

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

HISTORIQUE DE L' ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	2
LES FAMILLES DE SEMI-CONDUCTEURS DE PUISSANCE	2
1. LA DIODE	2
2. LE THYRISTOR	3
3. LE TRIAC	3
4. LE TRANSISTOR DE PUISSANCE	4
5. LE DARLINGTON	4
6. LE MOS DE PUISSANCE - MOSFET	4
7. LA NOTION DE BIPMOS	4
8. LE TRANSISTOR IGBT	5
9. LE THYRISTOR GTO (Gate turn off Thyristor)	5
PRESENTATION GENERALE DE L 'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE 5	
REGROUPEMENT DES DIFFERENTS TYPES DE CONVERTISSEURS STATIQUES	6
EXEMPLES D'UTILISATION DES CONVERTISSEURS STATIQUES 6	
A partir des réseaux alternatifs :.....	6
A partir d'une source continue :	7
RAPPELS DU FONCTIONNEMENT DES PRINCIPAUX COMPOSANTS D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE	7
Les diodes :	8
Les thyristors :	9
Les triacs :	12
Les transistors bipolaires de puissance :	13
Les transistors MOS de puissance :	16
REFROIDISSEMENT DES COMPOSANTS	17

HISTORIQUE DE L' ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

1. ANNEES 50

- Tube à gaz • Thyratrons • Redresseurs à vapeur de Hg

2. ANNEES 60

- Diodes • Thyristors

Intérêts : Bonne fiabilité , dimensions réduites, insensibilités aux vibrations mécaniques et aux chocs

Apparitions des semi-conducteurs dans les convertisseurs statiques :

Hacheurs -Redresseurs -Onduleurs -Cycloconvertisseurs -Commutateurs

3. ANNEES 70 -72

Transistors bipolaires de puissance

Intérêts : Commutation à haute fréquence (diminution en poids et en volume de tous les éléments de filtrages suppression des systèmes d'extinction

4. ANNEES 75 A NOS JOURS :

Transistors à effet de champ

MOS VMOS TMOS HEXFET SIPMOS GTO (Gate Turn Off) IGBT

Avantage : Se rapproche de l'interrupteur unidirectionnel parfait .

LES FAMILLES DE SEMI-CONDUCTEURS DE PUISSANCE

Par fonction nous retrouverons les semi-conducteurs non contrôlés, c' est à-dire les diodes, les semi-conducteurs contrôlés sans commande de blocage, ce sont les thyristors et les triacs, enfin, les semi-conducteurs avec commande de blocage, ce sont les transistors de puissance, dits transistors haute tension les darlington qui sont des transistors doubles et les thyristors GTO (Gate Turn Off Thyristors).

1. LA DIODE

Le semi-conducteur de base, élémentaire, aussi la diode. Elle peut travailler seule, par deux ou par quatre, être associée à un transistor ou à un thyristor. C'est une jonction semi-conductrice simple qui se bloque lorsqu'on inverse le courant a ses bornes, rapidement pour les diodes rapides, plus lentement pour les autres.

Lorsque la tension aux bornes de la diode est inversée elle ne se bloque pas instantanément, pendant un certain temps, le temps de recouvrement, elle laisse passer un courant inverse. En électronique de puissance, ce temps de recouvrement doit conduire a l'état bloqué avant l'inversion de la polarité suivante. Les caractéristiques de la diode sont le résultat d'un compromis entre la chute de tension la rapidité et la tenue en tension inverse.

De 1 à 7000 ampères, sous 1200 volts. La famille des diodes est vaste comme d'ailleurs les applications possibles:

- commande de postes de soudure à l'arc
- chargeurs de batteries
- alimentations d'installations de raffinage de métaux par électrolyse,
- redressement dans les alimentations à courant continu de la traction ferroviaire
- commande de moteurs triphasés ou d'alternateurs
- comme diode de roue libre, d'écrapage, d'antisaturation, de protection, etc. la diode peut travailler avec un autre semi-conducteur. Sa rapidité doit alors être celle de ce semi-conducteur envers lequel elle joue le rôle d'un commutateur ou d'une protection.

2. LE THYRISTOR

La famille suivante de semi-conducteurs utilisés en électronique de puissance est celle des thyristors. Le premier est le SCR (Silicon Controlled Rectifier), c'est un dispositif à trois jonctions dont on peut déclencher la conduction.

Un thyristor conduit lorsqu'on injecte une impulsion positive sur sa gâchette et que son anode est positive. Cet amorçage exécuté, le courant se maintient et n'est débloqué que par une commande extérieure. Composant classique, bien connu, le thyristor travaille de 500 à 7000 volts avec des puissances pouvant atteindre ou dépasser largement le mégawatt. Son domaine d'action est essentiellement celui des applications où les caractéristiques des tenues en tension doivent être symétriques:

balayage TV – onduleurs - commandes des moteurs triphasés - convertisseurs d'énergie.

3. LE TRIAC

Dérivé du thyristor, le TRIAC est un thyristor bidirectionnel, c'est un semi-conducteur à 3 électrodes, dont une de commande, la gâchette et deux de conduction principale. Il peut passer d'un état bloqué à un régime conducteur dans les deux sens de polarisation (quadrants I et III) et repasser à l'état bloqué par inversion de tension ou par diminution du courant au-dessous de la valeur du courant de maintien.

Le triac est donc la version bidirectionnelle du thyristor. on peut le comparer à l'association en antiparallèle de deux thyristors. Cependant, par comparaison à un schéma à deux thyristors, où la commande de gâchette ne peut se faire que par un transformateur d'impulsions, le triac bénéficie des trois avantages suivants:

- le fait qu'il n'existe qu'une électrode de déclenchement
- le circuit de commande simplifié
- le dispositif peut basculer à l'état passant quelles que soient les polarités de la gâchette ou de l'anode, le déclenchement s'effectuant dans les quadrants I et III.

Les applications des triacs sont diverses:

- utilisation de circuits à bas niveau pour le déclenchement de circuits logiques ou de petits transistors de signaux
- le pilotage de triacs standard par un triac sensible de faible puissance
- la possibilité de commander un triac par un composant à faible dissipation comme une photorésistance
- l'utilisation du triac comme interrupteur statique pour le contrôle de lumière, la régulation de chauffage, la commande du primaire de transformateur, la commande de petits moteurs et d'électrovannes
- l'utilisation pour la commande en angle de phase: gradateurs de lumière, contrôle de résistances chauffantes, variation de vitesse pour moteurs universels et petits moteurs à induction des matériels d'électroménager
- chargeurs de batterie et soudure.

4. LE TRANSISTOR DE PUISSANCE

Le transistor de puissance bipolaire est le premier des semi-conducteurs de puissance contrôlés avec commande de blocage.

C'est un interrupteur bloquable à semi-conducteur. En moyenne puissance il est, aujourd'hui, le dispositif le plus couramment employé en conversion d'énergie. Il fonctionne à des fréquences beaucoup plus élevées qu'un thyristor et est beaucoup plus facile à mettre en oeuvre.

