

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Điện tử công suất được biên soạn trên cơ sở chương trình khung của nghề điện CN, giáo trình giảng được viết cho đối tượng đào tạo hệ Cao đẳng nghề và trung cấp nghề ở sơ cấp nghề có thể sử dụng được

Chương trình khung đào tạo nghề Điện công nghiệp năm 2011 được Tổng cục Dạy nghề ban hành và cho phép sử dụng. giáo trình Điện tử công suất là một trong những giáo trình chuyên môn nghề quan trọng trong chương trình đào tạo hệ Cao đẳng nghề và trung cấp nghề. Vì vậy giáo trình đã bám sát chương trình khung của nghề nhằm đạt mục tiêu đào tạo của nghề đồng thời tạo điều kiện cho người sử dụng tài liệu tốt và hiệu quả. Giáo trình Điện tử công suất được xây dựng với sự tham gia của các giáo viên trong khoa Điện- Trường Cao đẳng nghề Yên Bái.

Tập bài giảng này dùng làm tài liệu giảng dạy và học tập cho các giáo viên và sinh viên, học sinh hệ cao đẳng nghề và trung cấp nghề điện công nghiệp. Đồng thời cũng là tài liệu tham khảo cho các giáo viên và học sinh ngành điện giảng dạy và học tập các hệ đào tạo ngắn hạn ở trong trường.

Giáo trình chính thức được áp dụng trong hệ thống đào tạo của trường cao đẳng nghề Yên Bái.

Bài mở đầu: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1. Trị trung bình của một đại lượng

* Trị số dòng điện ứng với mỗi thời điểm t gọi là trị số tức thời.

Ký hiệu : i, e, u .

* Trị số tức thời lớn nhất gọi là trị số cực đại: I_m, U_m, E_m hay còn gọi là giá trị biên độ của đại lượng xoay chiều hình sin.

* Trị số trung bình của một đại lượng là giá trị trung bình của đại lượng đó tính trong một chu kỳ T .

2. Công suất trung bình

Trị số tức thời của đại lượng xoay chiều hình sin đặc trưng cho tác dụng của trị lượng hình sin ở từng thời điểm. Còn đặc trưng cho tác dụng trung bình của đại lượng xoay chiều hình sin trong toàn bộ chu kỳ về mặt năng lượng, người ta dùng khái niệm số hiệu dụng của đại lượng xoay chiều hình sin.

3. Trị hiệu dụng của một đại lượng

-. Trị số hiệu dụng của đại lượng của đại lượng xoay chiều hình sin có giá trị tương đương với dòng 1 chiều khi chúng cùng đi qua 1 điện trở, trong cùng 1 đơn vị thời gian bằng 1 chu kỳ thì toả ra cùng 1 nhiệt lượng như nhau.

- Ký hiệu : I, U, E .

- Phương pháp tính trị số hiệu dụng.

Tìm trị số hiệu dụng, góc lệch pha và vận tốc góc của 2 đại lượng hình sin sau:

$$e_1 = 156 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ V}$$

$$e_2 = 311 \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ V}$$

Biết $f = 50 \text{ Hz}$

Giải

$$\text{* Trị số hiệu dụng : } E_1 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{156}{\sqrt{2}} = 0,707.156 = 110 \text{ V}$$

$$E_2 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{311}{\sqrt{2}} = 0,707.311 = 220 \text{ V}$$

$$\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} 30^\circ$$

- * Góc lệch pha: $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} 30^\circ$
- * Tốc độ góc : $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 214 \text{ rad/giây.}$

4. Hệ số công suất

$P = S \cdot \cos \varphi = UI \cos \varphi$. Do đó công suất lớn thì P càng lớn. Khi $\cos \varphi = 1$ thì $P = S$ nghĩa là công suất tác dụng phụ thuộc vào hệ số $\cos \varphi$.

- * Hệ số $\cos \varphi$ được gọi là hệ số công suất của mạch điện xoay chiều.

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Như vậy : $\cos \varphi$ là hệ số phụ thuộc vào các thành phần trở kháng của mạch, mà các thành phần trở kháng này phụ thuộc vào kết cấu của mạch vì vậy ta có thể nói rằng $\cos \varphi$ phụ thuộc vào kết cấu của mạch điện. Như trong mạch điện có phụ tải chiếu sáng bằng đèn sợi đốt, lò điện, bếp điện thì có $\cos \varphi = 1$. Trong mạch thuần cảm kháng $R \approx 0 \Rightarrow \cos \varphi = 0$ mạch xoay chiều nói chung $\cos \varphi < 1$.

*. ý nghĩa

- * Hệ số $\cos \varphi$ có ý nghĩa rất lớn trong sản xuất , truyền tải và cung cấp điện năng.

Như ta đã biết mỗi máy phát điện và máy biến áp đều được chế tạo với công suất biểu kiến định mức (S_{dm}). Từ đó máy có thể cung cấp 1 công suất tác dụng :

$$P = S_{dm} \cdot \cos \varphi$$

- * Nếu $\cos \varphi = 1$ thì $P = S_{dm}$, khi đó nó có giá trị lớn nhất mà máy có thể cung cấp được. Nếu $\cos \varphi$ càng nhỏ thì khả năng phát công suất tác dụng của máy càng nhỏ. Do đó muốn tận dụng khả năng làm việc của máy điện và thiết bị điện thì hệ số $\cos \varphi$ phải lớn. Mỗi hộ tiêu thụ điện đều yêu cầu 1 công suất tác dụng P xác định. Khi đó dòng điện truyền tải qua đường dây là:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \cos \varphi}$$

- * Nếu $\cos \varphi$ càng nhỏ thì dòng điện càng lớn dẫn đến.

+ Dòng điện lớn nên dây dẫn truyền tải lớn, điều đó yêu cầu làm vật liệu dây dẫn lớn, dẫn đến tốn kim loại màu và vốn đầu tư xây dựng lớn.

+ Tổn thất điện năng trên đường dây lớn: $\Delta A = I^2 R l$.

Vì vậy:

Việc nâng cao hệ số $\cos \varphi$ có 1 ý nghĩa lớn về hiệu quả kinh tế là giảm vốn đầu tư. Xây dựng đường dây và giảm tổn thất điện năng chuyển tải. Do đó người ta luôn nghiên cứu các biện pháp nâng cao $\cos \varphi$

Câu hỏi và bài tập:

Câu 1: Nêu phương pháp tính giá trị trung bình, hiệu dụng của một đại lượng điện?

Câu 2: Hệ số công suất là gì? Ý nghĩa của hệ số công suất?

BÀI 1: CÁC LINH KIỆN ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

Phân loại

Theo khả năng điều khiển đóng cắt van:

- Van không điều khiển
- Van điều khiển không hoàn toàn
- Van điều khiển hoàn toàn

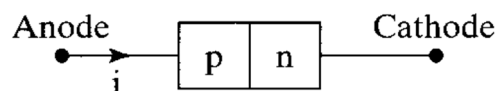
Theo nguyên lý làm việc:

- Điốt
- Tranzitor
- Thyristor
- ...

