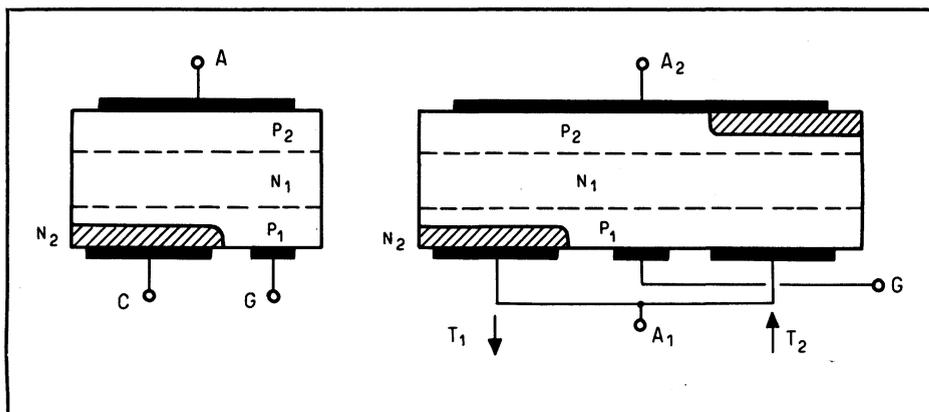


Les triacs sensibles

Dans de nombreuses applications l'utilisateur cherche un triac sensible. Il peut ainsi réaliser un circuit d'amorçage très économique. La réalisation d'un triac sensible résulte d'un compromis et s'obtient au détriment d'autres caractéristiques. Ce type de triac est bien adapté à certaines applications et doit être déconseillé pour d'autres. Un triac sensible peut être amorcé avec un faible courant de commande. Par exemple : le triac BTB 08 400 S spécifié comme suit est un triac sensible :

$$I_{GT} < 10 \text{ mA quadrant I II III IV ;}$$



par contre le triac BTB 08 400 B spécifié comme suit n'est pas un triac sensible :

$$I_{GT} < 50 \text{ mA quadrant I II III}$$

$$I_{GT} < 100 \text{ mA quadrant IV}$$

D'une façon générale un triac sensible a des courants d'amorçage inférieurs à 10 mA.

Comparaison avec les thyristors

Il existe de nombreux thyristors sensibles qui peuvent être amorcés avec des courants très faibles ($I_{GT} < 200 \mu\text{A}$).

Pourquoi une telle différence entre thyristor et triac ?

Le triac est un circuit intégré rassemblant deux thyristors élémentaires montés « tête-bêche » sur la même pastille.

Le thyristor T_1 s'amorce comme un thyristor classique. Pour amorcer T_2 le courant d'amorçage suit un circuit complexe, ce qui en réduit beaucoup le gain. Un triac sensible peut donc être considéré comme l'assemblage de deux thyristors sensibles qui nécessite néanmoins un courant d'amorçage important. Le triac sensible plus facile à amorcer que le triac classique a aussi un courant hypostatique (I) plus faible, mais il a les mêmes inconvénients que les thyristors sensibles, le risque d'amorçage sur parasite et, en plus, une contrainte propre au triac, le risque de réamorçage en $(dv/dt)_c$. Les triacs sensibles ont en effet une tenue en $(dv/dt)_c$ bien plus faible que celles des triacs classiques.

APPLICATIONS

ET

CIRCUITS

Conséquences

Le triac sensible, plus facile à amorcer que le triac ordinaire, doit être réservé aux circuits où : le risque de parasite est faible, le risque de réamorçage en $(dv/dt)_c$ est faible.

L'utilisateur se souviendra (voir plus loin) que la sensibilité au réamorçage augmente considérablement lorsque le courant dans le triac $(di/dt)_c$ décroît vite. Une charge de forte inductance conduit à des $(dv/dt)_c$ élevés, mais on peut s'en protéger avec un réseau RC.