Sa tenue en tension est caractérisée par deux paramètres: la tension qu'il peut tenir à l'état bloqué, paramètre qui définit la tension maximale appliquée à l'aide d'un réseau d'aide à la commutation et la tension qu'il peut supporter en régime dynamique pendant le blocage lorsqu'il commute son courant nominal. Ce paramètre permet de définir la tension que peut supporter le transistor lorsqu'il est bloqué sans réseau d'aide à la commutation sur un circuit hacheur.

Une application particulièrement intéressante des transistors de puissance est la réalisation de hacheurs fonctionnant directement à partir du réseau 380/ 420 volts redressé.

5. LE DARLINGTON

Une évolution du transistor de puissance bipolaire est le darlington. Un darlington se compose de deux ou trois transistors bipolaires. l'un pilotant l'autre et assurant ainsi un gain élevé ainsi qu'une augmentation de la puissance commutée.

Le darlington est bien adapté aux équipements qui fonctionnent à des fréquences élevées tels que les Convertisseurs continu-continu des chargeurs de batterie, les alimentations à découpage les postes de soudure. le chauffage par induction.

On parlera de montage darlington si les deux ou trois transistors sont montés en hybride, de transistor darlington s'il s'agit d'une structure monolithique.

6. LE MOS DE PUISSANCE - MOSFET

Le transistor MOS de puissance est un transistor à effet de champ en technologie MOS. Soit, schématiquement, une résistance variable commandée par une tension, d'où l'absence d'effet redresseur lorsqu'il conduit.

Comparé au bipolaire le mosfet présente de nombreux avantages: impédance d'entrée qui autorise une commande sans fournir ni courant, ni puissance; vitesse de commutation dix fois plus le, il fonctionne à 250 kHz sans difficulté. Les équipements sont moins lourds, donc moins encombrants.

Au chapitre des inconvénients, le mosfet présente des tensions de déchet plus fortes et il utilise plus de silicium que le transistor bipolaire.

7. LA NOTION DE BIPMOS

À la notion "tout bipolaire" ou "tout MOS" se substitue une notion destinée à associer les qualités propres aux deux technologies: la solution BIPMOS.

Celle-ci allie les avantages du transistor MOS commande en tension à ceux du transistor bipolaire qui présente un faible coût allié à une faible chute de tension en état de conduction.

L'intérêt de cette technologie est une grande impédance d'entrée et un temps de commutation faible. L'apparition de ce nouveau type de semi-conducteur de puissance pourrait répondre au besoin des commandes de moteurs asynchrones à variateurs de vitesse électronique pour l'électroménager.

Appartiennent ou sont proches des techniques BIP MOS des semi-conducteurs comme l'IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de GENERAL ELECTRIC, structure où deux transistors MOS commandent un transistor bipolaire.

8. LE TRANSISTOR IGBT

Ce transistor a l'avantage , par rapport au transistor bipolaire , de pouvoir être commandé en tension , ce qui simplifie considérablement leur alimentation .

Il réunit les avantages des deux technologies : **bipolaire et mosfet** .

L'IGBT fonctionne à des faibles tensions VCE et avec des densités de courant très supérieures (20 fois et plus) à celle d'un mosfet équivalent .La résistance de conduction est plus faible , ce qui destine l'IGBT plus particulièrement aux applications hautes tensions (500V à 1000 V)

Les domaines d'applications sont :

- Techniques d'entrainement de moteur : ponts redresseurs controlés , hacheurs pour moteurs et servomoteurs à courant continu , onduleurs pour moteurs asynchrone triphasé , onduleurs pour moteurs sans balais , utilisés en robotique par exemple .
- Alimentations de puissance : les alimentations secourues , les convertisseurs DC/DC , les générateurs de courant , les chargeurs de batterie.
- Générateurs hautes fréquence : les générateurs ultrasons , les générateurs pour le chauffage à induction , les alimentations pour rayons X dans le domaine médical .

9. LE THYRISTOR GTO (Gate turn off Thyristor)

Le GTO est un semi-conducteur bistable, destiné au contrôle unidirectionnel. Il comprend trois jonctions. Comme le thyristor, il supporte en blocage des tensions directes élevées (jusqu'à 4500 volts). Il fonctionne a des fréquences de commutation supérieures à 25 kHz.

Commandé par un signal de gâchette d'une certaine polarité, il est éteint par annulation du courant principal. mais, à l'inverse du thyristor il peut être bloqué par inversion de la tension de gâchette. Le générateur de commande doit donc pouvoir délivrer des impulsions positives et négatives. En polarisation inverse il se comporte comme une simple résistance. Il faut lui connecter une diode en Sri, si cette tenue en tension négative est nécessaire.

Le GTO, est un composant adapté aux convertisseurs fonctionnant a partir d'une tension d'alimentation élevée telle que les commandes des moteurs en traction électrique ou les éléments alimentés en tension continue.

En électrotechnique de très forte puissance. c'est-à-dire au-dessus de 30 kW le GTO sera moins coûteux même s'il lui faut des commandes et des réseaux d'aide à la commutation plus complexes, il demande pour une puissance commutée donnée moins de silicium qu'un darlington.

PRESENTATION GENERALE DE L 'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Définitions

L'électronique de puissance est une électronique de commutation

L'électronique de puissance est la technique des modifications de la présentation de l'énergie électrique à l'aide d'interrupteurs.

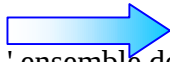
Le composant de base est un interrupteur qui fonctionne par **tout ou rien**.

