

TIRISTOR

Un tiristor es un interruptor estático disparado por tensión. Es un elemento que pertenece a la electrónica de potencia, y se dice que es biestable (porque tiene dos estados de funcionamiento), y unidireccional (porque sólo conduce en un sentido). Está compuesto por cuatro capas alternas de semiconductores N y P, recibiendo el nombre de cátodo y ánodo las capas N y P de los extremos, respectivamente, mientras que la zona P interna, que también es un electrodo con conexión al exterior, se llama puerta.

Es el elemento que más potencia es capaz de controlar, ya que puede trabajar con intensidades de corriente de hasta 3.000 A y tensiones inversas de hasta 5.000 V, pero su capacidad de respuesta está bastante limitada.

Entre sus aplicaciones se pueden destacar la de rectificación, interrupción de corriente eléctrica, regulación.

ESTRUCTURA FÍSICA

Se trata de un dispositivo semiconductor de estado sólido formado por cuatro capas "p" y "n" alternativamente, dispuestas tal y como se observa en la figura, en la que se puede apreciar también su símbolo.

Sus dos terminales principales son el ánodo (A) y el cátodo (K) entre los cuales se establece la corriente directa (electrones que van del cátodo al ánodo). El tercer terminal se trata de la puerta (G) o electrodo de control, encargado de controlar dicho flujo de electrones.

Es un elemento unidireccional en el que una vez aplicada la señal de mando en la puerta, el dispositivo deja pasar una corriente que solo puede tomar un único sentido.

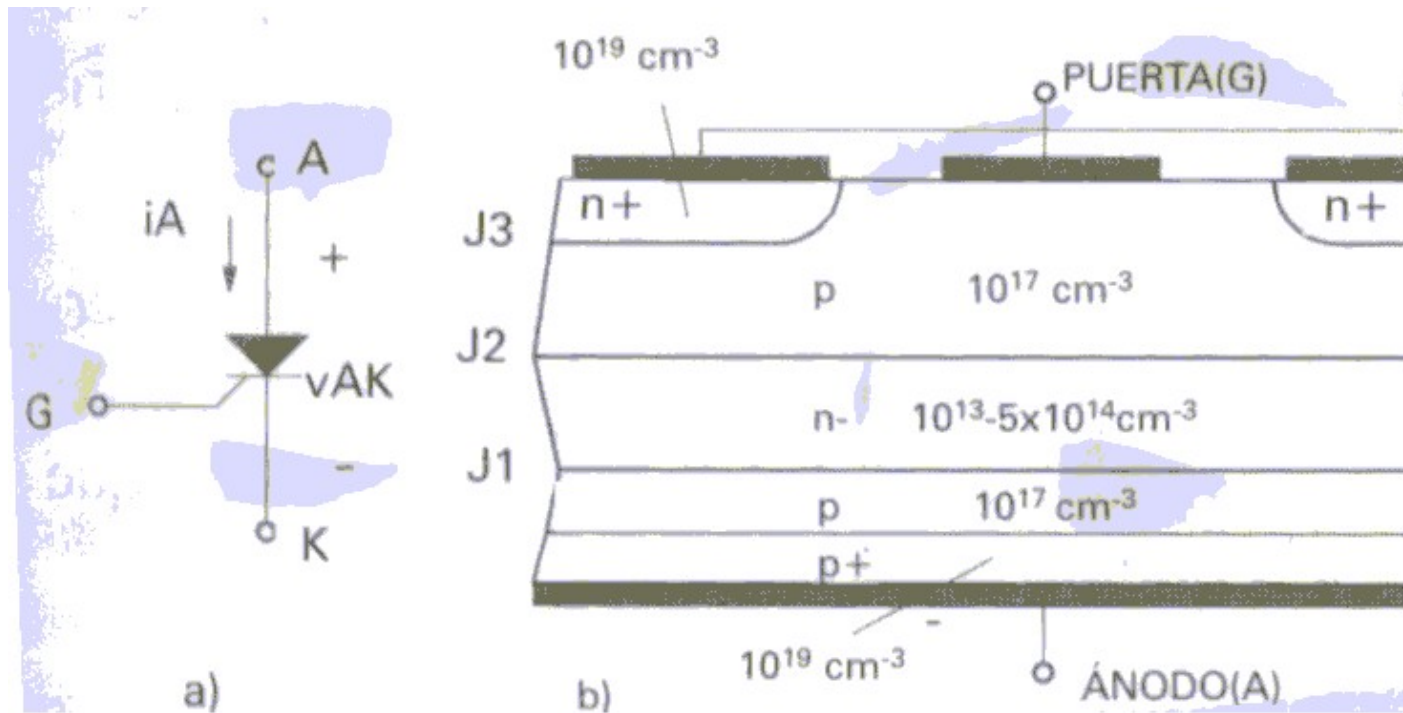


Figura: Estructura interna y símbolo del tiristor

CARACTERÍSTICA TENSIÓN-CORRIENTE

En la figura se muestra la curva característica típica de un tiristor, representándose la corriente de ánodo (I_a) en función de la tensión aplicada entre ánodo y cátodo (V_{ak})

