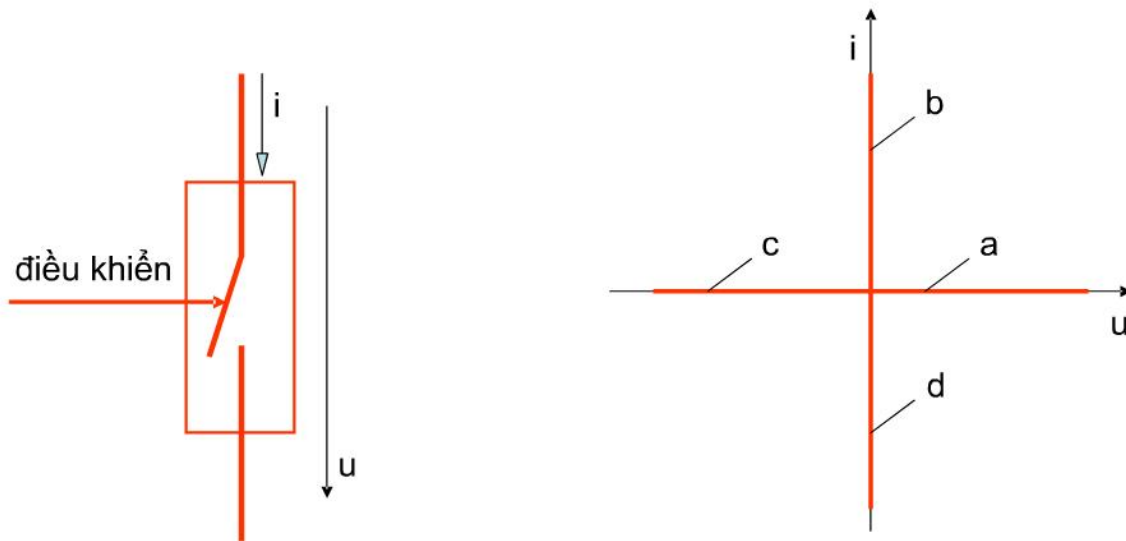


Transistor điều khiển: Khuếch đại



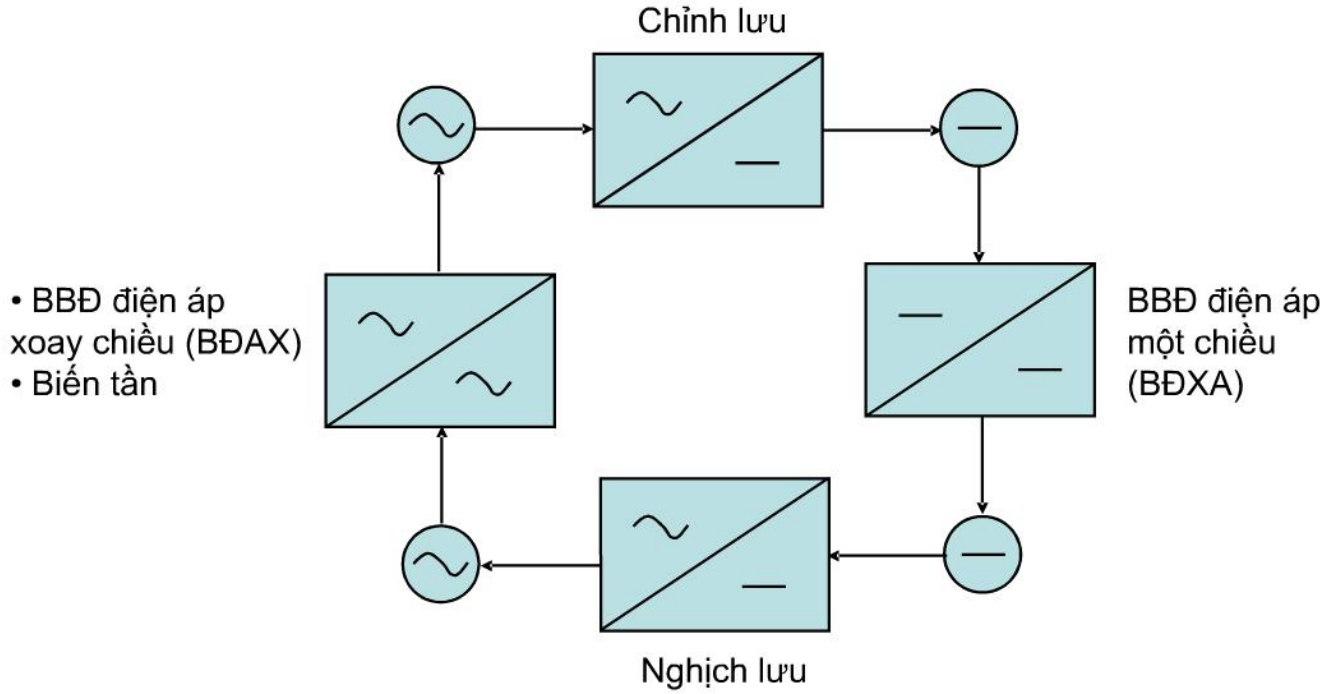
Transistor công suất: đóng cắt dòng điện

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

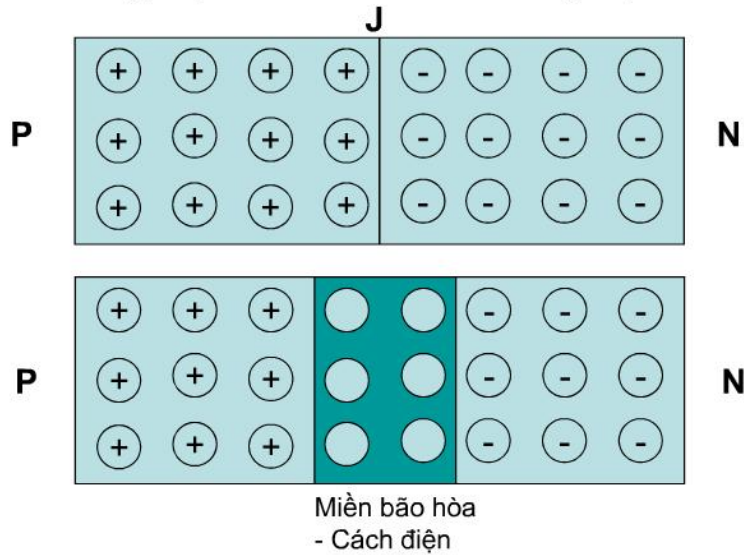
1.2.1 Chất bán dẫn - Lớp tiếp giáp P - N

Chất bán dẫn:

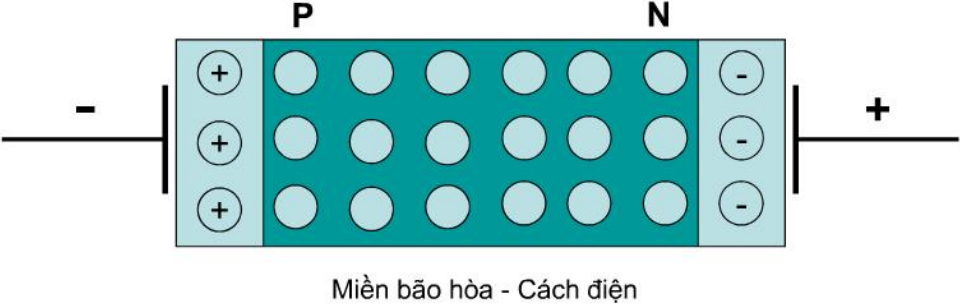
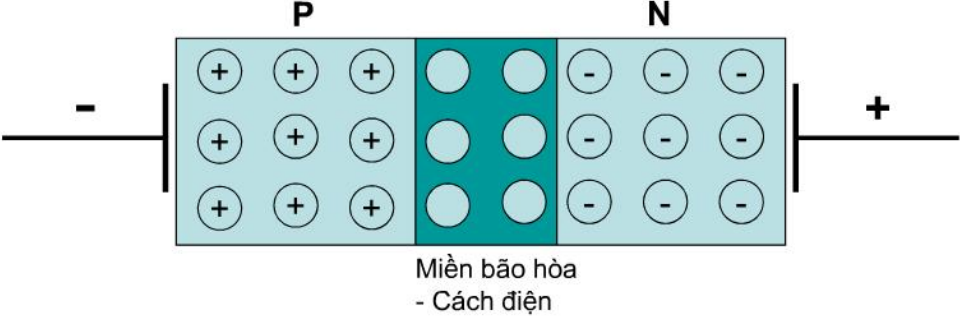
Ở nhiệt độ bình thường có độ dẫn điện nằm giữa chất dẫn điện và chất cách điện