Etat passant



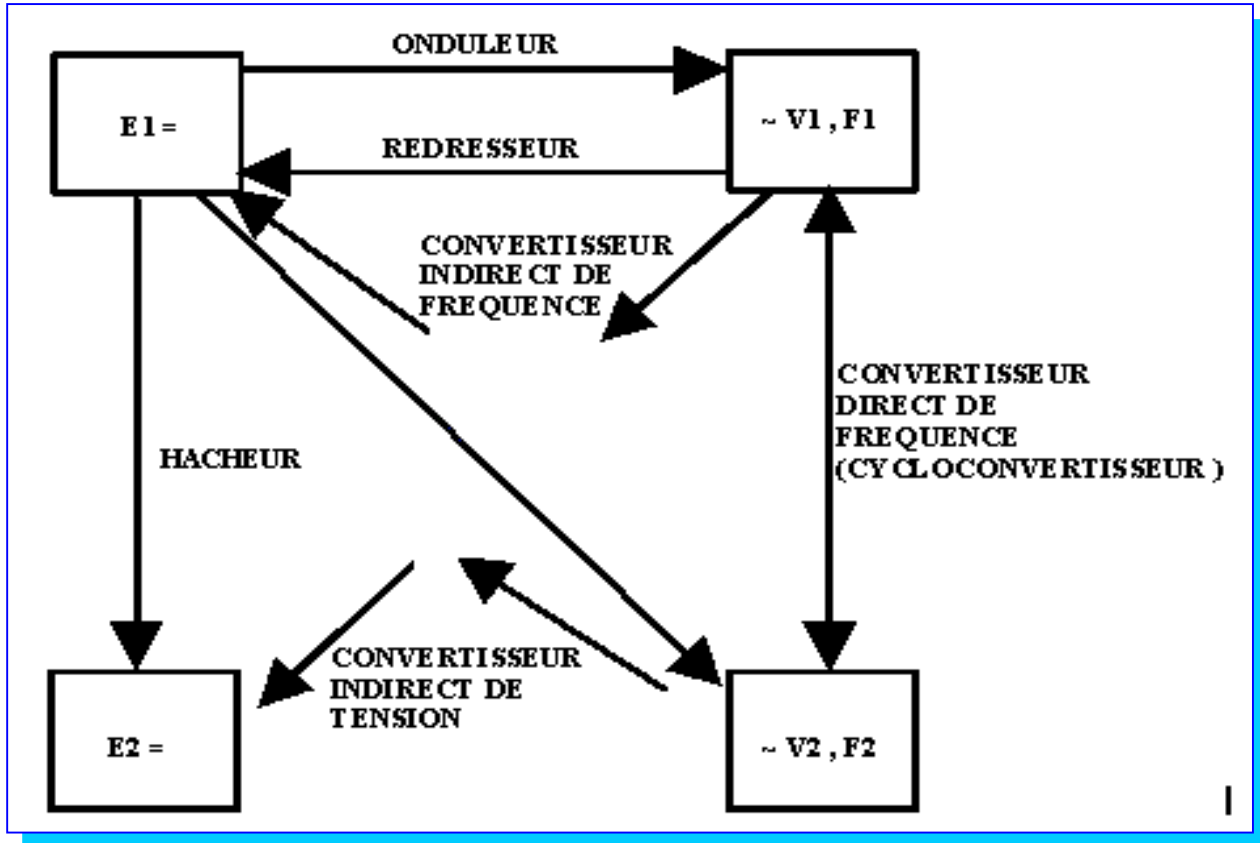
Configurations différentes

Etat bloqué



L'ensemble des éléments permettant une fonction ou une transformation de l'énergie électrique se nomme **convertisseur statique**.

REGROUPEMENT DES DIFFERENTS TYPES DE CONVERTISSEURS STATIQUES



Le réseau est alternatif , la machine travaille en alternatif à une autre tension : on utilisera un **transformateur** pour réaliser l'adaptation .

Le réseau est alternatif , la machine travaille en continu : on prévoiera un **redresseur** .

Le réseau est continu , la machine travaille avec un courant continu : un **hacheur** assurera l'adaptation .

Le réseau est continu , la machine travaille en alternatif : on utilisera un **onduleur** .

EXEMPLES D'UTILISATION DES CONVERTISSEURS STATIQUES

A partir des réseaux alternatifs :

- Chargeur de batteries
- Excitation des machines tournantes (turbo- alternateur)
- Contrôle de vitesse des machines à courant continu (jusqu'à 4 MW)
- Alimentation d'électro-aimants en physique des hautes énergies

Interconnexion des réseaux haute tension

Alimentation à fréquence et tension variables des machines à courant alternatif

A partir d'une source continue :

Alimentation continue à découpages

Contrôle de vitesse et de couple des machines à courant continu en traction électrique 5 MW

Alimentation de secours et de sécurité

Alimentation en haute fréquence (fours à induction , ozoneurs ...)

Alimentation à fréquence et tension variables de machines à courant alternatif .

RAPPELS DU FONCTIONNEMENT DES PRINCIPAUX COMPOSANTS D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

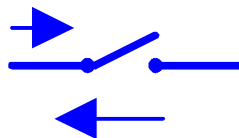
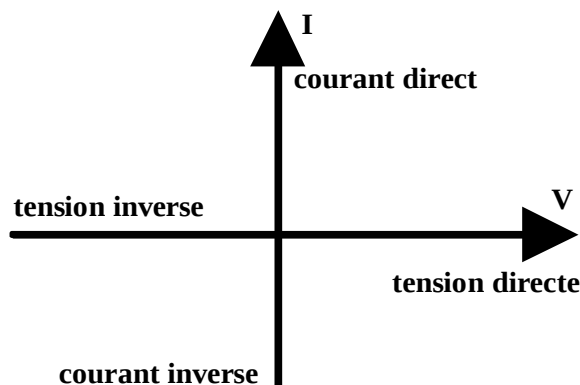
Généralités :

Le fonctionnement des convertisseurs statiques de puissance est basé sur la commutation de courants entre mailles adjacentes de circuits électriques .

Exemple :



Elément de base : **l' interrupteur**



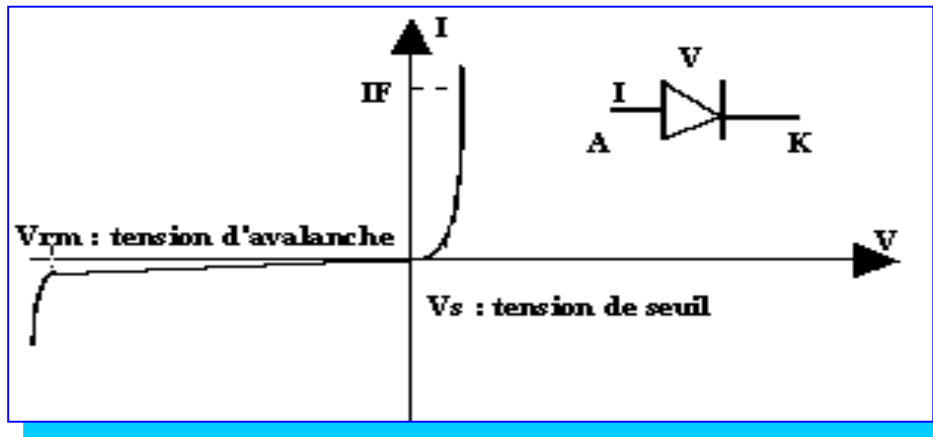
Interrupteur ouvert : courant dans le composant négligeable

Interrupteur fermé : tension aux bornes du composant très faible

Nota : Dans les convertisseurs , les composants actifs peuvent être utilisés en parallèle ou en série

Les diodes :

Une diode est une jonction PN de semi-conducteurs : élément unidirectionnel



Interrupteur statique unidirectionnel dont l'ouverture ou la fermeture ne dépend que des conditions électriques du circuit dans lequel il est placé :

Fermeture : apparition d'un potentiel positif de l'anode par rapport à la cathode et entrée en conduction .

Ouverture : passage par zéro du courant et application d'un potentiel négatif sur l'anode .