La température de jonction doit être maintenue aussi faible que possible car la sensibilité augmente avec la température. Il est donc nécessaire de bien refroidir les triacs sensibles et éventuellement de les surdimensionner.

Applications des triacs sensibles

(I) ou courant de « maintien » I_H .

CHARGES	REMARQUES	Utilisation conseillée	Utilisation à déconseiller
<p>T1</p>	<p>Se protéger contre les parasites</p> <p>Attention au courant de démarrage</p> <p>Utiliser un circuit RC</p>	<p>Micromoteurs</p> <p>Moteurs alternatifs monophasés $P < 400 \text{ W}$</p>	<p>Moteurs alternatifs $P > 500 \text{ W}$</p> <p>Moteurs universels $P > 200 \text{ W}$</p>
<p>T2</p>	<p>La résistance d'une lampe décroît avec le courant donc $(di/dt)_c$ élevé et risque de réamorçage</p>	<p>Voyants, Lampes de signalisation</p> <p>Résistances chauffantes $I \leq 5 \text{ A}$</p>	<p>Lampes à incandescence $I > 1 \text{ A}$</p>
<p>T3</p>	<p>Se protéger contre les parasites</p> <p>Se protéger contre les dv/dt par un circuit RC</p> <p>Bien amortir le circuit RC pour éviter les surtensions</p>	<p>Electrovannes</p> <p>Relais-contacts $I \leq 4 \text{ A}$</p>	<p>Utilisation sur le primaire d'un transformateur.</p> <p>Utilisation avec un réseau : 400 Hz</p>
<p>Th</p>	<p>Utiliser des triacs série BTA ou BTB indice B ou des "Alternistors"</p>		<p>Ce type de circuit avec un triac sensible et une charge inductive</p>

La commande des thyristors sensibles

Les thyristors sensibles sont construits pour des courants de 0,5 à 8 A et ils sont caractérisés par un faible courant d'amorçage $I_{GT} < 0,5$ mA. Le thyristor sensible peut aussi bien être utilisé comme commutateur que comme élément logique (comparateur, bascule etc.). Ses caractéristiques sont différentes de celles du thyristor de puissance et il ne s'amorce pas de la même façon.

Constitution physique

Tous les thyristors peuvent être considérés comme composés de deux transistors T_1 et T_2 couplés par une réaction positive.

$$I_A \approx \frac{K}{1 - (H_{21})_{T_1} \cdot (H_{21})_{T_2}}$$

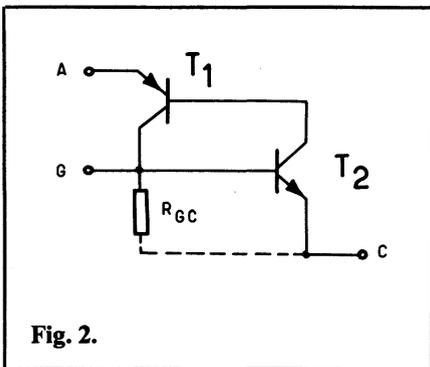


Fig. 2.

A l'état bloqué aucun courant ne traverse les transistors. Les gains (fig. 3) sont suffisamment faibles pour que le produit $(H_{21})_{T_1} \cdot (H_{21})_{T_2}$ soit inférieur à 1. Si l'on injecte un courant de gâchette, le courant passe : à partir d'un certain niveau le produit $(H_{21})_{T_1} \cdot (H_{21})_{T_2}$ devient égal à 1 et le thyristor s'amorce. Sur tous les thyristors de puissance, il existe entre la gâchette et la cathode une résistance intégrée et répartie (courts-circuits d'émetteur) qui stabilise le thyristor. Cette résistance n'existe pas sur les thyristors sensibles. Cette particularité de construction associée aux dimensions de la pastille fait que les thyristors sensibles ont des caractéristiques assez différentes de celles des thyristors classiques.