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

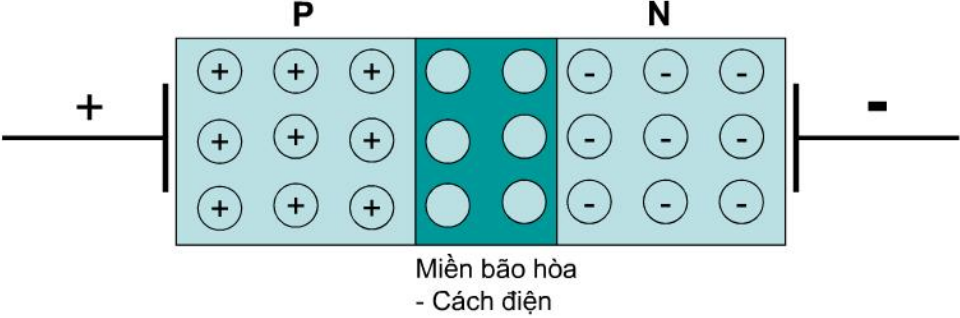
Loại N: phần tử mang điện là các electron – mang điện tích âm



Phân cực ngược

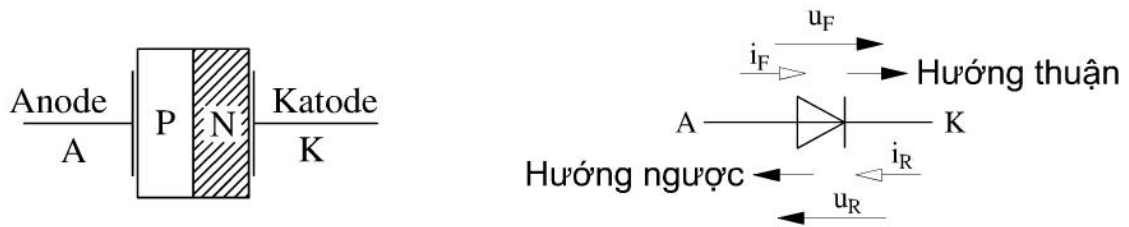


Phân cực thuận



1.2.2 Diode

Cấu tạo, hoạt động



R: reverse – ngược

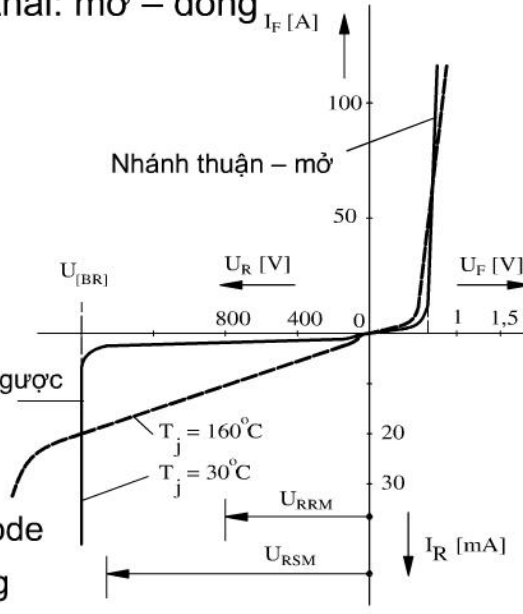
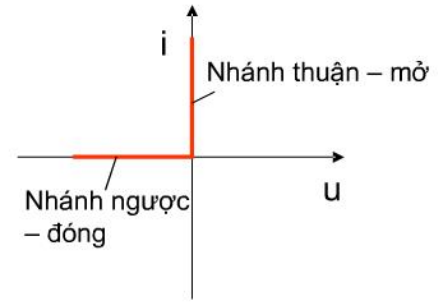
F: forward – thuận

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

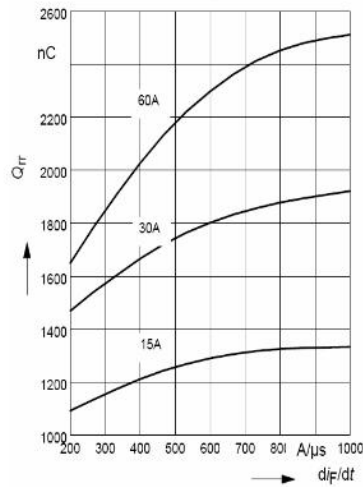
Đặc tính động của diode

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

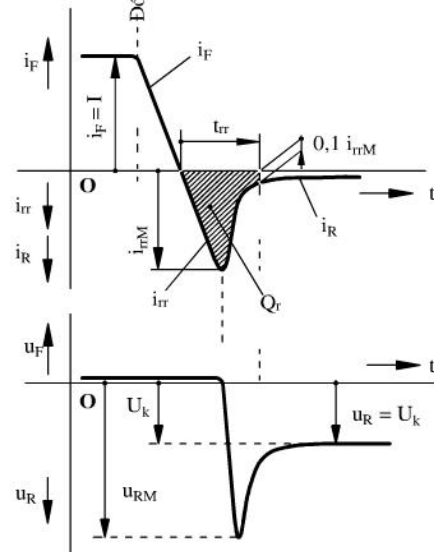
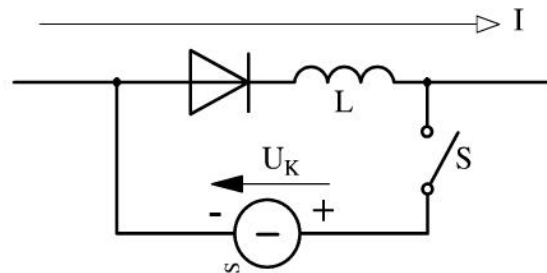
$$Q_r = \int_0^{t_{rr}} i_{rr} dt \quad \text{: điện tích chuyển mạch}$$

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

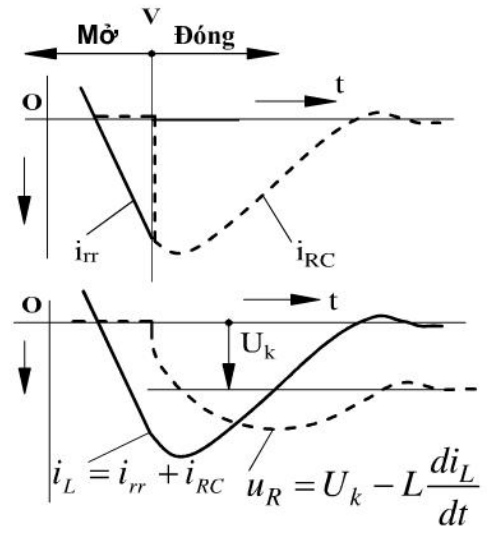
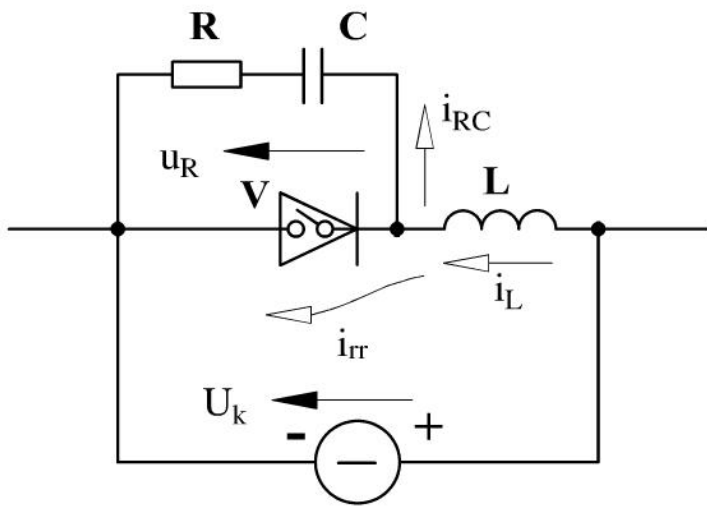
parameter: $V_R = 400V, T_j = 125^\circ C$