Valeurs limites les plus usuelles :

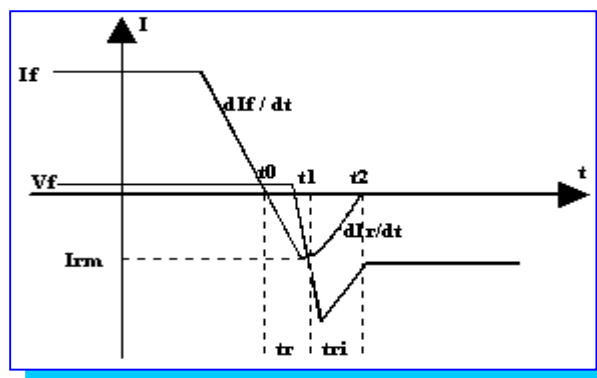
I_f : courant direct continu maximal
 I_o : courant moyen redressé maximal
 I_{frm} : courant direct de pointe répétitif
 I_{fsm} : courant direct de pointe de surcharge
 I_r : courant inverse

V_r : tension inverse continue
 V_{rm} : tension inverse de crête
 V_{rrm} : tension inverse de crête répétitive
 V_{fm} : chute de tension directe

Caractéristiques dynamiques :

Blocage

Définition

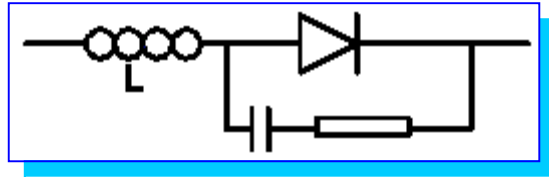


Le blocage d'une diode se caractérise par l'annulation du courant direct , puis l'apparition d'une tension négative à ses bornes .

Le paramètre important : le temps de recouvrement

$$t_{off} = t_r + t_{ri}$$

L'amplitude de la surtension inverse dépend essentiellement du di/dt et de l'inductance du circuit extérieur . Pour diminuer cet effet , on place un circuit RC aux bornes de la diode .



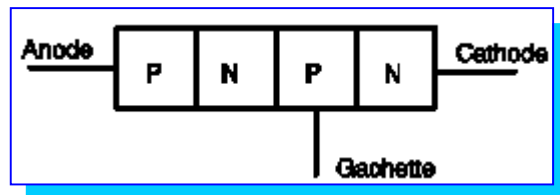
Amorçage : temps d'établissement : 100 μ s à 1 μ s

Les thyristors :

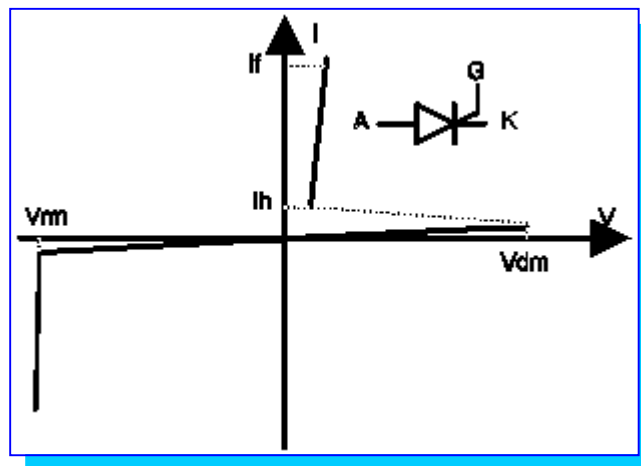
Interrupteur statique unidirectionnel dont la fermeture peut être contrôlée mais dont l'ouverture ne dépend que du circuit extérieur .

Fermeture : existence d'un potentiel positif sur l'anode et envoi d'une impulsion de courant sur la gâchette .

Ouverture : identique à celle d'une diode .



Caractéristique statique :



Si $V > V_{dm}$: amorçage par avalanche

Si $V < V_{dm}$: amorçage par la gâchette

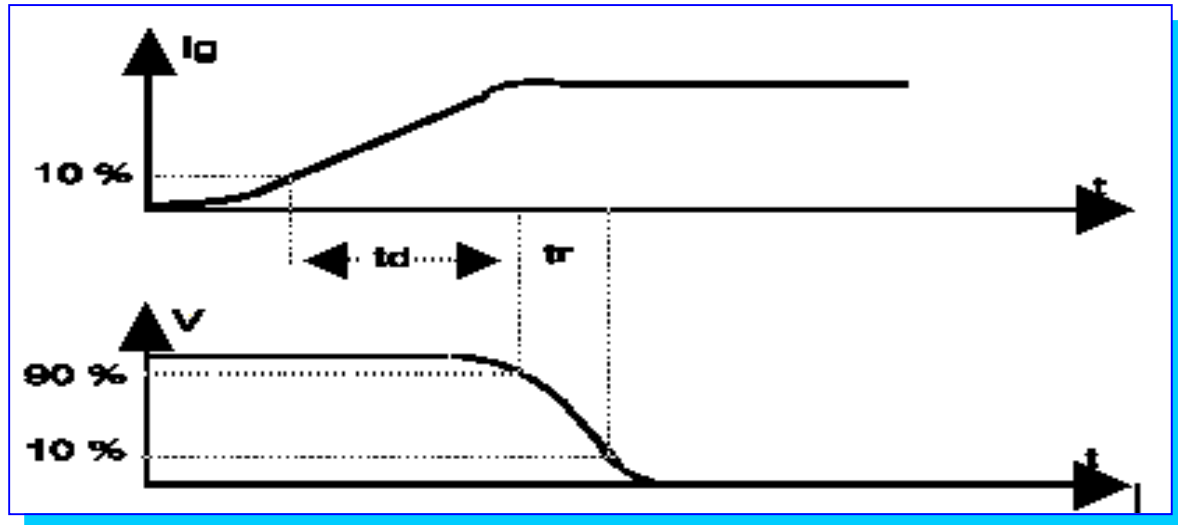
Le thyristor se bloque par diminution du courant i au dessous de i_m (i_h) avec i_h = courant de maintien du thyristor

La chute de tension directe : $V_{ak} = 1 \text{ à } 3 \text{ V}$

L'extinction du thyristor n'est pas contrôlable .

Caractéristiques dynamiques

Amorçage :



t_d : temps de retard à la croissance commandée par la gâchette

t_r : temps à la croissance commandée par la gâchette

t_{gt} : somme des 2 précédents de 0,5 à 1 μs pour des thyristors " faible courant " , il peut atteindre 5 μs pour les gros thyristors .

Paramètres principaux :

durée d' amorçage

Amplitude et pente de l'impulsion de gâchette

Vitesse d'établissement du courant d'anode

DANGER SI dI_a / dt AUGMENTE : BOUM

Précautions à l' amorçage :

Attaque de la gâchette en courant

$i_g \gg i_{gm}$

$d i_g / dt$ très élevée

durée de l'impulsion suffisante $i_{impuls.} > i_{maintien}$

limiter $d i / dt$ par une inductance

Blocage :

dépend du circuit extérieur :

extinction du courant

application d'une tension inverse

t_q : temps de recouvrement dépend :

courant initial et de sa croissance

de la tension inverse appliquée

de la vitesse de la croissance de la tension réappliquée

de la température

t_r : temps de recouvrement inverse :

(de l'ordre de 10 μs)

Influence du dV/dt :

s'il augmente alors il y a amorçage du thyristor : classique : $200 \text{ V} / \mu\text{s}$ - particulier : $2000 \text{ V} / \mu\text{s}$

Caractéristiques limites principales d'un thyristor :

- ITEFF : courant efficace à l'état passant
- IO : courant moyen à l'état passant
- ITRM : courant de pointe répétitif à l'état passant
- ITSM : courant non répétitif de surcharge à l'état passant
- VDWM : tension directe de crête maxi à l'état bloqué
- VRWM : tension inverse de crête maxi à l'état bloqué
- VRSM : tension inverse de pointe non répétitif
- IGT : courant de gâchette d'amorçage
- IH : courant de maintien
- VTM : chute de tension à l'état passant
- tgt : temps d'amorçage par la gâchette
- tq : temps de désamorçage
- dV/dt : vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué
- dI/dt : vitesse critique de croissance du courant

Exemple de commande de thyristors :

La commande d'amorçage du thyristor se fait en appliquant entre sa gâchette et sa cathode une impulsion de courant positive limitée en puissance .