1.1 Diode

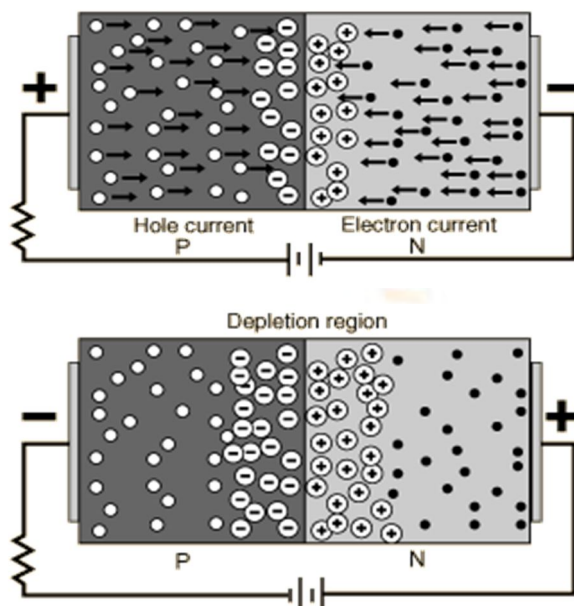
a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.

- Diode là linh kiện bán dẫn ứng dụng trong điện tử công suất (ĐTCS) có cấu tạo đơn giản nhất, bao gồm 2 điện cực Anode (A) và K (Cathode) và có chứa một lớp tiếp xúc $p-n$. Diode- 1 linh kiện bán dẫn không điều khiển. Khi điện thế cực Anode lớn hơn so với điện thế cực Cathode, lớp tiếp xúc phân cực thuận và dòng điện thuận I_F chạy theo chiều như hình vẽ, lúc này điện áp trên linh kiện sẽ có giá trị rất nhỏ ($<1V$), đối với linh kiện lý tưởng giá trị này bằng 0. Ngược lại, khi điện thế cực Anode nhỏ hơn so với điện thế cực Cathode, diode phân cực ngược linh kiện không dẫn, dòng điện ngược chạy qua diode được gọi là **dòng rò**, đối với linh kiện lý tưởng giá trị này bằng 0



H1.1. Cấu tạo diode

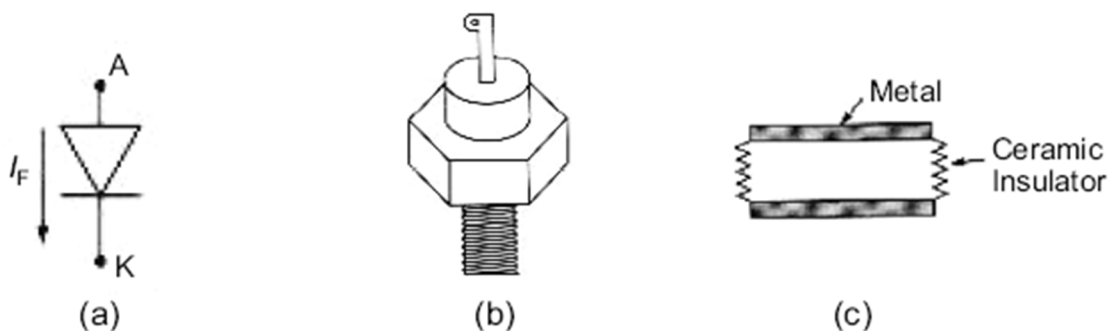
- Khi điện cực dương của nguồn điện được gắn vào cực Anode và cực âm-cực Cathode ta có tiếp xúc phân cực thuận. Điện tử từ cực âm vào vùng n, vùng tiếp xúc, một phần kết hợp với phần tử mang điện lỗ hổng phần còn lại qua vùng p tới cực dương của nguồn điện: Diode dẫn.



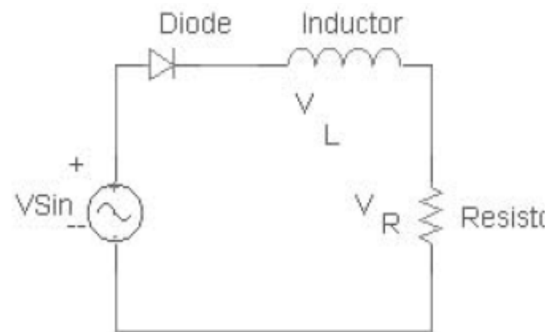
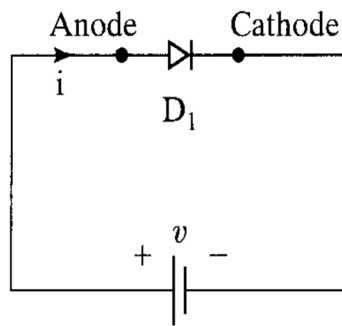
H1.2. Nguyên lý cấu trúc

- Khi điện cực dương của nguồn điện được gắn vào cực Cathode và cực âm-cực Anode ta có tiếp xúc phân cực ngược. Chỉ có một số ít điện tử từ vùng p dịch chuyển qua vùng tiếp xúc, một phần kết hợp với phần tử mang điện lỗ hổng phần còn lại qua vùng n tới cực dương của nguồn: Diode ngắt.

- Ký hiệu và sơ đồ kết nối



H1.3. Ký hiệu, hình dáng



H1.4. Sơ đồ kết nối diode.

c. Đặc tính Volt-Amper của diode (VI):

Đặc tính V-I của diode được chia làm 3 vùng

H1.5. Đặc tính V-A của diode (a-diode thực, b-diode lý tưởng)

- Vùng phân cực thuận: Khi $0 < V_D < V_{TD}$: Diode bắt đầu dẫn dòng điện qua diode I_D rất nhỏ. Khi $V_D > V_{TD}$ dòng điện tăng nhanh và diode đạt trạng thái dẫn điện ổn định. V_{TD} gọi là điện áp đóng.

- Vùng phân cực ngược: khi $V_D < 0$; dòng điện qua diode giảm dần về 0, dòng điện qua diode không tắt ngay và tiếp tục dẫn theo chiều ngược lại với tốc độ giảm ban đầu. Sau một thời gian ngắn, khả năng dẫn điện theo chiều nghịch bị mất. Diode ngắt.

- Vùng đánh thủng: khi $V_D < -V_{BR}$: Trong đó V_{BR} - điện áp đánh thủng (Breakdown voltage), làm cho diode bị phá hủy

d. Những thông số cơ bản của diode

Dòng điện định mức I_{Fmax} : dòng điện thuận cực đại chạy qua diode mà không làm cho nhiệt độ của nó không vượt quá nhiệt độ cực đại cho phép.