Quá áp trong



Bảo vệ chống quá áp trong



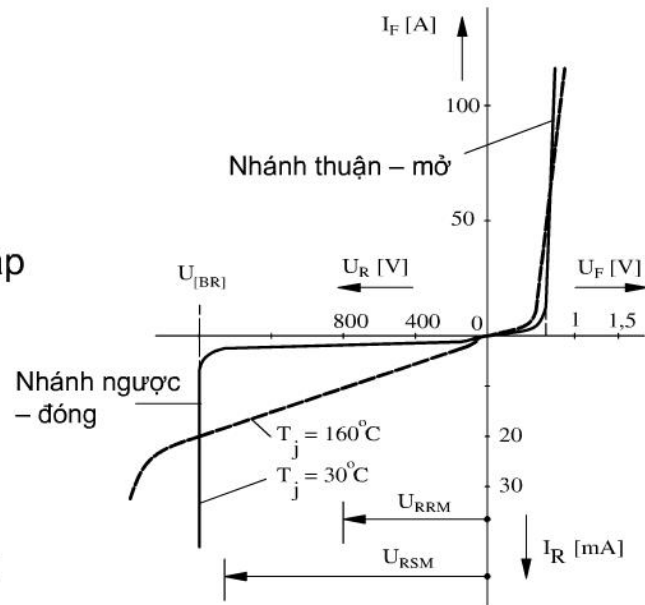
Các thông số chính của diode

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}

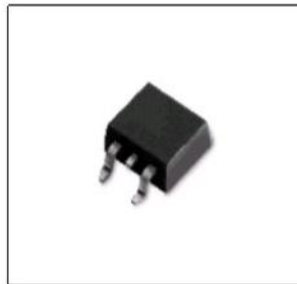


Diode thực tế: IDB30E60 – Infineon Technologies

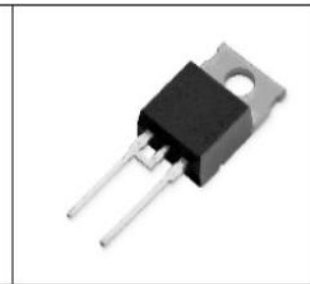
Product Summary

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

P-TO220-3.SMD



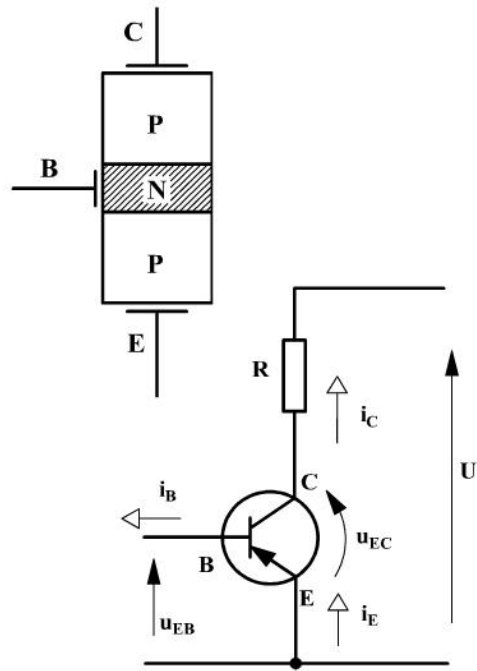
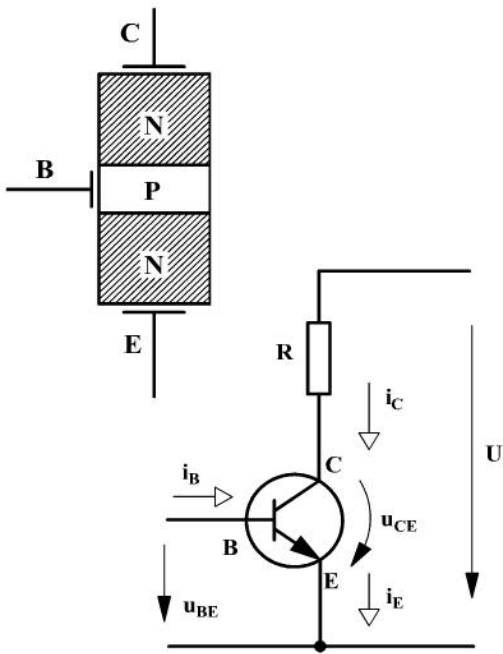
P-TO220-2-2.



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

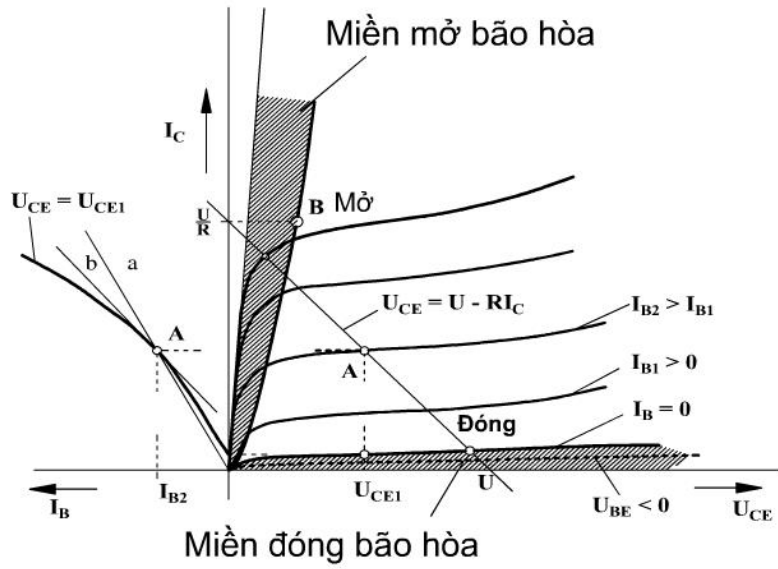
1.2.3 Transistor lưỡng cực (BT) (Bipolar Transistor)

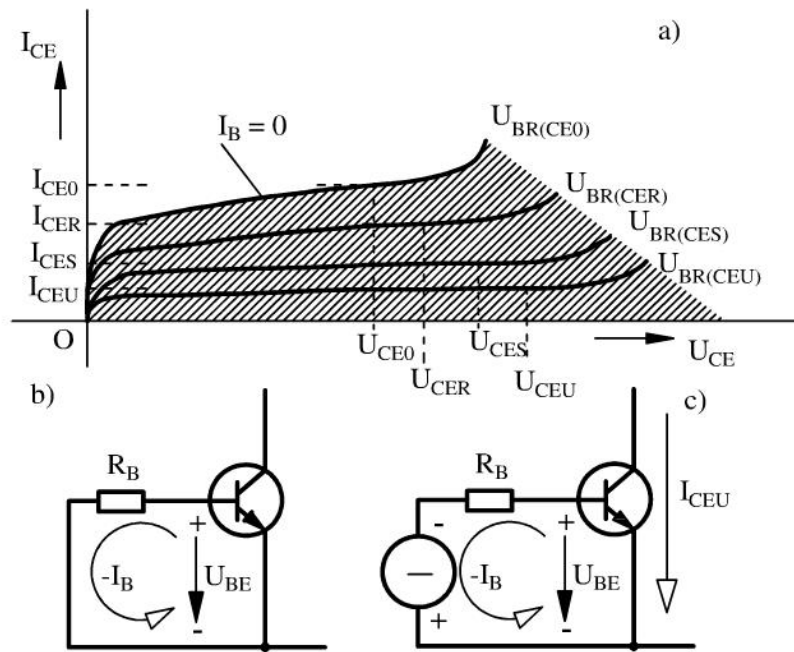
Cấu tạo, hoạt động



Đặc tính Volt – Ampe

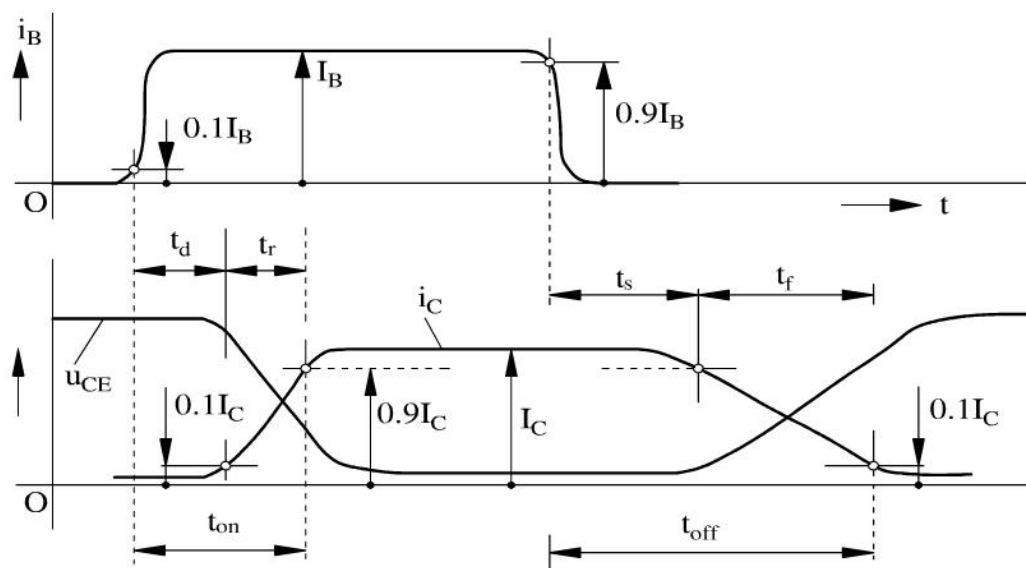
- Đặc tính ngoài $I_C = f(U_{CE})$
- Đặc tính điều khiển $I_C = f(I_B)$