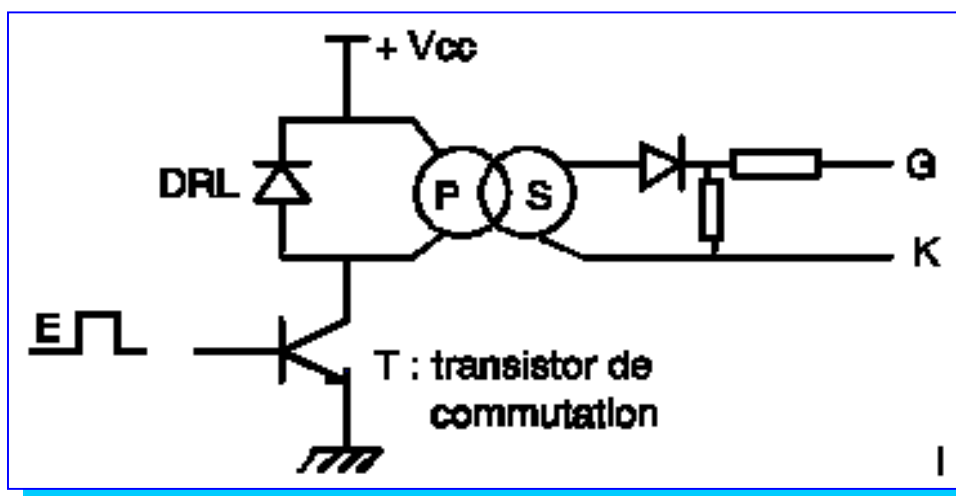
Dans la majorité des cas , la commande doit être isolée de la partie puissance .

2 systèmes d'isolation :

Le transformateur d'impulsions , très utilisé

Le photo-coupleur , peu utilisé , obligation d'avoir une source de tension isolée

Schéma avec transformateur d'impulsions :



Pour amorcer un thyristor dans le temps le plus court, le courant de gachette doit monter rapidement à la valeur maximale permise. La technique des impulsions constitue la meilleure façon d'obtenir ce temps de montée.

Dans ce cas, le circuit d'amorçage génère une impulsion à montée rapide de largeur suffisante pour accorder au courant anode le temps d'atteindre sa valeur d'accrochage.

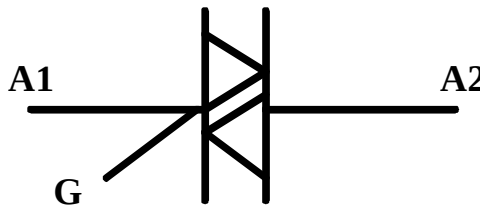
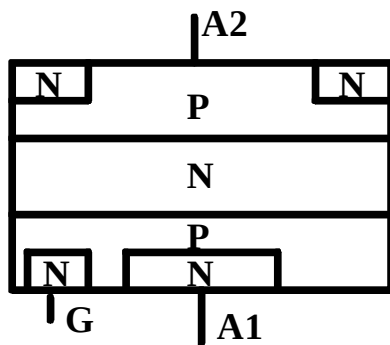
L'avantage d'une impulsion est une puissance dissipée dans la gachette, nettement inférieure à celle d'un courant permanent, et la possibilité de synchroniser l'instant d'amorçage précisément.

Les triacs :

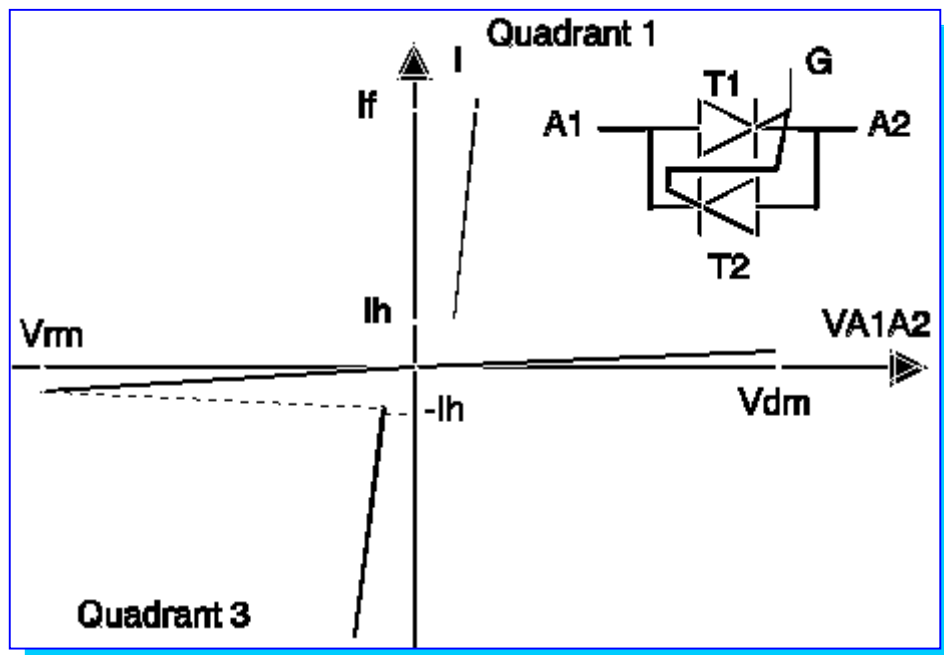
Interrupteur bidirectionnel, équivalent à deux thyristors montés tête bêche.

Structure :

C'est un dispositif à cinq couches et à chaîne PNPN dans chaque sens entre les bornes A1A2 et une gachette G :



Caractéristique :

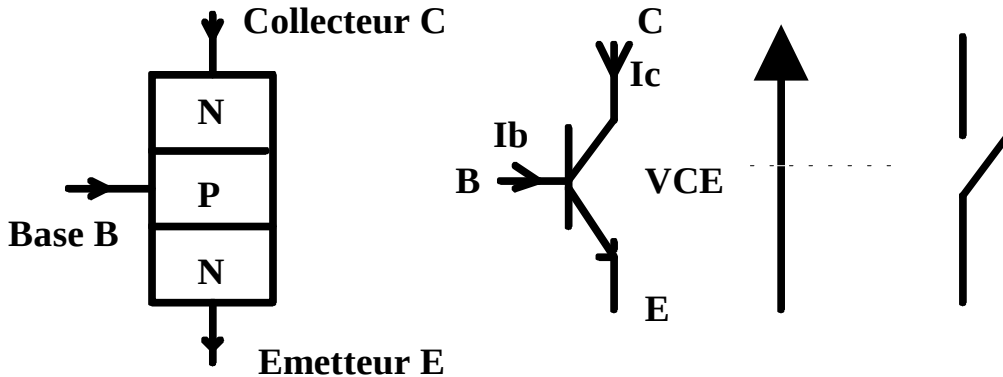


Les transistors bipolaires de puissance :

Interrupteur unidirectionnel dont l'ouverture et la fermeture est commandée par un courant de base I_b .