Điện áp định mức: là điện áp ngược cực đại mà diode chịu được V_{BR}

Điện áp thuận V_F (Forward voltage): là điện áp giữa hai đầu cực A-K khi diode dẫn.

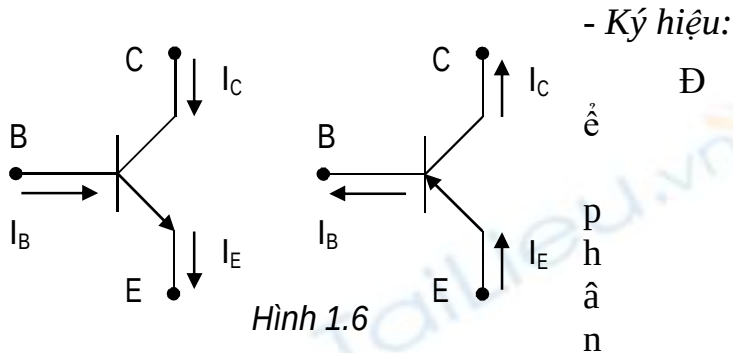
Điện áp đánh thủng V_{BR} (Breakdown voltage).

Dòng điện ngược I_{RR} : dòng điện qua diode khi điện áp ngược nhỏ hơn điện áp đánh thủng.

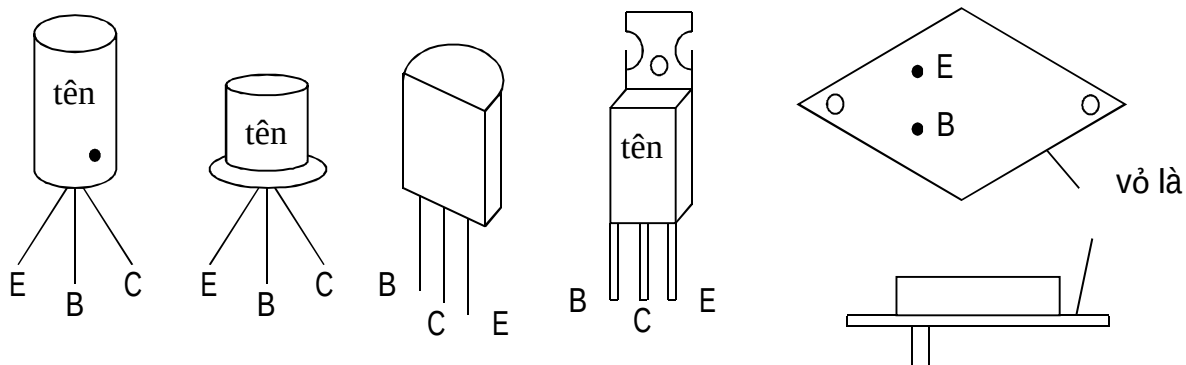
1.2 Transistor BJT

- Cấu tạo

Transistor là linh kiện bán dẫn gồm 3 lớp bán dẫn tiếp giáp nhau tạo thành 2 mối nối pn



biệt hai loại transistor NPN và PNP người ta dùng kí hiệu mũi tên ở cực E để chỉ chiều dòng điện I_E ở hình 1.6./Hình dáng:



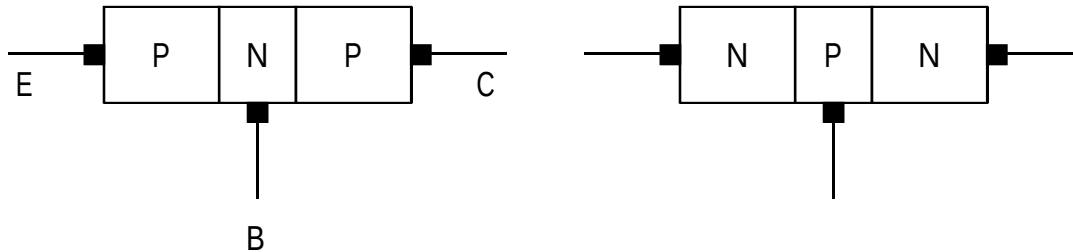
Hình 1.7

hình 1.7: Hình dáng các loại transistor thông dụng

- Phân loại

Tuỳ theo cách sắp xếp thứ tự các vùng bán dẫn người ta chế tạo 2 loại transistor là transistor PNP và NPN.

- Cực phát E (Emitter)



- Cực nền B (Base)

- Cực thu C (collector)

Ba vùng bán dẫn được nối ra ba chân và được gọi là cực phát E, cực thu C và cực nền B. Cực phát E và cực thu C tuy là cùng chất bán dẫn nhưng do kích thước và nồng độ pha tạp chất khác nhau nên không thể hoán đổi cho nhau được.

Để phân biệt với các loại transistor khác, loại transistor PNP và NPN còn được gọi là transistor lưỡng nối viết tắt là BJT.

1.3 Transistor MOSFET

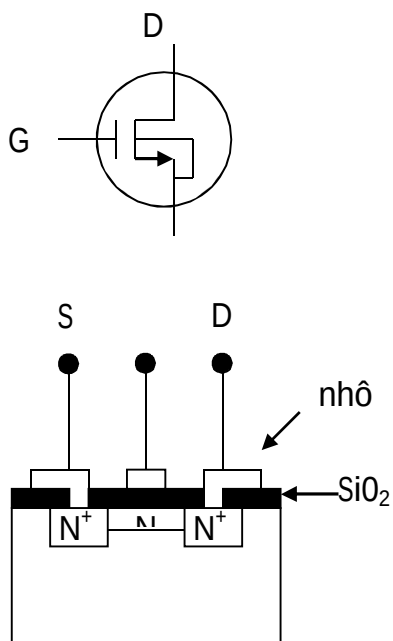
Transistor MOSFET chia làm hai loại là MOSFET kênh liên tục (kênh đặt sẵn) và MOSFET kênh gián đoạn (kênh cảm ứng). Mỗi loại kênh liên tục hay gián đoạn đều phân loại theo chất bán dẫn là kênh n hay kênh p. Ở đây ta chỉ xét các loại MOSFET kênh n và suy ra cấu tạo ngược lại cho kênh p.

Cấu tạo MOSFET kênh liên tục.

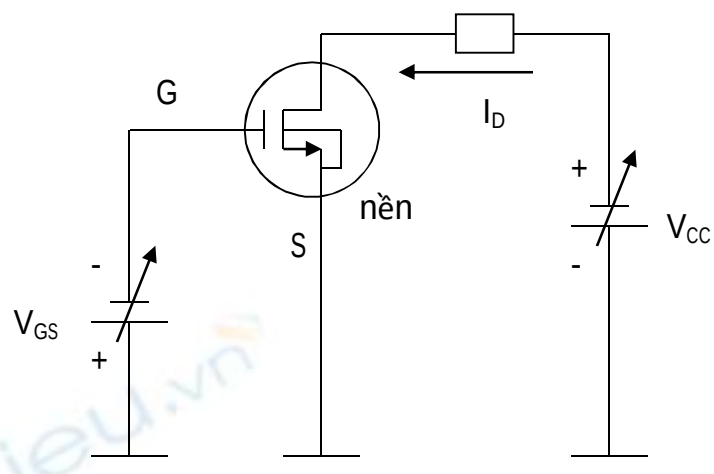
Cấu tạo.