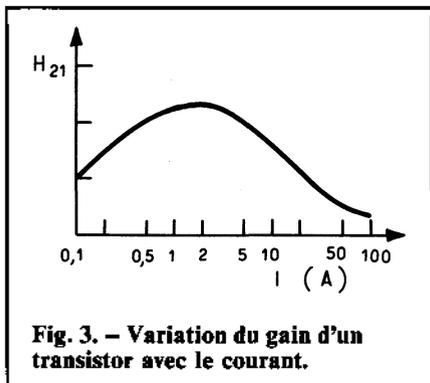


Fig. 3. - Variation du gain d'un transistor avec le courant.

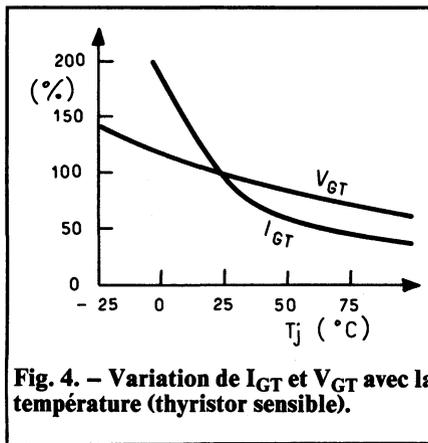


Fig. 4. - Variation de I_{GT} et V_{GT} avec la température (thyristor sensible).

Particularités des thyristors sensibles

Courant d'amorçage I_{GT}

Le courant d'amorçage I_{GT} dépend du gain à faible niveau des transistors qui constituent le thyristor. C'est donc un paramètre qui varie beaucoup avec la température et surtout qui peut présenter une très forte dispersion d'un échantillon à l'autre. Par exemple, pour un thyristor spécifié avec $I_{GT} < 200$ μ A, on peut trouver des courants d'amorçage compris entre 0,1 et 100 μ A.

Tension d'amorçage V_{GT}

La tension d'amorçage V_{GT} est analogue à la tension base-émetteur d'un transistor. C'est un paramètre physiquement bien défini ($0,5 V_{GT} < 0,7$ V) dont la dispersion est faible et qui varie peu avec la température (-2 mV/dégré).

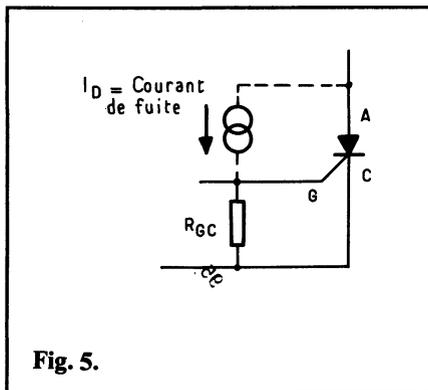


Fig. 5.

Résistance gâchette cathode R_{GC}

L'influence des courants de fuite risque d'amorcer le thyristor dès que la température s'élève. Le constructeur spécifie toujours l'utilisation des thyristors sensibles avec une résistance R_{GC} extérieure qui varie suivant les types entre 1 et 5 k Ω . Pour éviter l'amorçage parasite il faut :

$$R_{GC} \cdot I_D < V_{GT}$$

I_D courant de fuite à chaud

Condensateur de découplage C_{GC}

L'influence du courant qui passe par la capacité parasite C_{AK} de la jonction anode gâchette, risque d'amorcer le thyristor lorsqu'on lui applique brusquement la tension directe. Pour éviter ceci, on peut monter un condensateur C_{GC} entre gâchette et cathode. Pour être sûr d'éviter l'amorçage parasite quel que ce soit le dv/dt il faut :

$$V_D \cdot C_{AG} / C_{GC} < V_{GT}$$

dans la pratique C_{AG} est inférieur à 10 pF, on pourra prendre $C_{GC} = 10$ nF pour 300 V (2 nF pour 100 V).