Structure :

Le transistor est un dispositif à trois couches **NPN** ou **PNP**.

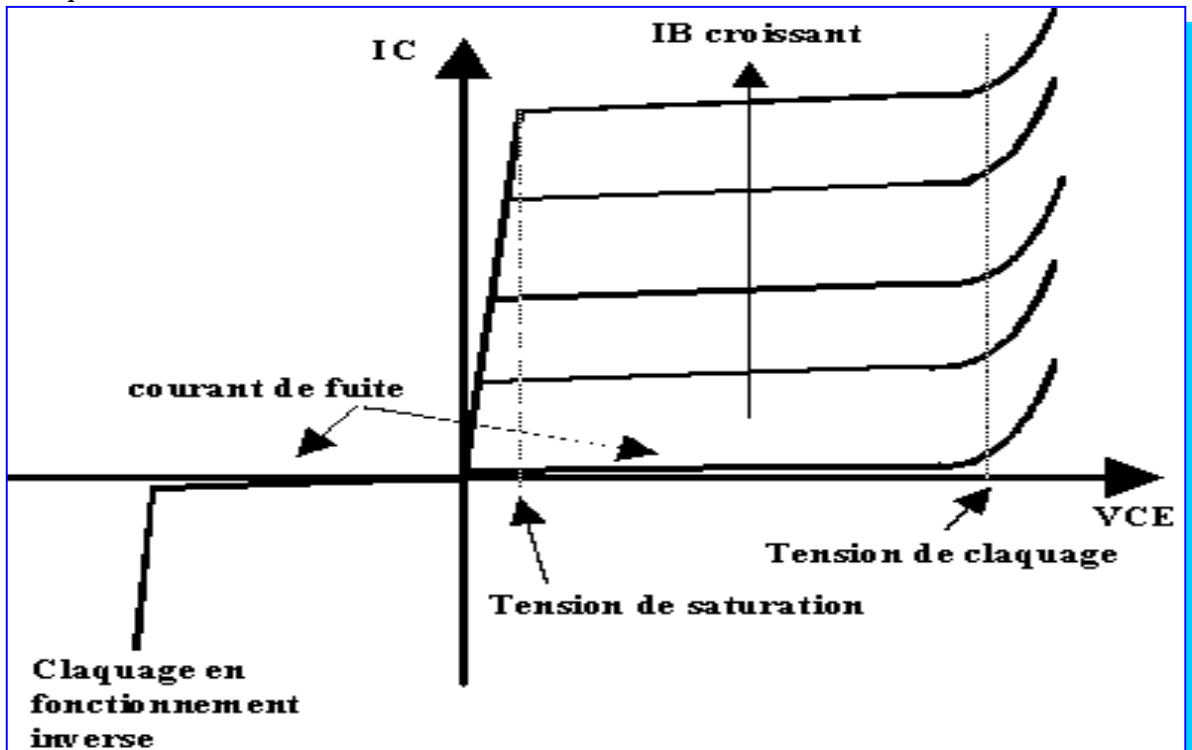


En régime linéaire, le courant collecteur I_c est une fonction du courant de base I_b ; une variation du courant de base donne une variation correspondante amplifiée du courant collecteur pour une tension collecteur émetteur V_{CE} donnée.

Le rapport de ces deux courants est compris généralement entre 10 et 300.

L'inversion de la tension collecteur émetteur provoque le claquage de la jonction base émetteur à une basse tension, environ 15 V. C'est la raison pour laquelle on ne fait pas fonctionner le transistor en inverse, dans les circuits où la tension doit s'inverser, on monte une diode en série avec le transistor.

Caractéristique :



Dans les applications pratiques de puissance , le transistor fonctionne en interrupteur , le courant de base étant nul , il est effectivement ouvert , pour un courant de base qui le met en saturation , il est pratiquement fermé.

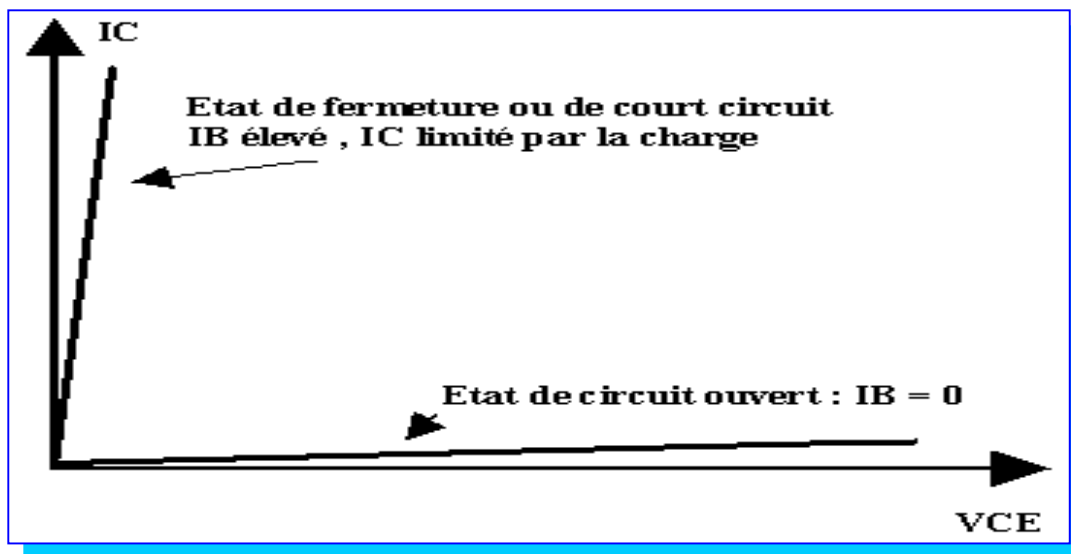
Pour conserver la commande en saturation et éviter une charge de base excessive , le courant de base doit être juste suffisant pour maintenir la saturation.

A la mise en conduction , la valeur initiale du courant de base doit être élevée pour donner une mise en conduction rapide .

Au blocage , le courant de base devrait être réduit à un rythme tel que le courant collecteur puisse suivre , pour éviter un second claquage , on maintien la base sous faible tension inverse à l'état bloqué pour éviter tout courant collecteur.

Etant un interrupteur , la perte en puissance d'un transistor est petite , elle est due au petit courant de fuite en position d'ouverture , à la tension de saturation et au courant collecteur en position de fermeture.

La tension de saturation typique d'un transistor de puissance au silicium est de 1.5V



Les pertes de commutation du transistor peuvent être élevées. Durant la commutation , la tension aux bornes du transistor et le courant dans celui-ci sont simultanément élevés .

Le produit de la tension par le courant et le temps de commutation donne la perte en énergie durant une opération de commutation , les pertes de commutation sont proportionnelles à la fréquence et peuvent devenir prépondérantes.

La surcharge limite d'un transistor de puissance est nettement inférieure à celle d'un thyristor , on peut bloquer un transistor en conduction par commande du courant base alors que la gachette d'un thyristor perd son pouvoir de commande après l'amorçage .