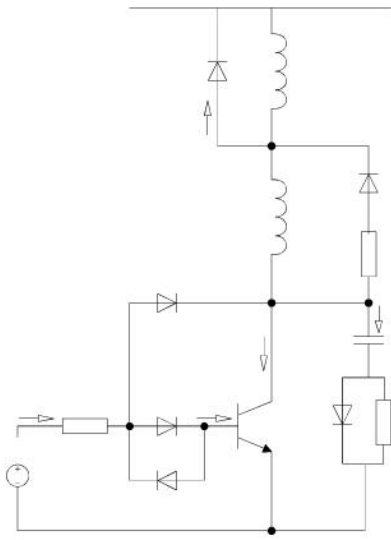


- 0 ... Hở mạch B – E ($I_B = 0$)
- R ... Mạch B – E theo hình b)
- S ... Ngắn mạch B – E ($R_B \rightarrow 0$)
- U ... Mạch B – E theo hình c)

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 $I_C = 0$

D_f Dòng điện Z Giá trị cực đại
 i_D của các dòng điện I_C, I_B, I_E

D_2

L_2

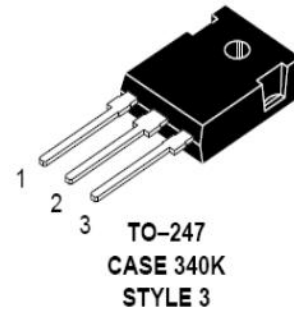
R_2

DAS

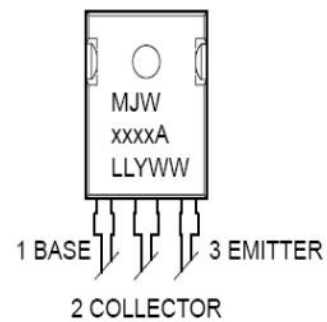
Transistor thực tế - MJW3281A (NPN) – ON Semiconductor

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

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector–Emitter Voltage	V_{CE0}	230	Vdc
Collector–Base Voltage	V_{CB0}	230	Vdc
Emitter–Base Voltage	V_{EB0}	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	$^\circ\text{C}$

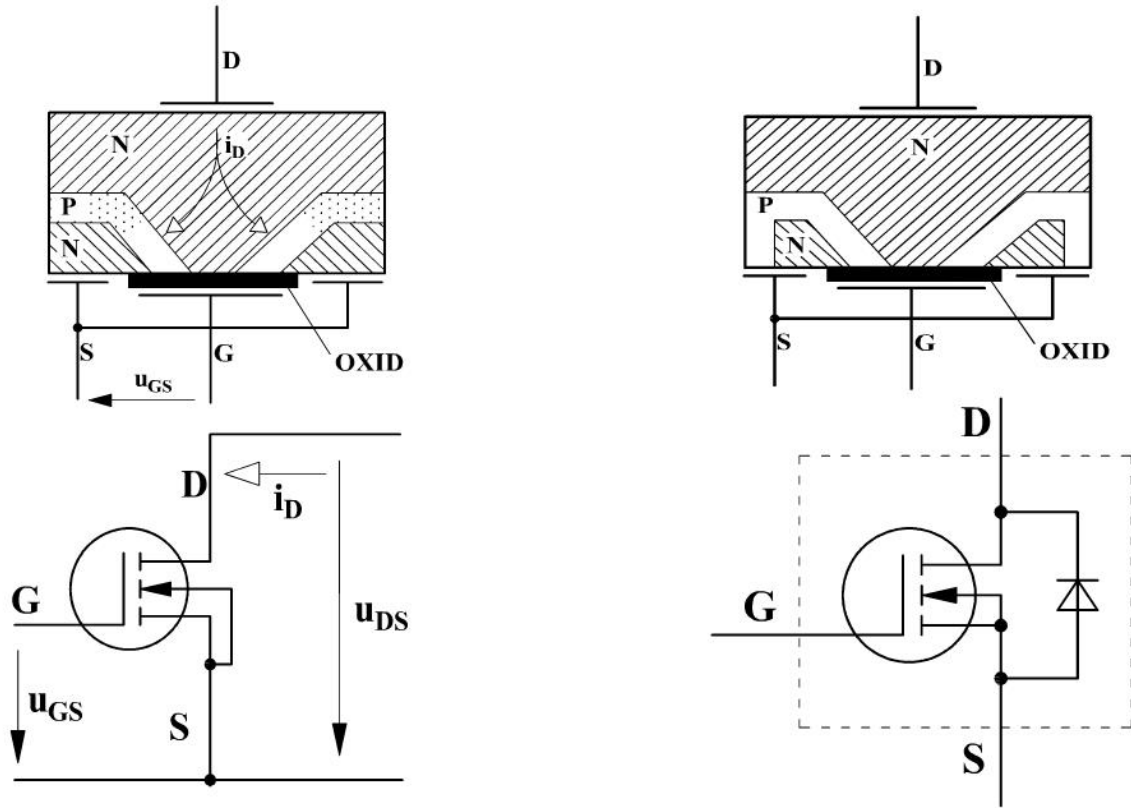


MARKING DIAGRAM

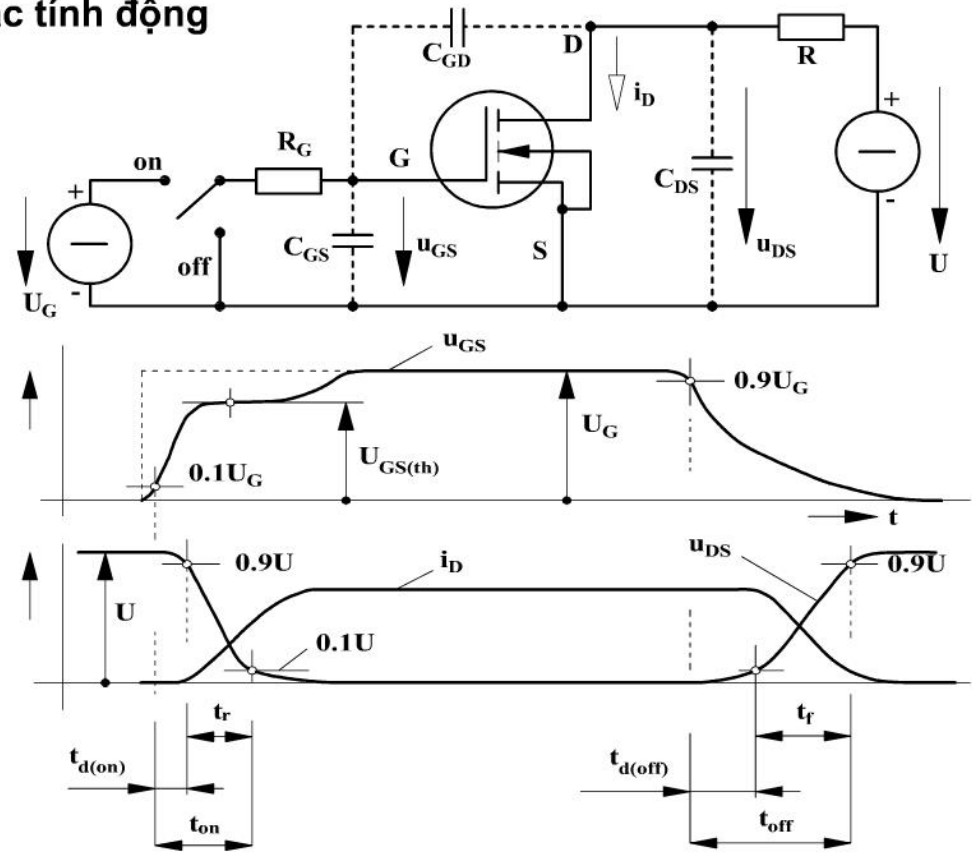


1.2.4 Transistor trường MOSFET

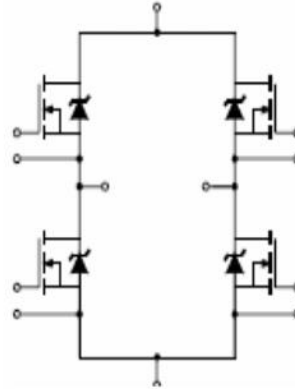
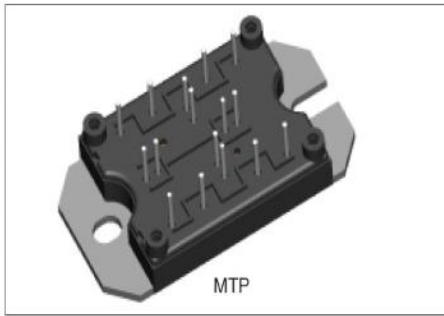
(Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor)