La présence du condensateur C_{GC} améliore donc considérablement la tenue en dv/dt du thyristor. En plus, ceci découple le circuit gâchette cathode vis-à-vis des parasites extérieurs.

Croissance de courant di/dt

Du fait de ses petites dimensions, un thyristor sensible est très vite amorcé.

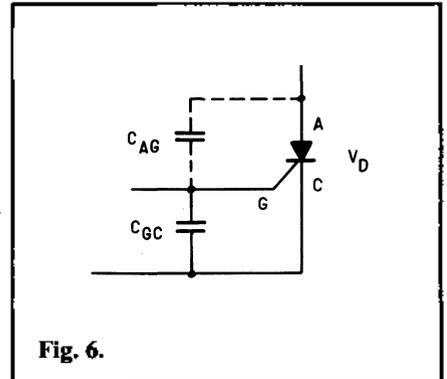


Fig. 6.

Il supporte donc des valeurs élevées du « di/dt ». Par conséquent, si on limite le courant de crête au moment de l'amorçage à une dizaine d'ampères, la commande de gâchette peut être progressive (il est inutile de prévoir un temps de montée très court).

Courant hypostatique I_H

Contrairement à ce qui se passe avec les thyristors de puissance, la résistance R_{GC} branchée entre gâchette et cathode influe fortement sur la valeur du courant hypostatique (ou de maintien) I_H (fig. 7).

Courant d'accrochage I_L

Dans le cas des thyristors sensibles $I_L \leq 1,5 I_H$

Polarisation négative

● Une tension négative $-V_{GT}$ de -1 à -3 V appliquée entre gâchette et cathode améliore la tenue en « dv/dt » mais augmente considérablement le courant hypostatique I_H .

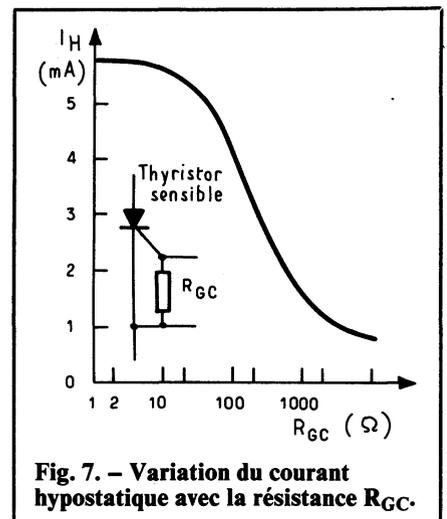


Fig. 7. - Variation du courant hypostatique avec la résistance R_{GC} .

L'amorçage des thyristors

Quelles sont les principales exigences pour bien amorcer un thyristor ?

- Le signal de commande doit amorcer tous les thyristors répondant à la spécification choisie, quelles que soient les conditions extérieures.
- Le thyristor ne doit pas subir de contraintes anormales au moment de l'amorçage.
- Le thyristor doit rester amorcé lorsque le signal de commande disparaît.
- Aucun signal parasite ne doit apparaître pendant les intervalles de temps où le thyristor doit rester bloqué.

Conditions d'amorçage

L'amorçage doit toujours se faire par la gâchette et les conditions d'amorçage sont spécifiées par deux paramètres :

- I_{GT} : valeur minimale du courant nécessaire pour amorcer tous les thyristors (paramètre défini à 25 °C) ;
- V_{GT} : valeur minimale de la tension nécessaire pour amorcer tous les thyristors.

La valeur typique de V_{GT} est voisine de 1,1 V. La dispersion sur ce paramètre est faible et il varie peu avec la température (- 2 mV/°).

Le paramètre I_{GT} présente par contre des dispersions et il augmente notablement lorsque la température diminue. En l'absence de spécification particulière, on pourra utiliser la figure 1 pour connaître la valeur du courant d'amorçage à basse température.