Kênh dẫn điện là hai vùng bán dẫn loại n pha nồng độ (n^+) cao được nối liền nhau bằng một vùng bán dẫn loại n pha nồng độ (n) thấp được khuếch tán trên một nền là chất bán dẫn loại p phía trên lớp dẫn điện có phủ lớp oxit cách điện SiO_2 .

Hai dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào hai vùng bán dẫn n^+ gọi là cực S và D. Cực G có tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp oxit nhưng vẫn cách điện với kênh n. Thường cực S được nối chung với nền p.



Hình 1.9



Hình 1.10

Hình 1.9 cho thấy cấu tạo và kí hiệu của MOSFET liên tục kênh n.

. Đặc tính

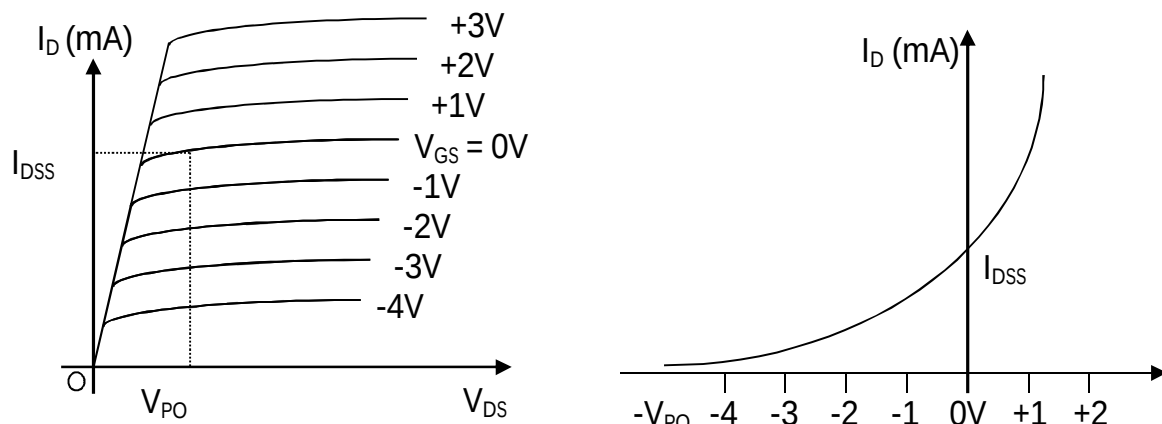
Xét mạch thí nghiệm như hình 1.10.

./ Khi $V_{GS} = 0V$:

Trường hợp này kênh dẫn điện có tác dụng như một điện trở, khi tăng điện thế V_{DS} thì dòng điện I_D tăng lên đến một trị số giới hạn là I_{DSS} . Điện thế V_{DS} ở trị số I_{DSS} cũng được gọi là điện thế nghẽn V_{PO} giống như JFET.

./ Khi $V_{GS} < 0$:

Trường hợp này cực G có điện thế âm nên đẩy điện tử ở kênh n vào vùng nền p làm thu hẹp tiết diện kênh dẫn điện n và dòng điện I_D bị giảm xuống do điện trở kênh dẫn điện tăng lên.



Hình 1.11

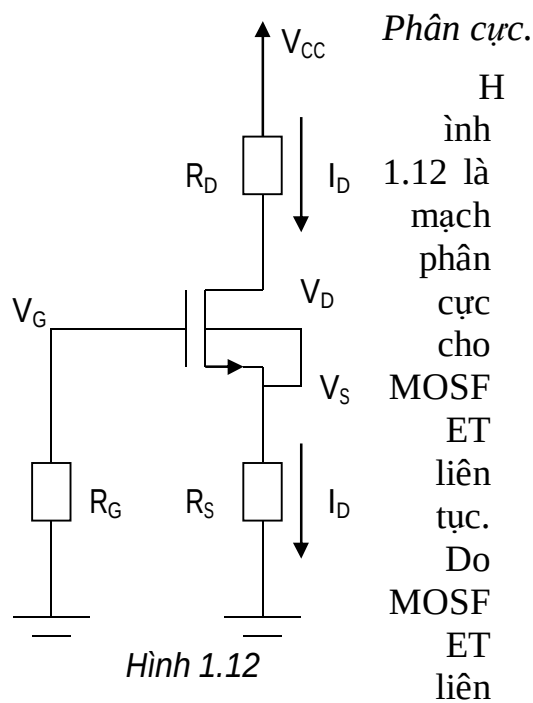
Khi tăng điện thế âm ở cực G thì dòng điện I_D càng nhỏ và đến một trị số giới hạn dòng điện I_D gần như không còn. Điện thế này ở cực G gọi là điện thế nghẽn V_{PO} .

./ Khi $V_{GS} > 0$:

Trường hợp phân cực cho cực G có điện thế dương thì điện tử thiểu số ở vùng nền p bị hút vào nền n nên làm tăng tiết diện kênh, điện trở kênh bị giảm xuống và dòng điện I_D tăng cao hơn trị số bão hoà I_{DSS} .

Trong trường hợp này dòng điện I_D lớn dễ làm hư MOSFET nên ít được sử dụng.

Hình 1.11 là đặc tuyến ngõ ra I_D/V_{DS} và đặc tuyến truyền dẫn I_D/V_{GS} của MOSFET liên tục kênh n.



Hình 1.12

tục thường sử dụng ở trường

hợp $V_{GS} < 0V$ nên cách phân cực giống như JFET.

Cách xác định các trị số điện thế V_D , V_S , V_{DS} , V_{GS} và dòng điện I_D cũng như cách xác định đường tải tĩnh giống như mạch JFET.

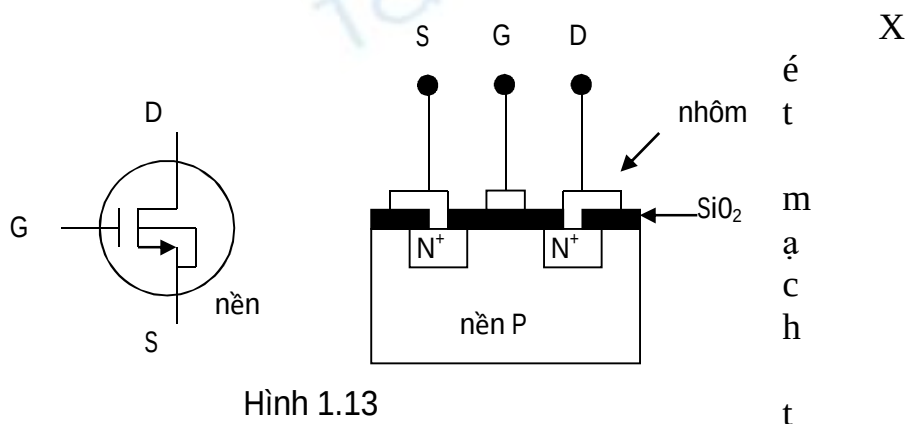
Cấu tạo MOSFET kênh gián đoạn.