Đặc tính động



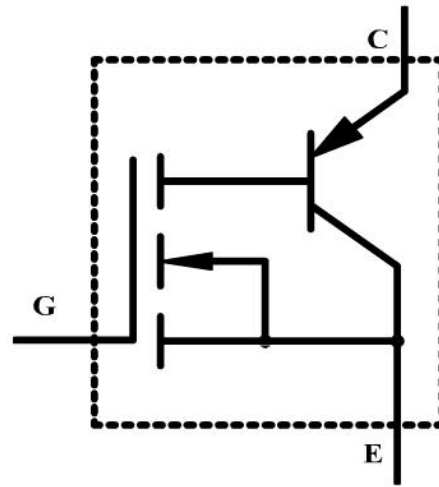
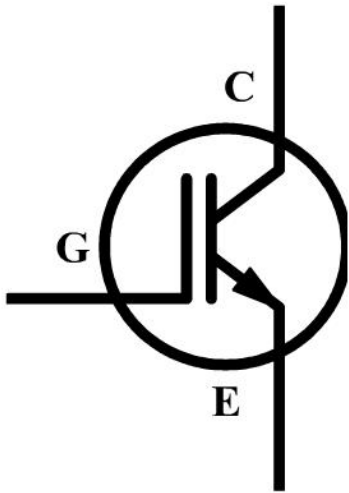
MOSFET thực tế - 19MT050XF – International Rectifier



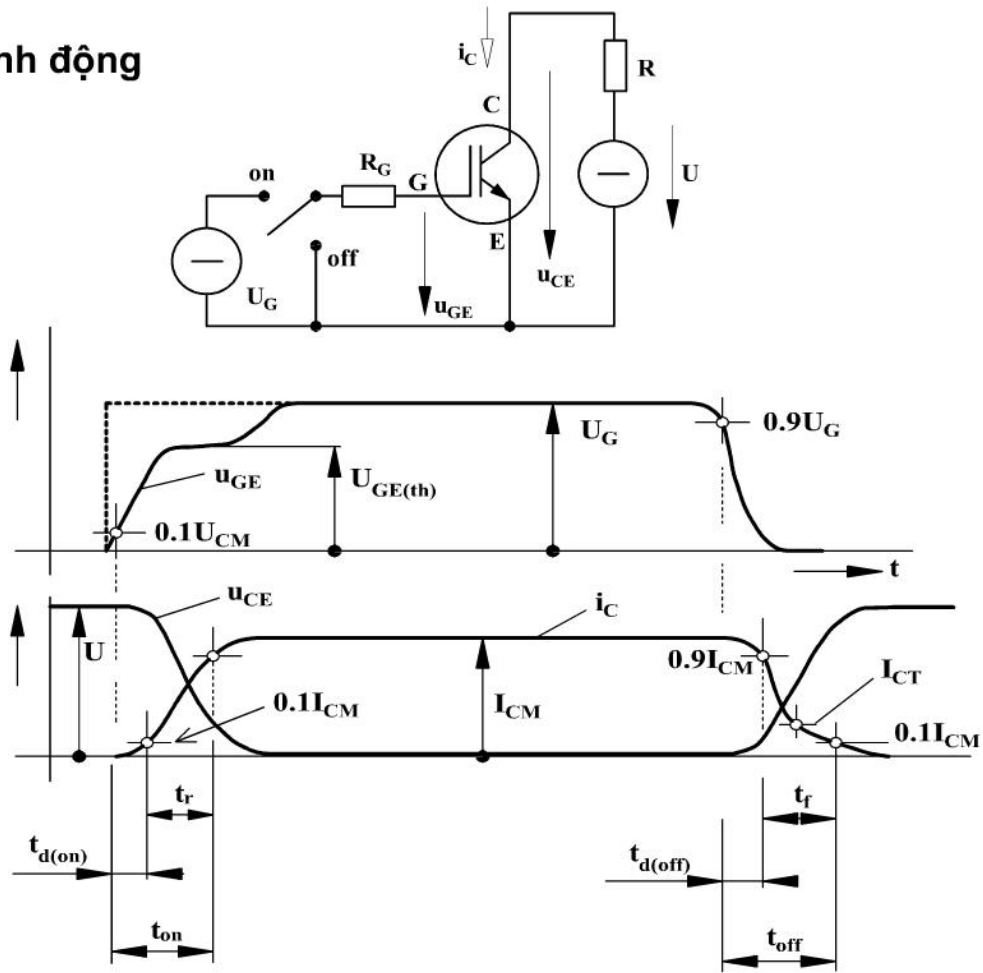
Absolute Maximum Ratings

Parameters			Max	Units
I _D	Continuous Drain Current @ V _{GS} = 10V	@ T _C = 25°C	31	A
		@ T _C = 100°C	19	
I _{DM}	Pulsed Drain Current (1)		124	
P _D	Maximum Power Dissipation	@ T _C = 25°C	1140	W
		@ T _C = 100°C	456	
V _{GS}	Gate-to-Source Voltage		± 30	V
V _{ISOL}	RMS Isolation Voltage, Any Terminal to Case, t = 1 min		2500	
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)		15	V/ ns

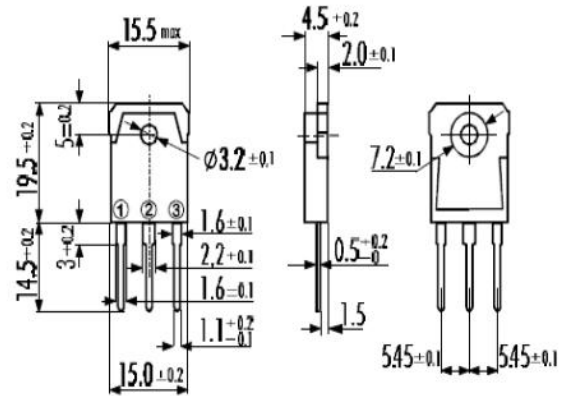
1.2.5 Transistor lưỡng cực công cách ly - IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor



Đặc tính động



IGBT thực tế
1MB-30-060 – Fuji Electric

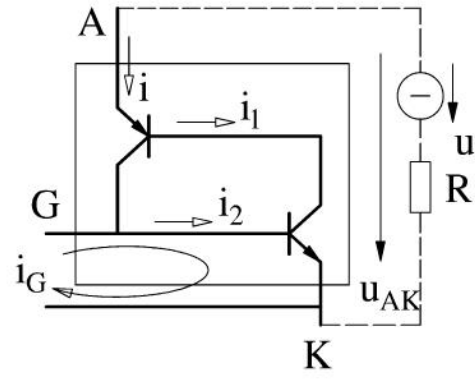
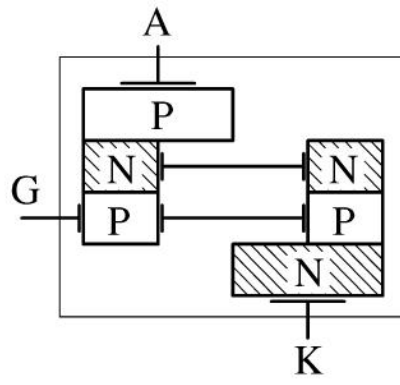
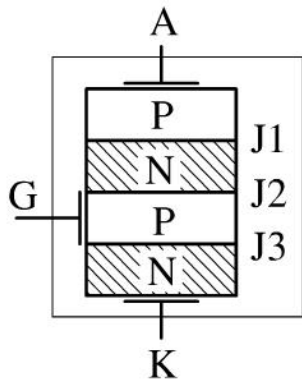


• Absolute Maximum Ratings (T_c=25°C)

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 _{C25}	48
	DC T _c =80°C	I _{C80}	30
	1ms T _c = 25°C	I _{C PULSE}	192
IGBT Max. Power Dissipation	P _C	180	W
Operating Temperature	T _j	+150	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-40 ~ +150	°C
Mounting Screw Torque		50	Nm