Si les données qui figurent dans des diagrammes d'amorçage sont utiles pour connaître les dispersions des résistances internes gâchette cathode, la définition du circuit d'amorçage doit se faire à partir du paramètre $(I_{GT})_{\theta}$ en tenant compte de V_{GT} , $(I_{GT})_{\theta}$ étant le courant nécessaire pour amorcer le thyristor à la température θ .

Une méthode simple consiste à réaliser, à partir d'une source de tension auxiliaire E_G et d'une résistance série R_{GS} un générateur de courant qui envoie un courant toujours supérieur à $(I_{GT})_{\theta}$.

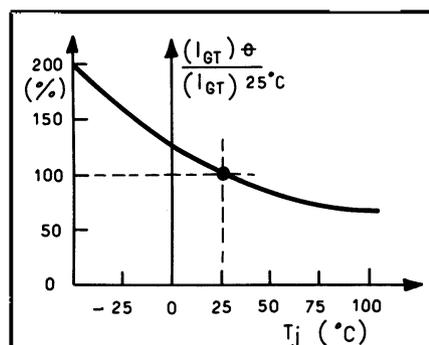


Fig. 11. - Variation du courant de commande I_{GT} et du courant d'accrochage I_L avec la température.

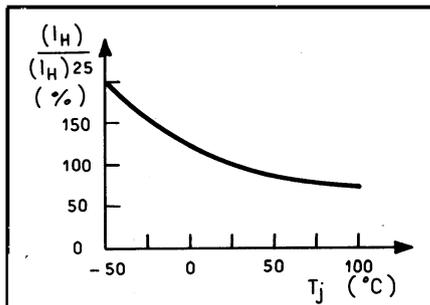


Fig. 8. - Variation de I_H avec la température.

Conclusions

● Un thyristor sensible doit fonctionner avec une résistance extérieure R_{GC} inférieure ou égale à la valeur spécifiée sur les notices.

● Un thyristor sensible s'amorce avec $V_{GT} \approx 0,6$ V. Ce paramètre présente peu de dispersion. Le courant nécessaire pour amorcer le thyristor est :

$$I_{GS} = \frac{0,6}{R_{GC}} + I_{GT} \approx \frac{0,6}{R_{GC}}$$

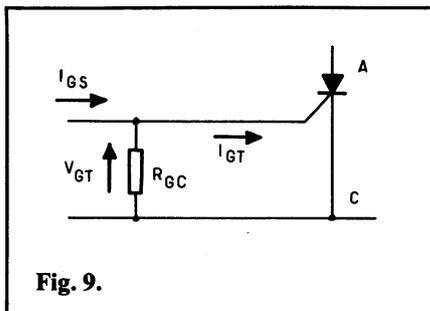


Fig. 9.

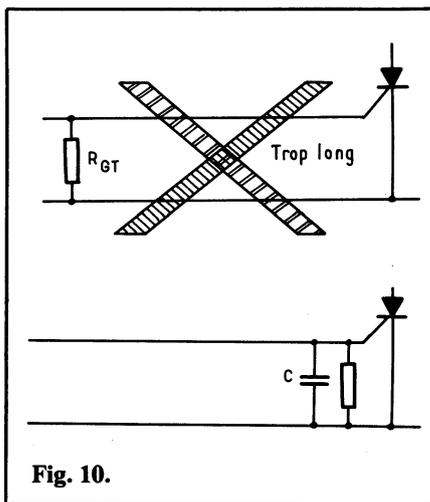


Fig. 10.

● La tenue en « dv/dt » est considérablement améliorée en branchant un condensateur entre gâchette et cathode. Un effet analogue est obtenu avec une faible valeur de R_{GC} .

● Le courant I_{GT} qui pénètre effectivement dans la gâchette peut être très faible (50 à 100 nA). Il est donc indispensable de soigner le câblage pour éviter les amorçages parasites.

● L'utilisateur doit être attentif au fait que le courant hypostatique augmente beaucoup lorsqu'on diminue la résistance R_{GC} .