Principaux paramètres influençant le fonctionnement du transistor :

Pendant le blocage :

VCEO : tension supportable par le transistor base ouverte

VCEW : tension collecteur émetteur (base polarisée en inverse) à $I_C = I_{Csat}$

la puissance commutable est $PC = V_{CEW} \cdot I_{Csat}$

V_{CEX} : tension collecteur émetteur (base polarisée en inverse) à $I_C = 0$, tension supportable à $I_C = 0$

Pendant la saturation :

I_{Csat} : courant collecteur nominal

V_{CEsat} : tension collecteur émetteur maximum si $I_C < I_{Csat}$, elle varie entre 0.3 et 1.5 V

I_{Bsat} : courant de base lorsque $I_C = I_{Csat}$

Pendant les commutations :

Le temps de fermeture est décomposé en deux parties :

Le temps de retard à la croissance (t_d) qui sépare les temps de montée des courants de base et de collecteur.

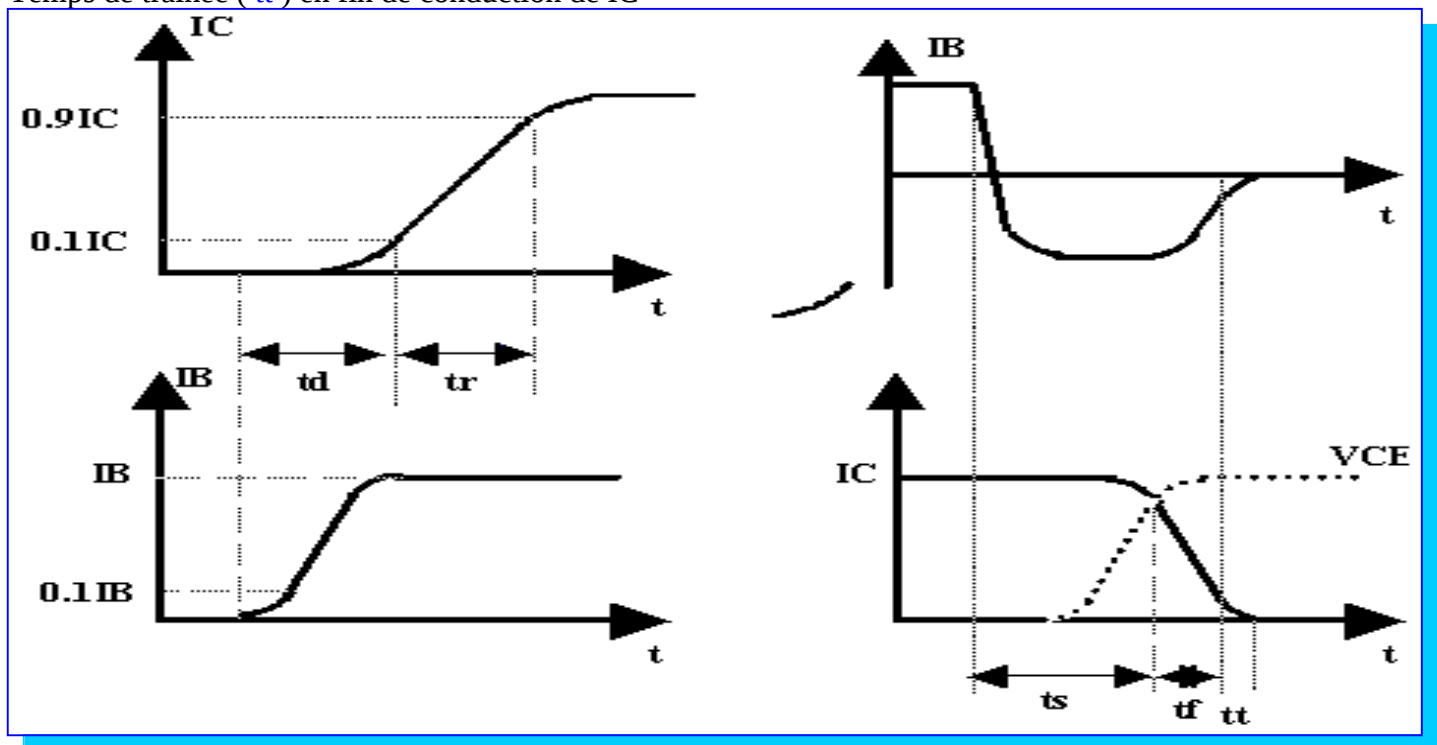
Le temps de croissance (t_r) du courant collecteur .

A l'ouverture :

Temps de retard au blocage (t_s) temps mis par les charges pour s'évacuer (1 à 2 s)lorsque $I_B = 0$.

Temps de descente (t_f) ou temps de décroissance du courant collecteur , il doit être très court pour limiter les pertes .

Temps de trainée (t_t) en fin de conduction de I_C



Pendant un court circuit de la charge :

Si le court circuit qui entraine la désaturation du transistor se produit pour une température inférieure à la température maximum admissible , s' il n'est pas répétitif , il est possible de spécifier une tenue à la surcharge .

Suivant le circuit de commande :

Le circuit de commande est d'une grande importance , il faut donc bien commander le transistor en appliquant les caractéristiques des paramètres émetteur base : $I_{B\text{ sat}}$ et $V_{BE\text{ sat}}$.

Suivant la température :

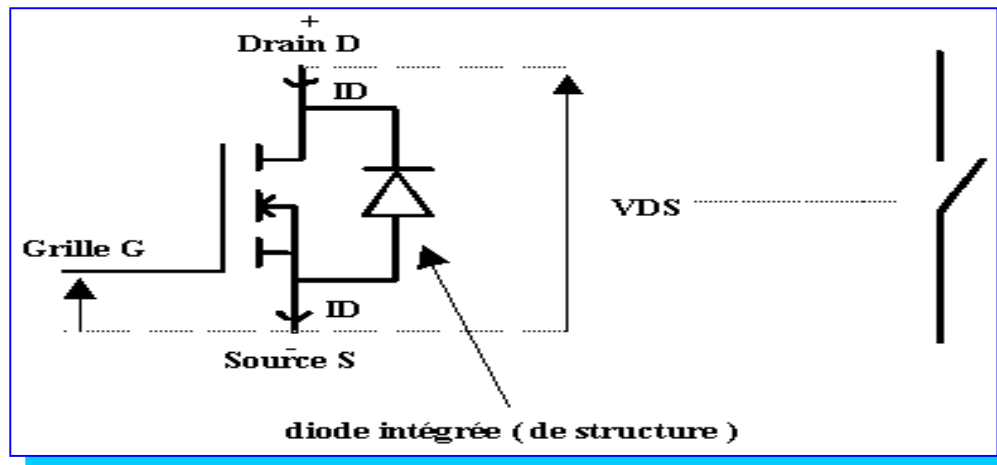
La température de jonction maximale est en générale comprise entre 125 et 200°C , en pratique , on mesure la température du boîtier et on admet que la différence t_{jonction} et $t_{\text{boîtier}}$ est proportionnelle à la puissance dissipée par le transistor