Cấu tạo

Trong MOSFET kênh gián đoạn thì hai vùng bán dẫn pha nồng độ cao (n^+) không dính liền nhau nên gọi là kênh gián đoạn. Mặt trên kênh dẫn điện cũng được phủ một lớp oxit cách điện. Hai dây dẫn xuyên qua lớp cách điện nối vào vùng bán dẫn n^+ gọi là cực S và cực D. Cực G có tiếp xúc kim loại bên ngoài lớp oxit và cách điện đối với cực D và cực S. Cực S nối với nền p.

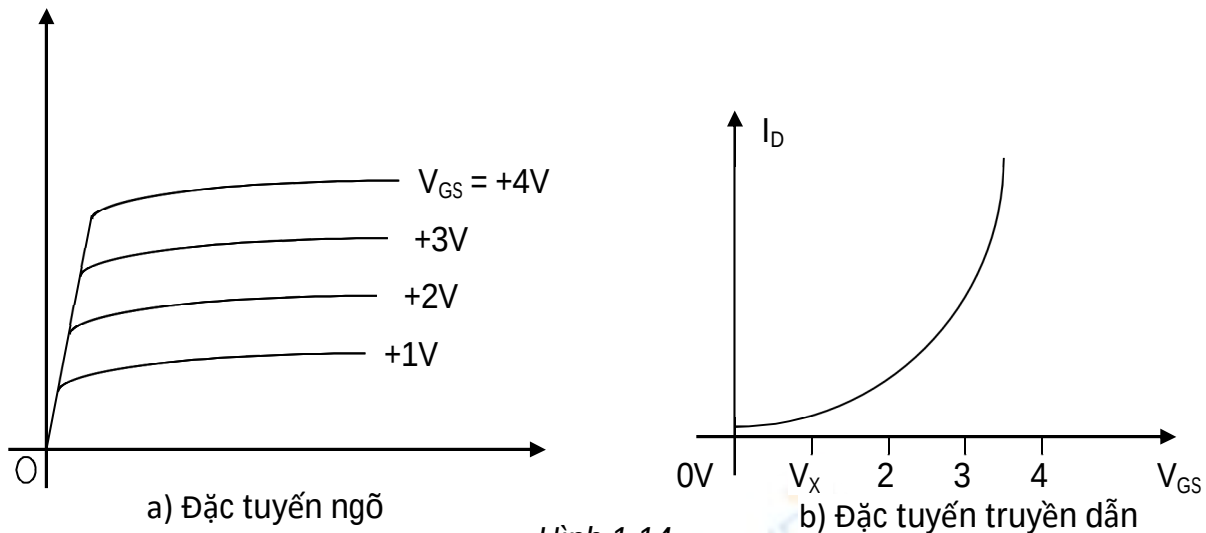
Cấu tạo và ký hiệu của MOSFET kênh gián đoạn được vẽ như hình 1.13

Đặc tính.



Hình 1.13

hí nghiệm như hình 1.13. Do cấu tạo kênh bị gián đoạn nên bình thường không có dòng điện qua kênh, $I_D = 0$ và điện trở giữa D và S rất lớn.



Hình 1.14

Khi phân cực cho cực G có $V_{GS} > 0V$ thì điện tích dương ở cực G sẽ hút điện tử của nền P về phía giữa của hai vùng bán dẫn N^+ và khi lực hút đủ lớn thì số điện tử bị hút nhiều hơn đủ để nối liền hai vùng bán dẫn N^+ và kênh được liên tục.

Khi đó có dòng điện I_D từ D sang S. Điện thế phân cực cho cực G càng tăng thì I_D càng lớn.

Hình 1.14 là đặc tuyến ngõ ra I_D/V_{DS} và đặc tuyến truyền dẫn I_D/V_{GS} của MOSFET gián đoạn kênh n.

Như đặc tuyến truyền dẫn cho thấy khi $V_{GS} > V_Y$ thì có dòng điện qua transistor. Điện thế V_Y cũng được gọi là điện thế thêm và trị số khoảng 1V.

Phân cực

Hình 1.15 là mạch phân cực cho MOSFET gián đoạn. Để cung cấp điện thế dương cho cực G thường dùng cầu phân thế R_{G1} - R_{G2} . Đối với MOSFET, cực G cách điện so với kênh và nền p nên không có dòng điện I_G đi từ cực G vào MOSFET.

mạch phân cực ta có: Xét :

$$V_D = V_{CC} - I_D \cdot R_D$$

$$V_S = I_D \cdot R_S$$

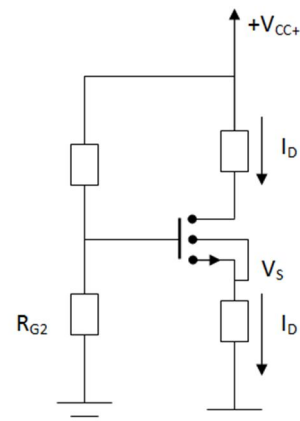
$$V_{DS} = V_{CC} - I_D (R_D + R_S)$$

$$V_G = V_{CC} \cdot \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

Phương trình đường tải tĩnh là:

$$I_D = \frac{V_{CC} - V_{GS}}{R_D}$$



H1.5. Mạch phân cực Mossfet

Xác định cực tính và chất lượng của FET. JFET

Transistor trường ứng có tổng trở vào rất lớn giống đặc tính của đèn điện tử ba cực do cực G cách điện đối với kênh dẫn điện. Do đó, các thông số kỹ thuật của FET cũng giống như các thông số kỹ thuật của đèn điện tử ba cực.

./ Độ truyền dẫn:

Độ truyền dẫn của FET là tỉ số giữa mức biến thiên của dòng điện I_D và mức biến thiên của điện thế V_{GS} khi có V_{GS} không đổi.