1.2.6 Thyristor

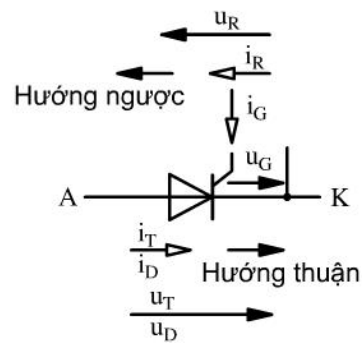
Cấu tạo – Hoạt động



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 tự mở của thyristor

U_{TO} : điện áp rơi trên Thyristor

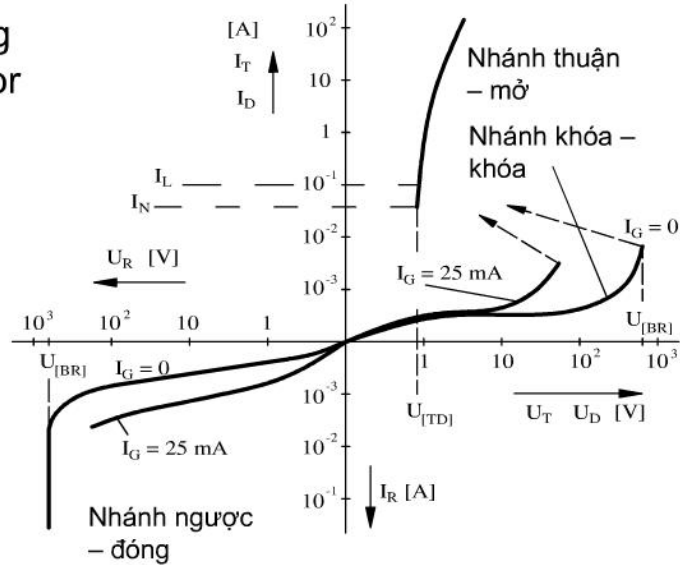
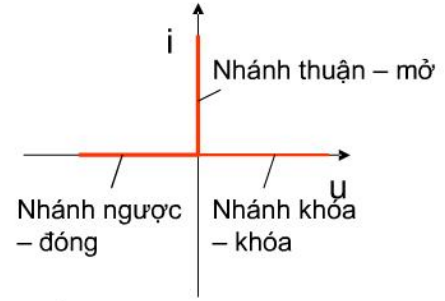
I_H : Dòng duy trì (holding)

I_L : Latching

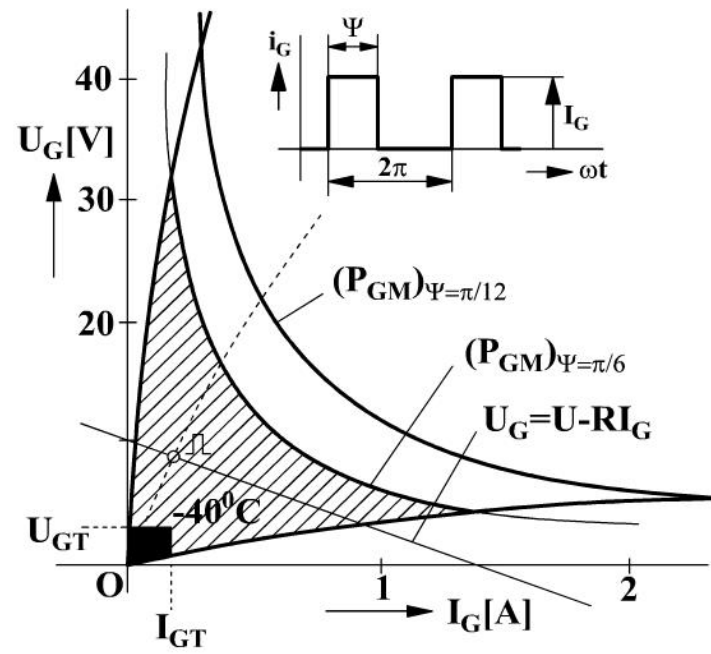
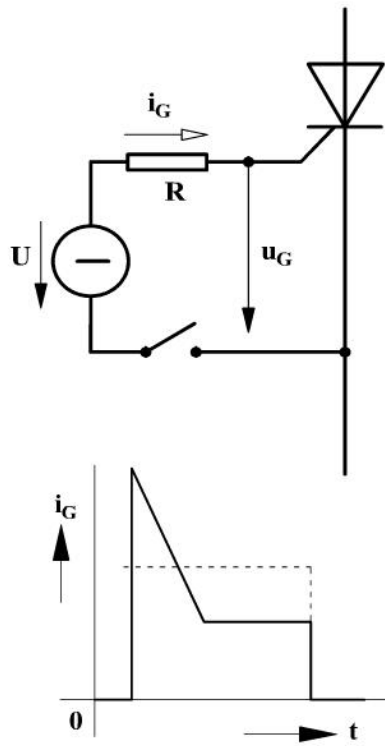
Các thông số chính

Tương tự như diode.

$U_{RRM} = U_{DRM}$

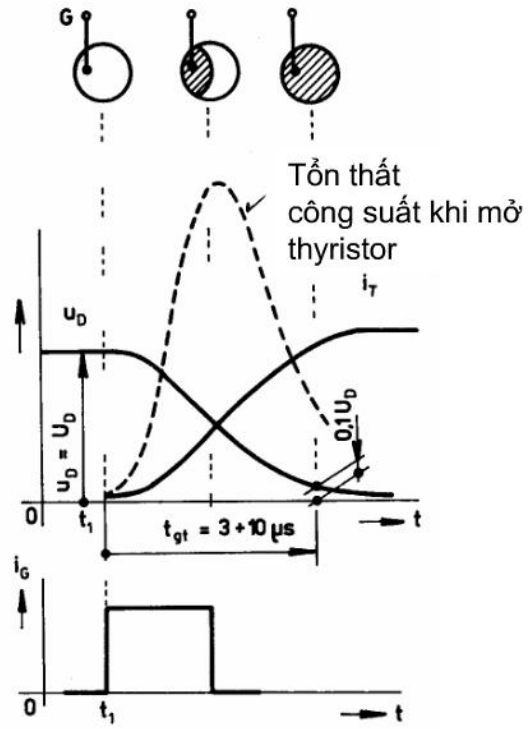


Đặc tính điều khiển của thyristor:

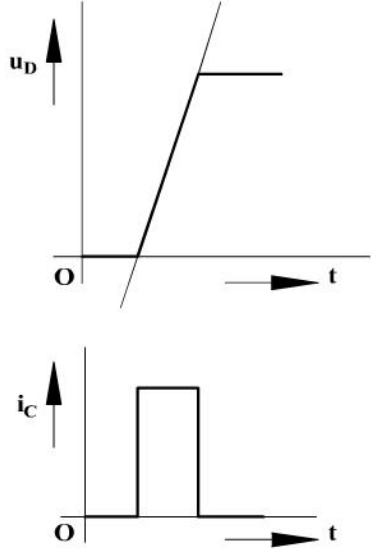
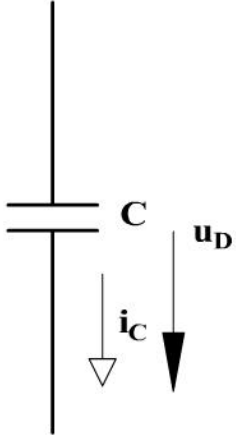
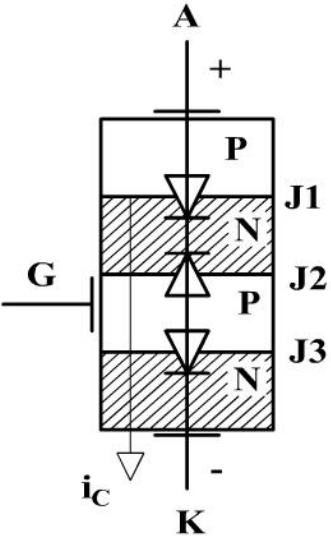