Les transistors MOS de puissance :

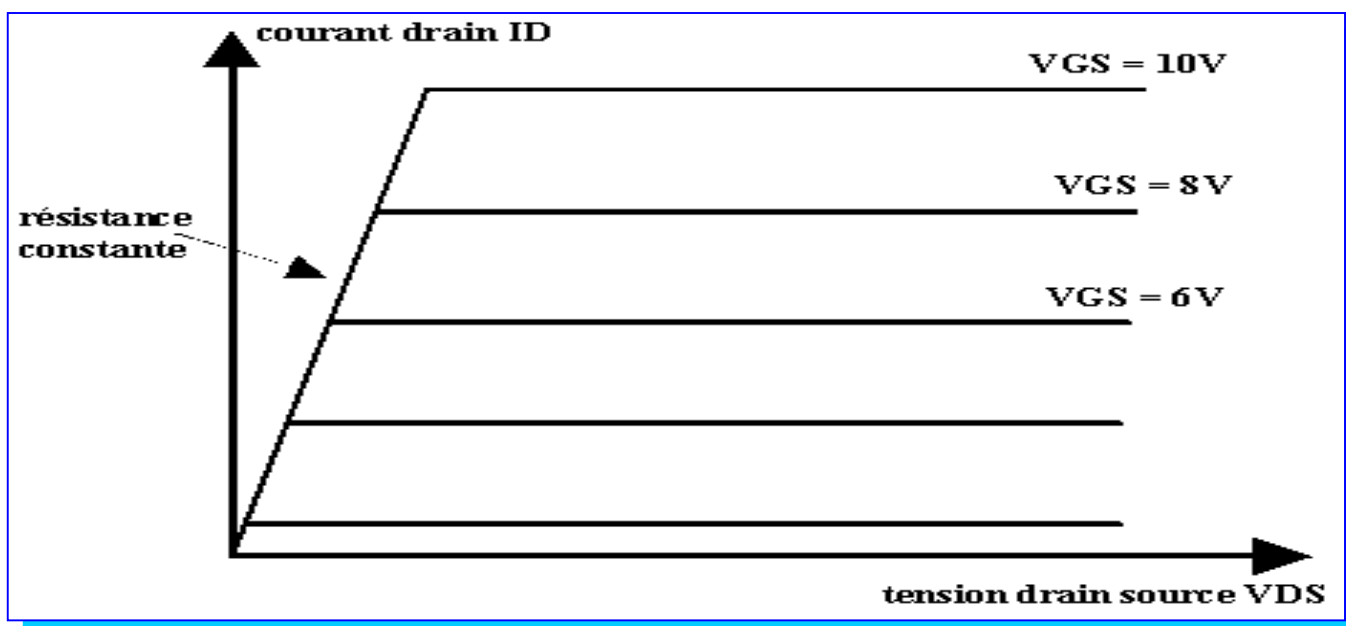
On l'utilise comme interrupteur électronique pour fortes puissances , à la différence du transistor bipolaire qui est commandé en courant , le transistor MOS est commandé en tension.

Les bornes principales sont le drain et la source , le courant drain source étant commandé par la tension grille source .

Structure :



Caractéristique :



Aux très basses tensions drain source , la résistance du transistor MOS est constante , mais aux tensions drain source supérieures , la tension grille source détermine le courant.

Toutefois , dans les applications de puissance , la tension drain source doit être petite pour minimiser les pertes de conduction à l'état passant.

La tension grille est donc réglée à un niveau assez élevé pour que la limite du courant drain soit supérieure au courant de charge , c'est à dire pour que le transistor à l'état de résistance constante.

La résistance à l'état passant d'un transistor MOS est typiquement de 0.1 à 0.5 ohms.

On peut commander directement un transistor MOS de puissance par un circuit micro électronique , les tensions limites de ce transistor sont nettement inférieures à celles d'un thyristor.

Au dessus d'environ 100V , les pertes de conduction sont supérieures à celle du transistor bipolaire et du thyristor , mais les pertes de commutation sont nettement inférieures .

Le montage en parallèle de transistors MOS est relativement simple .

Le courant et la tension admissibles d'un transistor MOS sont inférieurs à ceux des transistors bipolaires et à ceux des thyristors.

REFROIDISSEMENT DES COMPOSANTS

Voici les causes des pertes de puissance dans les dispositifs à semi- conducteurs :

Perte durant la conduction directe . Cette perte égale au produit de la chute de tension directe et du courant de conduction , c'est la cause principale de perte en puissance en fonctionnement à la fréquence du secteur et en fréquence moindre .

- Perte associée due au courant de fuite à l'état bloqué .

- Perte dans le circuit de gachette résultant de l'apport d'énergie par le signal d'amorçage par la gachette , en pratique , l'amorçage par impulsion rend ces pertes négligeables .

- Perte de commutation résultant de l'énergie dissipée par le dispositif durant l'ouverture et la fermeture . Cette perte est importante en cas de fréquence de commutation élevée , elle est proportionnelle à la fréquence.

Les pertes génèrent de la chaleur et échauffent le dispositif jusqu'à ce que la dissipation de chaleur équilibre les pertes . La chaleur générée dans la zone de jonction est transmise au boîtier , puis à un radiateur .

La dissipation de la chaleur par rayonnement est faible en raison du bas niveau d'échauffement admissible du boîtier .

La chaleur est donc surtout transmise par convection dans l'air environnant par un radiateur à ailettes métalliques . S ' il faut des ailettes trop grandes , ou si le niveau de dissipation de chaleur est très élevé , on refroidit le radiateur par circulation d'eau .

La chaleur va de la région la plus chaude à la région la moins chaude , la puissance thermique P transmise est proportionnelle à la différence de température et inversement proportionnelle à la résistance thermique R .

$$P = \frac{T_1 - T_2}{R}$$

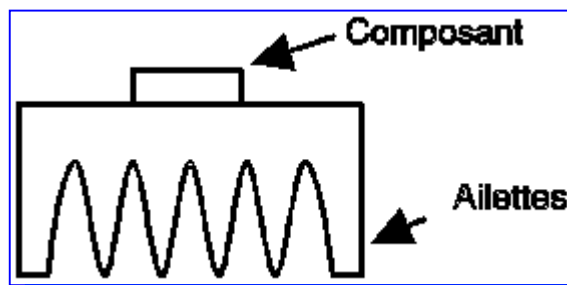
T_1 et T_2 sont respectivement les températures des corps chaud et froid , la puissance est exprimée en watts , la température en $^{\circ}\text{C}$, et la résistance thermique en $^{\circ}\text{C} / \text{W}$.

La chaleur va de la jonction à l'air environnant via le boîtier et le radiateur , la résistance thermique totale égale la somme des résistances thermiques en série , la résistance thermique totale de la jonction à l'air ambiant vaut :

$$R_{ia} = R_{ib} + R_{bh} + R_{ha}$$

R_{jb} , R_{bh} , R_{ha} sont les résistances thermiques de la jonction au boîtier , du boîtier au radiateur , et du radiateur à l'air ambiant .

Radiateur à refroidissement par air :



Cheminement de la chaleur et distribution de la température :