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} = \frac{i_D}{V_{GS}} (mA/V)$$

./ Độ khuếch đại điện thế:

Độ khuếch đại điện thế của FET là tỉ số giữa mức biến thiên điện thế ngõ ra V_{DS} và mức biến thiên điện thế ngõ vào V_{GS} khi có I_D không đổi.

$$\mu = -\frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} = \frac{V_{DS}}{V_{GS}}$$

./ Tổng trở ngõ ra:

Tổng trở ngõ ra là tỉ số giữa điện thế ngõ ra V_{DS} và dòng điện cực tháo I_D .

$$r_0 = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{V_{DS}}{I_D}$$

./ Mạch tương đương:

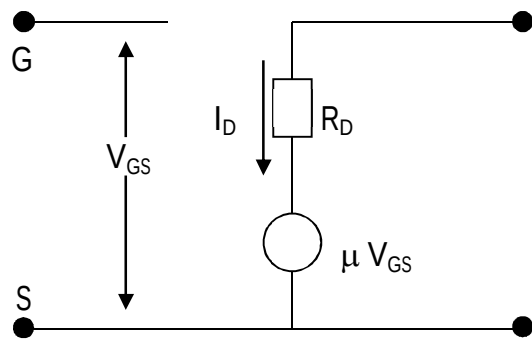
Tương tự như transistor lưỡng cực JFET và MOSFET cũng có thể đổi thành mạch tương đương gồm các phần tử như điện trở, nguồn dòng điện, nguồn điện thế trong điều kiện tuyến tính.

Ở ngõ vào, cực G được coi như cách ly hẳn với kênh dẫn điện của cực B và D. Ở ngõ ra có thể đổi thành nguồn điện thế V_{DS} hay nguồn dòng điện I_D .

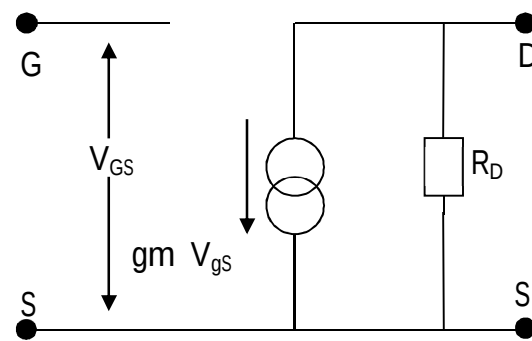
$$\mu = \frac{V_{DS}}{V_{GS}} \Rightarrow V_{DS} = \mu V_{GS}$$

Trường hợp đổi thành nguồn dòng điện ta có:

$$g_m = \frac{i_D}{V_{GS}} \Rightarrow i_D = g_m \cdot V_{GS}$$



Hình 1.16a: Ngõ ra là nguồn điện



Hình 1.16b: Ngõ ra nguồn dòng điện

Hình 1.16

Mạch tương đương của JFET và MOSFET được vẽ như hình 1.16

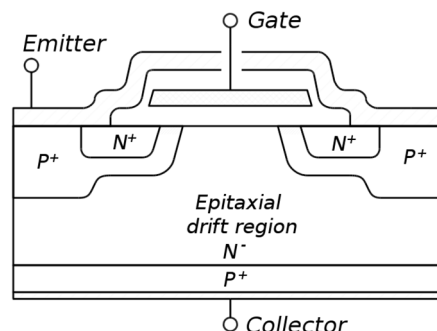
1.4 Transistor IGBT

+ **Transistor lưỡng cực công cách ly – IGBT** (Insulated Gate Bipolar Transistor):

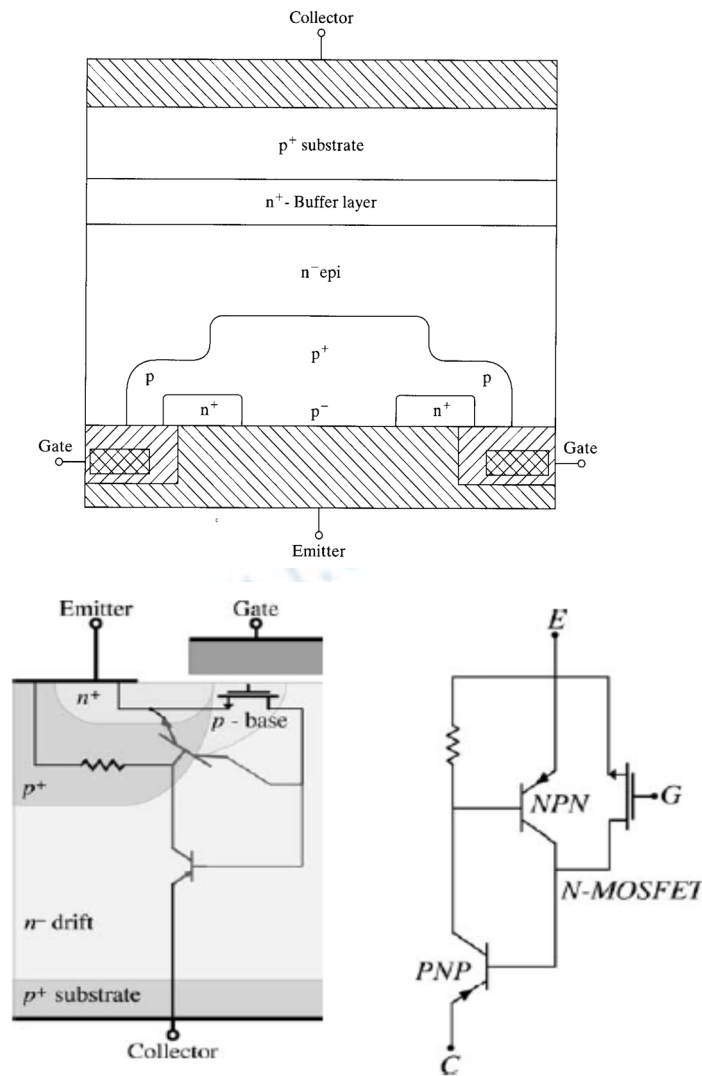
Insulated gate bipolar transistor (IGBT) – được phát minh vào đầu những năm 1980 và là linh kiện rất thành công với những đặc tính nổi trội. IGBT có cấu trúc 3 cực ứng dụng trong điều khiển năng lượng điện và nhiều ứng dụng khác không thể hiệu quả khi không có IGBT. Trước khi xuất hiện IGBT, BJT và MOSFET được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng công suất vừa và nhỏ với tần số đóng ngắt cao mà ở đó GTO không thể sử dụng.

IGBT có đặc tính tốt hơn so với các linh kiện còn lại do IGBT là mạch Darlington của BJT và MOSFET, vì vậy nó có điện trở khi dẫn nhỏ như BJT, cách ly cực điều khiển và cực công suất như MOSFET và điều khiển bằng điện áp.

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động



H1.17a



H1.17b,c. Sơ đồ Cấu tạo và nguyên lý hoạt động IGBT

Lớp p cực Collector của IGBT kết hợp với lớp n vùng khuếch tán tạo tiếp xúc p-n, khi dẫn. Để đơn giản ta giả thiết cực Emitter là điện thế mát (ground potential).

Khi điện thế cực C âm, lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực ngược, ngăn không cho dòng điện tải chạy trong linh kiện – linh kiện ở trạng thái ngắt.