Đặc tính động

Mở thyristor



Khóa thyristor



Thyristor thực tế - 22RIA SERIES – International Rectifier

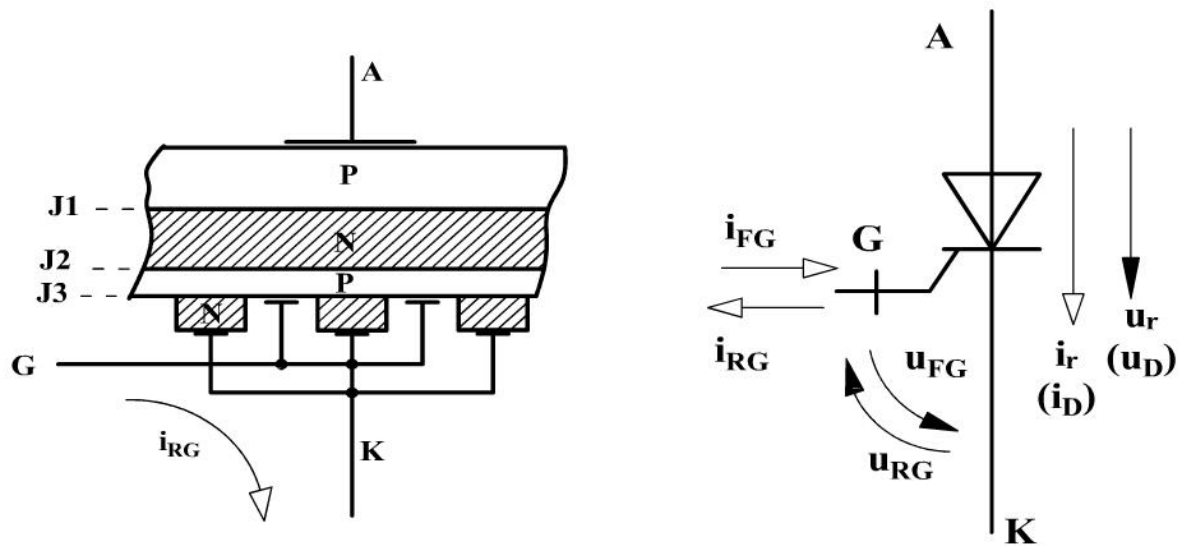
Major Ratings and Characteristics

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



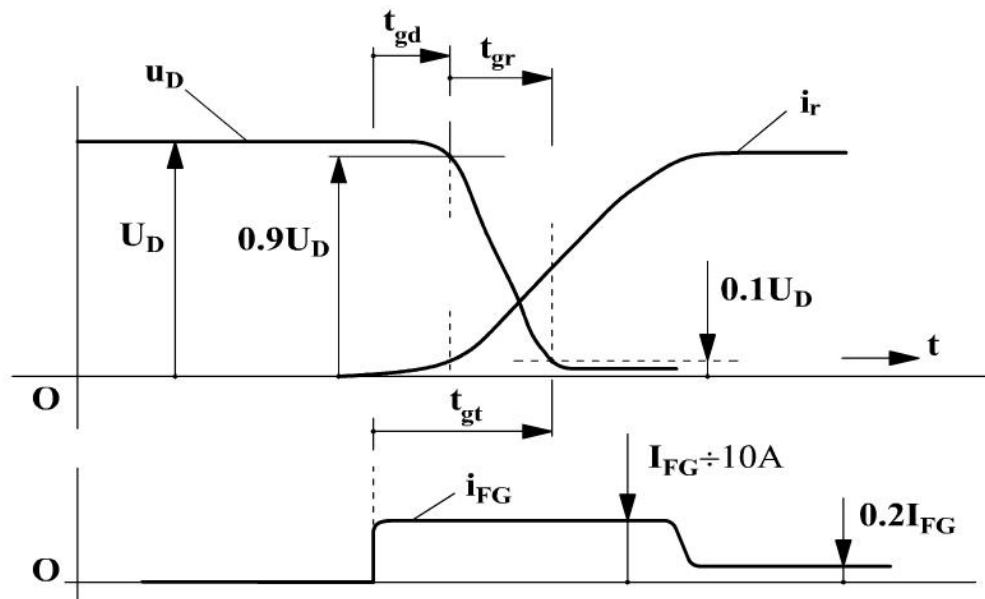
1.2.7 GTO

Gate Turn Off Thyristor

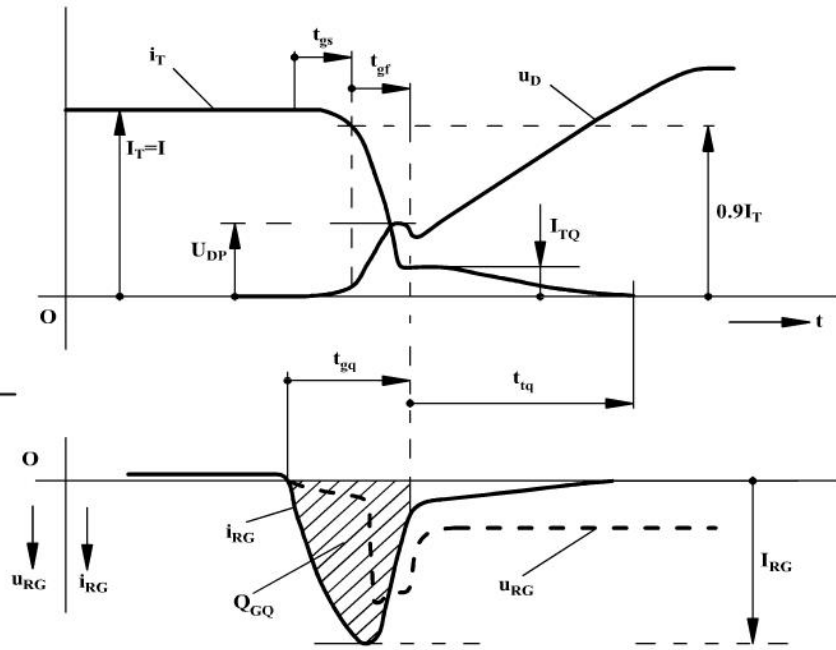
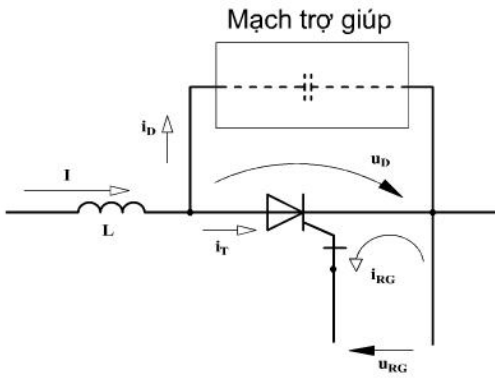


Đặc tính động

Mở GTO



Đóng GTO



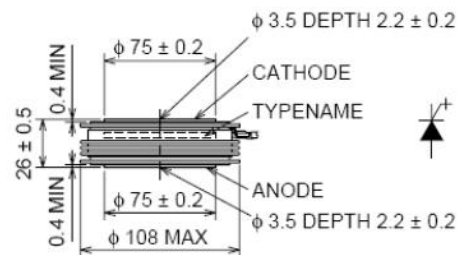
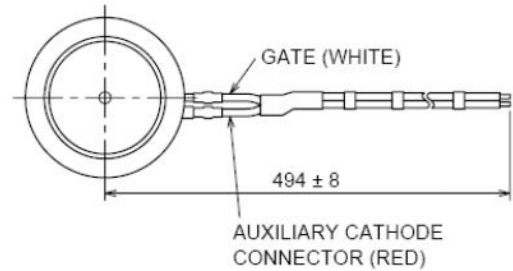
GTO thực tế - FG3000FX-90DA – Mitsubishi Electric

FG3000GX-90DA



OUTLINE DRAWING

Dimensions in mm

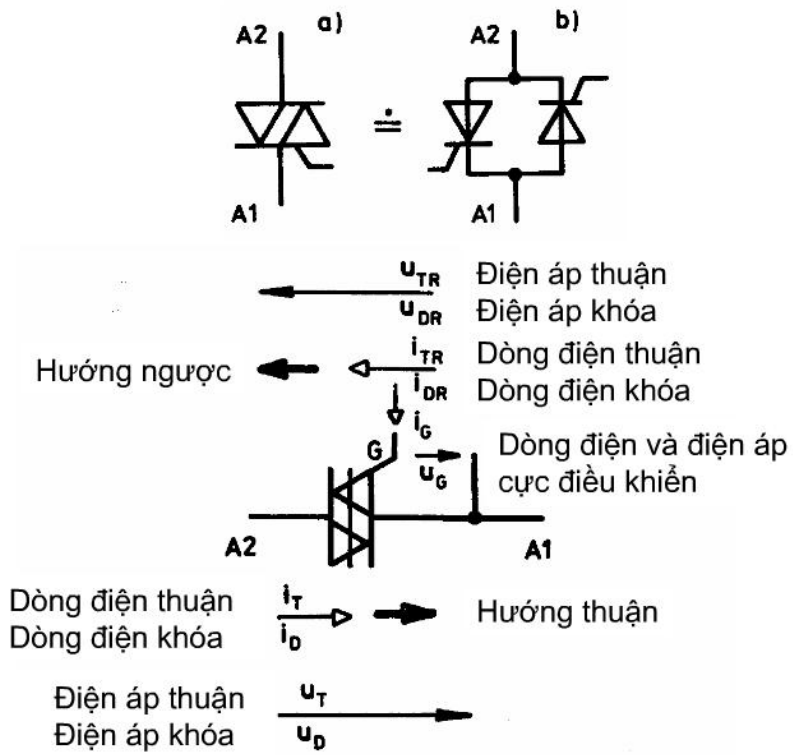


- ITQRM Repetitive controllable on-state current3000A
- IT(AV) Average on-state current1000A
- VDRM Repetitive peak off state voltage4500V
- Anode short type