Cuando la tensión V_{ak} es nula, también lo es la intensidad de corriente I_a . Al aumentar dicha tensión en sentido directo, con comente de puerta nula, si se supera la tensión V_{bo} , la

transición OFF $\rightarrow$ ON deja de ser controlada. Si se desea que el paso al estado "ON" se realice para tensiones V_{ak} inferiores a V_{bo} será necesario dotar al dispositivo de la corriente

de puerta adecuada para que dicha transición se realice cuando la intensidad de ánodo supere la intensidad de enganche (I_l). Por el contrario, si el dispositivo está en conducción, la

transición al estado OFF se produce cuando la corriente de

ánodo caiga por debajo de la intensidad de corriente de mantenimiento (I_h)

Si se polariza inversamente el tiristor existirá una débil corriente inversa de fugas hasta que se alcance el punto de tensión inversa máxima ($-V_{rwm}$), provocándose la destrucción del elemento

Es, por tanto, un dispositivo conductor solo en el primer cuadrante, en el cual el disparo se provoca por un aumento de la tensión directa, teniendo en cuenta que a medida que

aumente la corriente de puerta el punto de disparo V_{bo} se desplaza hacia la izquierda. Se puede controlar así la tensión necesaria entre ánodo y cátodo para la transición OFF $\rightarrow$ ON,

usando la corriente de puerta adecuada. En cuanto a la transición ON $\rightarrow$ OFF no se puede controlar, sino que es el propio circuito de potencia el que la provoca.

FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de este circuito es el siguiente: La conducción se va a producir entre el ánodo y el cátodo, después de darle un impulso de tensión positivo en la puerta G. Para que el tiristor entre en conducción, tienen que cumplirse dos condiciones:

- Que este polarizado directamente (tensión ánodo-cátodo positiva, es decir, más tensión en el ánodo que en el cátodo).
- Aplicar un impulso de tensión positivo o una corriente entrante en la puerta.

El acople entre los dos transistores que integran el tiristor produce una realimentación positiva, puesto que la corriente de salida de cada uno es la de entrada del otro, y si ambos semiconductores disponen de una ganancia de corriente superior a la unidad, rápidamente cada transistor llevará al otro a la saturación, produciéndose una corriente máxima cuyo valor no estará controlado por el tiristor, sino por la carga exterior que alimenta. El cebado del tiristor o la saturación de los transistores que lo forman se consigue cuando se vence la polarización inversa de la unión N-P interna, para lo cual es preciso aplicar un impulso adecuado, y en este caso positivo, a la zona P desde el exterior y a través de la puerta.

Cuando el impulso positivo aplicado a la puerta del tiristor satura los dos transistores que contiene, este semiconductor se comporta prácticamente como un interruptor cerrado, absorbiendo únicamente entre su cátodo y su ánodo una pequeña tensión, que oscila alrededor de 1 V, la cual mantiene en saturación a los transistores.

Misión de la puerta:

La misión de la puerta es polarizar y adelantar el momento de disparo, es decir de la puesta en conducción, pero después de esto ya no tiene ninguna función excepto en unos tiristores especiales llamados GTO que son disparables y bloqueables por puerta. Es importante destacar las características que deben tener

los impulsos de encendido aplicados al tiristor. Los fabricantes suministran para ello unas curvas denominadas características de puerta. La del tiristor se asemeja a la de un diodo semiconductor al que se le han permutado los ejes, siendo lógica esta analogía, puesto que la unión puerta-cátodo es una unión P-N.

Debido a que no todos los tiristores, aún siendo del mismo tipo tienen la misma característica de puerta, es habitual que el fabricante incluya una familia de curvas o límites de las mismas en las especificaciones técnicas de los tiristores, de manera que el usuario pueda hacerlos operar en el margen de disparo o encendido adecuado. En la siguiente gráfica se representa los límites de curvas posibles fijados entre A y B. El disparo se debe efectuar dentro de la zona acotada por dichas curvas pero considerando los valores de :

- Tensión y corriente mínima, para producir el encendido de todos los elementos de la familia.
- Tensión directa máxima admisible de los impulsos de encendido.
- Potencia máxima que puede disipar la unión de puerta.

Todas estas limitaciones están incluidas en los límites y zonas representadas en la gráfica:

- La zona S es la zona de encendido probable para cualquier tiristor de la familia, pero no es seguro.
- La zona SS es la zona de encendido seguro, garantiza el encendido de cualquier tiristor de la familia.