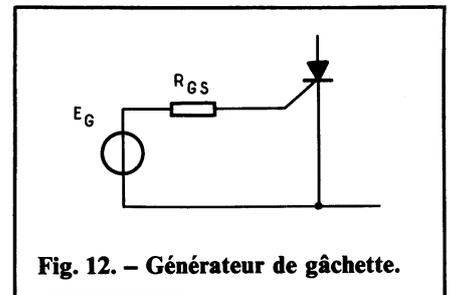


Fig. 12. - Générateur de gâchette.

Contraintes à l'amorçage

Si l'on fait croître lentement le courant de gâchette, on remarque que le thyristor fonctionne d'abord en « transistor » puis il bascule. Lorsque le thyristor commute de la puissance, il est indispensable que la mise en conduction par la gâchette se fasse le plus rapidement possible pour éviter une détérioration par point chaud. Autrement dit, pour qu'un thyristor résiste à une variation rapide di/dt du courant d'anode au moment de l'amorçage, il faut l'amorcer vite (le temps de montée t_{GR} de l'impulsion de courant gâchette doit être faible) et très fort (l'amplitude du courant de gâchette doit être élevée). Dans ce cas, la tension d'amorçage en régime transistor peut être bien plus élevée que la valeur statique V_{GT} définie précédemment. On peut choisir pour E_G (figure 12) une valeur voisine de 20 V.

Stabilité

Un thyristor préalablement conducteur se désamorce lorsque le courant d'anode descend au-dessous de la valeur I_H (courant hypostatique ou courant de maintien). Un thyristor préalablement bloqué ne reste amorcé lorsqu'on supprime le courant de gâchette que si le courant d'anode est supérieur à I_L (courant d'accrochage).

Le constructeur peut donc affirmer que le thyristor restera amorcé, si on ne supprime le courant de gâchette que lorsque le courant d'anode aura dépassé la valeur I_L :

$$I_G < I_{GT} \text{ quand } I > I_L$$

Courant d'accrochage

En l'absence de données précises sur les notices, on pourra utiliser les éléments suivants pour définir les conditions d'amorçage dans le cas des thyristors de faible et moyenne puissance.

● I_H est spécifié (valeur min) sur les notices :

$$I_L < 2 I_H \text{ thyristors ordinaires}$$

$$I_L < 5 I_H \text{ thyristors rapides} \rightarrow$$



- I_H n'est pas spécifié :
 $I_L < 2,5 I_{GT}$ thyristors ordinaires
 $I_L < 5 I_{GT}$ thyristors rapides

Ces valeurs sont indiquées à titre d'ordre de grandeur. Ce ne sont pas des spécifications. Dans le cas où la durée t_{GP} de l'impulsion de commande est inférieure à $10 \mu s$, il faut majorer ces valeurs.

Dans la pratique, il faut faire ensuite une correction de température à l'aide de la figure 11 pour tenir compte du courant d'accrochage $(I_L)_\theta$ à la température de fonctionnement.

Thyristors de forte puissance

Tous les thyristors de forte puissance Thomson-CSF, réalisés dans les boîtiers TO-49, TO-83 et dans les boîtiers de tailles supérieures, sont des « Darlistors », c'est-à-dire des thyristors à amplificateur de gâchette (exception : les thyristors type TKE). Les « Darlistors » diffèrent des thyristors classiques par les éléments suivants :

- La valeur typique de la tension d'amorçage V_{GT} est de 1,5 V et non plus de 1 V.
- Au moment de l'amorçage, le thyristor T_1 (figure 13) conduit d'abord et injecte un courant élevé dans la gâchette G_2 du thyristor principal T_2 . Le potentiel de cathode du thyristor auxiliaire T_1 augmente (et donc celui de sa gâchette) pendant la mise en conduction et du courant peut être réinjecté dans le circuit de commande par G. Il est donc souhaitable d'amorcer le Darlistor à partir d'une tension E_G (figure 12) suffisamment élevée pour éviter des perturbations.
- Le courant d'accrochage I_L ne suit pas, pour ce type de thyristor à amplificateur de gâchette, les lois indiquées plus haut. Il peut atteindre, spécialement pour les thyristors rapides, des valeurs élevées (2 à 3 A).