Khi cực G có điện áp mát (ground potential) mà điện áp dương trên cực C, tiếp xúc p-n khuếch tán cũng phân cực ngược, làm cho dòng điện tải không chạy trong linh kiện – linh kiện ở trạng thái chưa dẫn.

Khi cực G mang điện thế dương lớn hơn điện áp đóng V_{Th} , kênh n được hình thành cho phép điện tử dịch chuyển vào vùng n-khuếch tán. Lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực thuận và điện tích lỗ hổng dịch chuyển vào vùng khuếch tán. Trong vùng này điện tử kết hợp với điện tích lỗ hổng thiết lập khoảng trung hòa, các điện tích lỗ hổng còn lại kết nối với cực E, tạo dòng điện giữa hai cực E-C.

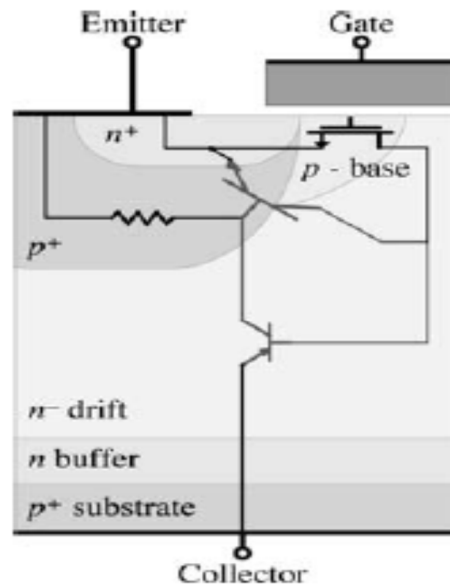


FIGURE 7.4 Punch-through (PT) IGBT.

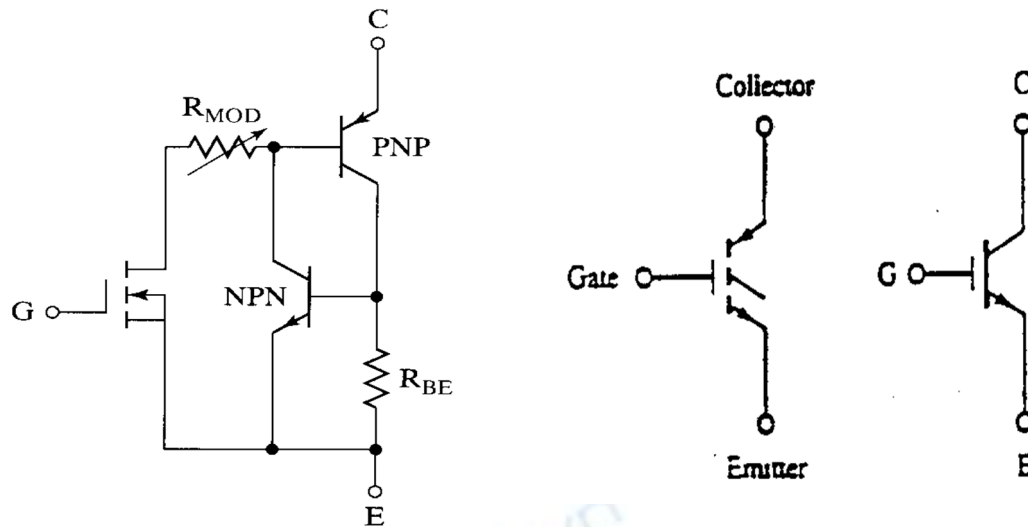
- IGBT là transistor công suất hiện đại, chế tạo trên công nghệ VLSI, cho nên kích thước gọn nhẹ. Nó có khả năng chịu được điện áp và dòng điện lớn cũng như tạo nên độ sụt áp vừa phải khi dẫn điện.

- IGBT có cấu trúc gồm bốn lớp p-n-p-n. IGBT có cấu tạo gồm 3 cổng Gate (G), Collector (C), Emitter (E). Mạch điều khiển nối vào cổng GE, mạch công suất được nối giữa cổng C-E.

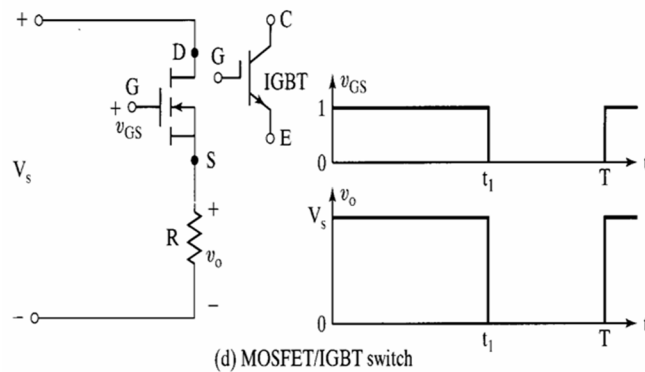
- IGBT được thực hiện từ sự kết hợp giữa IGBT đầu vào với cổng Gate cách ly và transistor dạng n-p-n đầu ra, nhờ đó mà IGBT tập hợp được những đặc tính của cả IGBT và IGBT. Cổng Gate của IGBT giống như cổng Gate của MOSFET, còn cực Collector và Emitter giống như BJT.

- Việc kích dẫn IGBT được thực hiện bằng xung điện áp đưa vào cổng kích G. Khi tác dụng lên cổng G điện thế dương so với Emitter để kích đóng IGBT, các hạt mang điện loại n được kéo vào kênh p gần cổng G làm giàu điện tích mạch cổng p của transistor n-p-n và làm cho IGBT dẫn điện. Để ngắt IGBT ta ngắt điện áp cấp cho cổng GE.