Métodos de poner en conducción el tiristor:

Hay varios modos de poner el tiristor en conducción:

- Sin intensidad de puerta, cuando la tensión ánodo-cátodo es mayor que la tensión de bloqueo. $V_{AK} > V_{BO}$, $I_g = 0$
- Cuando la tensión ánodo-cátodo supera el gradiente de tensión $V_{AK} >$
- Cuando la tensión ánodo-cátodo es menor que la tensión de bloqueo, y aplicamos una intensidad en la puerta. $V_{AK} < V_{BO}$, $I_g > 0$
- Cuando el tiristor es un fototiristor, por la luz.

Métodos de bloquear el tiristor:

También hay varios modos de bloquear el tiristor:

- Cuando la tensión ánodo-cátodo cambia de polaridad, es decir V_{AK} se polariza inversamente.

- Cuando se abre el circuito. $V_{AK} = 0$
- Cuando la intensidad disminuye por debajo de un valor determinado. $V_{AK} < \text{Tensión de mantenimiento}$.
- Aplicando una tensión inversa durante un corto período de tiempo $V_{AK} < 0$

CARACTERISTICAS

– Estáticas: Vienen determinadas por las curvas características del comportamiento del tiristor. Estas se obtienen al aplicar un determinado valor fijo de I_G , ajustado por medio de P_1 y variando a continuación V_{AA} ; se consigna después, en los ejes coordenados, los pares de valores indicados por los instrumentos I y V .

De los resultados obtenidos al representar en la citada gráfica las curvas características del tiristor, cabe destacar las siguientes conclusiones:

- Si aplicamos un potencial inverso V_{AK} al tiristor, no existirá circulación de corriente entre ánodo y cátodo, aun cuando exista corriente de puerta que posibilite la conducción. Si aumentamos este potencial por encima del valor V_{BOR} , se produce la ruptura por avalancha de la unión y el tiristor queda destruido.
- Cuanto mayor sea la corriente suministrada al circuito de puerta I_G , tanto menor será la tensión ánodo-cátodo V_B necesaria para que el tiristor conduzca.
- El valor V_{BO} es aquel que posibilita la conducción del tiristor en ausencia de corriente de puerta, es decir, $I_G = 0$.
- Cuando se ha cebado el tiristor, la puerta ya no ejerce control alguno sobre el estado de éste y la corriente que circula por el punto I_F depende exclusivamente de la carga externa.
- El tiristor deja de conducir si el valor de la corriente directa desciende por debajo de I_H (corriente de mantenimiento), a la cual le corresponde a su vez una tensión de ánodo-cátodo V_H . También deja de conducir si el valor de la carga origina que la corriente directa descienda de la prefijada por el punto I_L (corriente de enganche) ligeramente mayor que el de mantenimiento I_H .
- Una vez cebado el tiristor, mantiene un valor de tensión directa V_T que depende de la corriente que lo atraviesa y que para tiristores de bajo-media potencia se sitúa alrededor de 1 V.

Estas son las gráficas de la curva característica y de la característica directa del tiristor con impulso de corriente:

- La corriente a través de un tiristor nunca sube inmediatamente, tiene retardo.
- Puesta en conducción, es el tiempo que tarda en llegar a conducir, también se llama Tiempo de Cebado.
- Bloqueo, es el tiempo que tarda en llegar a bloquearse, también se le llama Tiempo de Descebado.
- Pendiente máx tensión, es la tensión máxima que soporta el tiristor sin llegar a dispararse, también se le llama Gradiente de Tensión.
- Cuando la tensión se le aplica muy bruscamente, no aguanta y se dispara dv / dt
- Cuando la intensidad se le aplica muy bruscamente, no aguanta y se dispara. di / dt

– Mecánicas: Vienen determinadas por la corriente directa que puede circular por sus electrodos principales. En definitiva de la potencia que deberá disipar el sistema de refrigeración.

APLICACIONES DEL TIRISTOR :

– En el ámbito de la amplificación, forman parte de las etapas de potencia en clase D, trabajando en régimen de conmutación.

– Son también utilizados como relés estáticos, presentando las ventajas de poder trabajar a frecuencias más altas, tener una vida más larga, la exención de rebotes y tiempos de conexión muy cortos con inexistencia de desgastes de contactos. La principal ventaja reside en su baja corriente de mando y su autodesconexión con el paso por cero de la corriente alterna de la carga. Cabe citar como inconvenientes: la caída de tensión directa entre ánodo y cátodo (de 1 a 2 V), la circulación de pequeñas corrientes inversas en estado de bloqueo y su baja capacidad para soportar sobrecargas eléctricas frente a sus homólogos electromecánicos.

– En el ámbito de la rectificación como rectificadores controlados (colocados en el lugar de diodos).

– Como inversores y onduladores.

– Como interruptores.