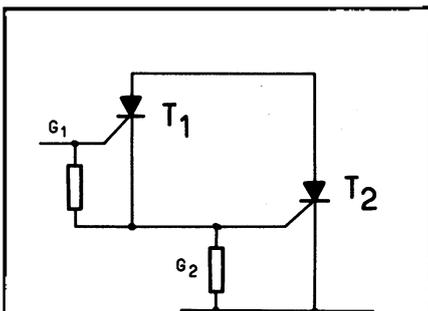


Fig. 13. - Darlistor - Schéma de principe. Le thyristor d'amorçage auxiliaire T_1 , intégré sur la pastille du thyristor principal.

Conditions de non-amorçage

On spécifie généralement une tension gâchette cathode de « non-amorçage » V_{GNT} (de l'ordre de 0,2 V à chaud).

En fait, il est souhaitable d'avoir entre gâchette et cathode une tension nulle ou négative pendant les intervalles de temps où le thyristor doit rester bloqué (car un thyristor soumis à une tension V_{GNT} est sensible au dv/dt).

Dans la pratique, le problème le plus important provient des parasites de régime transitoire. L'utilisateur doit prendre beaucoup de précautions (câblage torsadé, masse soignée, éventuellement montage du transformateur d'impulsion directement à côté de la gâchette, etc.) pour éviter les amorçages parasites. Une polarisation négative de quelques volts entre gâchette et cathode augmente considérablement l'immunité aux parasites et (mais pour certains types de thyristors seulement) la tenue au « dv/dt ».

Conclusion

Une « bonne » commande de gâchette doit répondre aux spécifications ci-dessous :

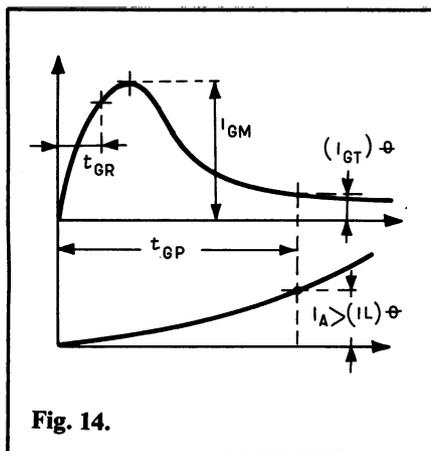


Fig. 14.

- La durée de l'impulsion de commande doit être telle que le courant anode doit avoir dépassé I_L (courant d'accrochage à la température θ), lorsque le courant gâchette devient inférieur à $(I_{GT})_\theta$ (courant nécessaire pour amorcer le thyristor à la température θ).
- Le temps de montée de l'impulsion de commande doit être court.
- En l'absence de conditions particulières, il est souhaitable d'avoir :
 $I_{GM} > 2 (I_{GT})_\theta$
 $t_{GR} < 1 \mu s$
- Dans le cas de croissance rapide du courant ($di/dt > 20 A/\mu s$)
 $I_{GM} > 3 \text{ à } 5 (I_{GT})_\theta$
 $t_{GR} < 0,3 \theta s$

Notes d'application Thomson-CSF



SÉCURITÉS, ALARMES ÉLECTRONIQUES

40 protections électroniques

Christiane Morvan

Protégez-vous simplement et efficacement contre les intrus en réalisant vous-même vos circuits de sécurité. vous seront rigoureusement personnels.

Cet ouvrage vous fournit également informations essentielles sur la législation ainsi que sur les différents organismes compétents.

Collection H. L.