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Test conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
V _{TM}	On-state voltage	T _J = 125°C, I _{TM} = 3000A, Instantaneous measurment	—	—	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

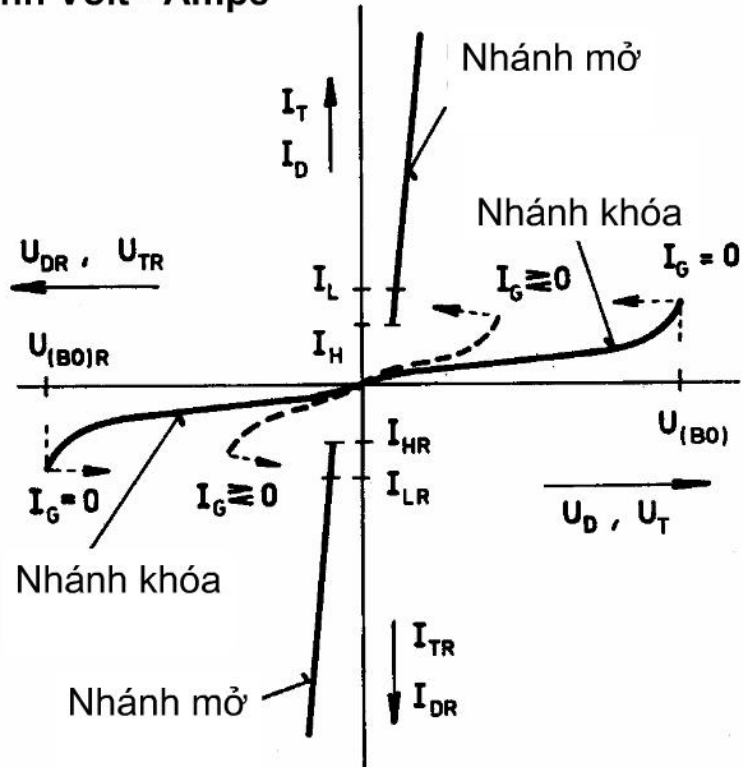
1.2.8 Triac



Đặc tính Volt - Ampe

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

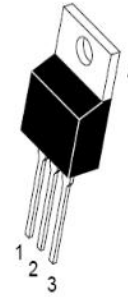
$$U_{DR} > 0 \begin{cases} U_G > 0; I_G > 0 \\ U_G < 0; I_G < 0 \end{cases}$$



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 ($T_C = +90^\circ\text{C}$)	$I_{T(RMS)}$	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 = $2\ \mu\text{s}$)	P_{GM}	20	Watts
*Average Gate Power ($T_C = +80^\circ\text{C}$, $t = 8.3$ ms)	$P_{G(AV)}$	0.5	Watt
*Peak Gate Current ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = $2.0\ \mu\text{s}$)	I_{GM}	2.0	Amps
*Peak Gate Voltage ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = $2.0\ \mu\text{s}$)	V_{GM}	10	Volts

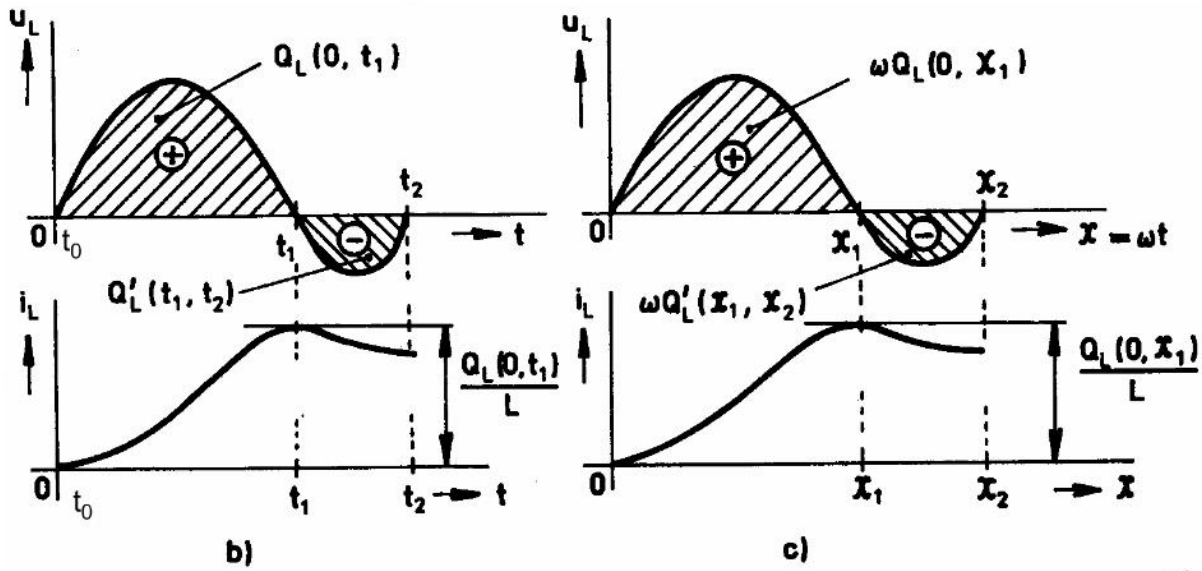


TO-220AB
CASE 221A
STYLE 4

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



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

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

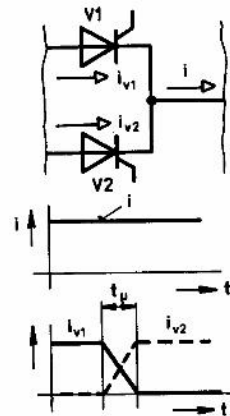
2.2 Nhịp và sự chuyển mạch

Nhánh chính – Nhánh phụ

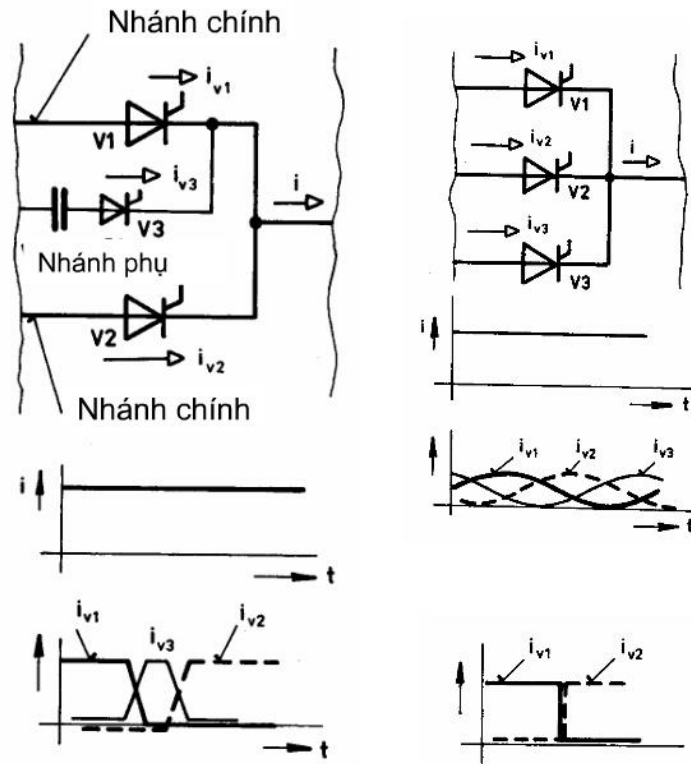
Linh kiện ĐTCS chính – Linh kiện ĐTCS phụ

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 $I^2 = \sum_{n=1}^{\infty} I_{(n)}^2$

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

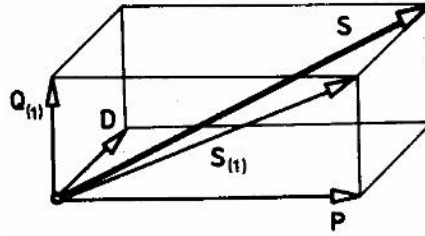
$$S_{(1)}^2 = m^2U^2 I_{(1)}^2 = m^2U^2 I_{(1)}^2 \cos^2 \varphi_{(1)} + m^2U^2 I_{(1)}^2 \sin^2 \varphi_{(1)} = P^2 + Q_{(1)}^2$$

$mUI_{(1)}$: 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

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

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

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