b. Ký hiệu và sơ đồ kết nối



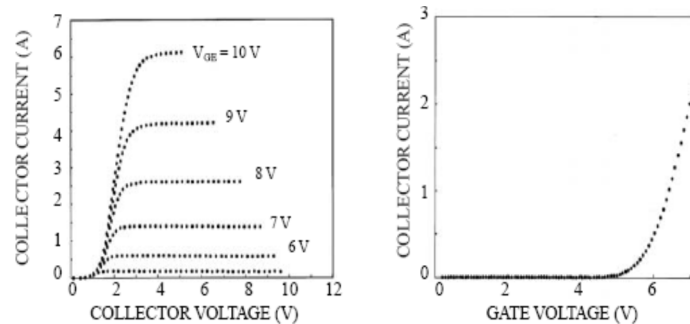
H1.18. Sơ đồ Ký hiệu và sơ đồ kết nối



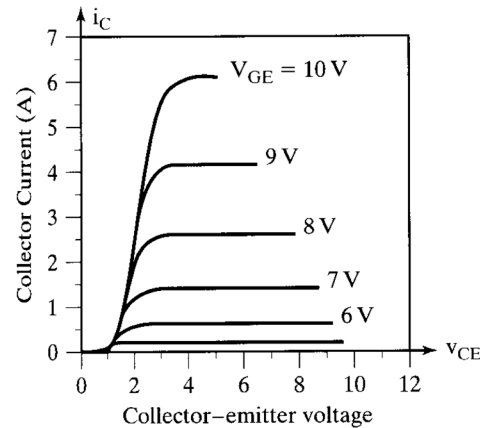
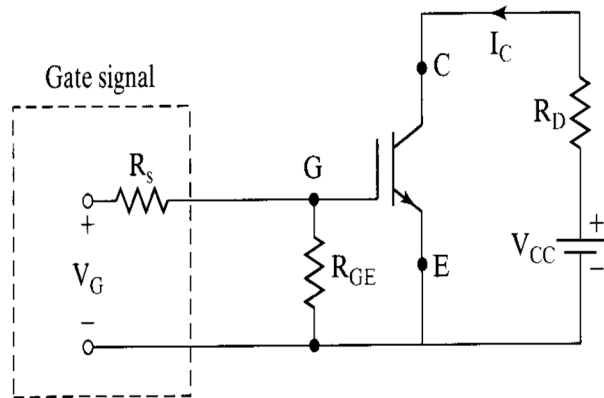
H1.19. Sơ đồ kích dân

c.Đặc tính Volt-Amper IGBT

- Đặc tính V-A của IGBT có dạng tương tự như đặc tính V-A của MOSFET.



H1.20. Đặc tính V- A



Sơ đồ kết nối

Đặc tính VI IGBT

Đặc tính V-I của IGBT được phân làm 3 vùng:

- **Cutoff mode - Vùng nghịch:** $V_{GE} < V_{Th}$ đặc tính ra với thông số $I_D = 0$. Nằm trong vùng này, IGBT ở chế độ ngắt. Trong đó V_{Th} là điện áp đóng của MOSFET

- **Triode mode or Linear Active - Vùng tích cực:** $V_{CE} < V_{GE} - V_{Th}$; $V_{GE} > V_{Th}$ là vùng mà IGBT dẫn, dòng điện chạy từ cổng Drain đến cổng Source. Dòng I_C tỷ lệ với điện áp V_{CE} . Dòng điện I_C lớn và điện áp C-E nhỏ, IGBT hoạt động như khóa đóng ngắt.

- **Saturation - Vùng bão hòa:** $V_{CE} > V_{GE} - V_{Th}$; $V_{GE} > V_{Th}$ Dòng điện I_C hầu như không đổi khi điện áp V_{CE} tăng và IGBT hoạt động như một khâu khuếch đại.

IGBT trong DTCS chỉ sử dụng hai trạng thái **Triode mode** và **Cutoff mode**

- Để ngắt IGBT, cực G được nối tắt với cổng E làm cho dòng điện trong transistor p-n-p ngưng. Dòng I_C đột ngột giảm nguyên nhân là vì kênh điện tử bị gỡ bỏ, đồng thời hạt điện tích dương dư thừa trong vùng n-khuếch tán bị suy giảm vì kết hợp lại với điện tử.

d. Các thông số cơ bản IGBT

- IGBT kết hợp những ưu điểm của MOSFET và BJT.

- Ưu điểm của IGBT là khả năng đóng ngắt nhanh, làm nó được sử dụng trong các bộ biến đổi điều chế độ rộng xung tần số cao. IGBT hiện chiếm vị trí quan trọng trong công nghiệp với hoạt động trong phạm vi công suất đến 10MW hoặc cao hơn nữa.

- Công nghệ chế tạo IGBT phát triển tăng nhanh công suất của IGBT đã giúp nó thay thế dần GTO trong một số ứng dụng công suất lớn. Điều này còn dẫn đến các cải tiến hơn nữa công nghệ của GTO và tạo nên các dạng cải tiến của nó như MTO, ETO và IGCT.

- Giống như MOSFET, linh kiện IGBT có điện trở mạch công lớn làm hạn chế công suất tổn hao khi đóng và ngắt. Giống như BJT, linh kiện IGBT có độ sụt áp khi dẫn điện thấp ($\sim 2 \rightarrow 3V$; 1000V định mức) nhưng cao hơn so với GTO. Khả năng chịu áp khóa tuy cao nhưng thấp hơn so với các thyristor. IGBT có thể làm việc với dòng điện lớn. Tương tự như GTO, transistor IGBT có khả năng chịu áp ngược cao.

- So với thyristor, thời gian đáp ứng đóng và ngắt IGBT rất nhanh, khoảng một vài μs và khả năng chịu tải đạt đến mức điện áp vài ngàn Volt (6kV) và dòng điện vài ngàn Amper.

- Khả năng đóng cắt nhanh đến 100kHz

- Áp định mức đến 6.3 kV

- Dòng định mức đến 2,4 kA

- Điện trở linh kiện khi dẫn đến $50m\Omega$.

- Ứng dụng cho bộ biến đổi có công suất lớn đến 10MW

- Có khả năng chịu áp ngược cao.

- Sụt áp thấp 2-3V với áp định mức 1000V.

e.Modul IGBT thông minh (Intelligent Power Modul): được chế tạo bởi công nghệ tích hợp cao. Trên modul chứa đựng phần tử IGBT, mạch kích lái, mạch bảo vệ, cảm biến dòng điện. Các modul này đạt độ tin cậy rất cao.



f. Các trạng thái đóng ngắt.

- $U_{CE} > 0, U_{GE} > 0$: IGBT đóng

- $U_{GE} \leq 0$: IGBT ngắt

g. Mạch bảo vệ: IGBT có khả năng hoạt động tốt *không cần đến mạch bảo vệ*. Trong trường hợp đặc biệt, có thể sử dụng mạch bảo vệ của MOSFET áp dụng cho IGBT

h. Mạch kích. Mạch kích IGBT được thiết kế tương tự như mạch kích cho MOSFET. Do giá thành IGBT cao, và đặc biệt cho công suất lớn, mạch kích lái IGBT được chế tạo dưới dạng IC công nghiệp. Các IC này có khả năng tự bảo vệ chống quá tải, ngắn mạch, được chế tạo tích hợp dạng modul riêng (1,2,4,6 driver) hoặc tích hợp trên cả modul bán dẫn (hình thành dạng complex (bao gồm mạch lái, IGBT và mạch bảo vệ)

Bảng 1.3 Các thông số đặc trưng của IGBT

Loại	Điện áp định mức lớn nhất	Dòng trung bình định mức	V_{TM}	t_{on} (đặc trưng)
Linh kiện rời				
HGTG32N60E2	600V	32A	2.4V	0.62 μs
HGTG30N120D2	1200V	30A	3.2V	0.58 μs
Linh kiện dạng module				
CM400HA-12E	600V	400A	2.7V	0.3 μs
CM300HA-24E	1200V	300A	2.7V	0.3 μs
Module áp thấp				
	30V	60A	0.48V	
	45V	440A	0.69V	
	150V	30A	1.19V	