

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Curso: Electricidad 3



Proyecto #2: Tiristores

Objetivo General

- Investigar acerca de la operación de los tiristores.

Objetivos Específicos:

- Investigar acerca de los tipos básicos de tiristores.
- Calcular la resistencia necesaria para que un SCR se dispare

correctamente.

- Investigar acerca de cómo apagar un SCR.
- Determinar la implicación en la salida de un circuito rectificador

controlado por medio de SCR.

- Explicar una implementación de un circuito dimmer con Triacs.

Sírvase contestar lo siguiente.

1. ¿Cómo se dispara un Diac? ¿De qué manera se apaga un diodo Schockley? ¿Cuál es la diferencia entre ambos?
2. En el circuito que se muestra en la figura 1 ¿Cuál es el valor de R_S que se ocupa para que un voltaje de disparo de 5 V cierre el SCR?

Proyecto 2

¿Cuáles son los valores equivalentes resistivos extremos que puede

tomar la carga?

3. Modifique el circuito de la figura 1 para que una segunda señal (Paro) apague el SCR. No puede usar fuentes extras ni interruptores que no sean otro tiristor.

4. ¿Qué es un circuito Dimmer? Encuentre y explique una implementación de un dimmer que utilice Triacs y Diacs.

5. El circuito de la figura 2 es un rectificador trifásico controlado de media onda, cada uno de los SCR que lo componen es disparado por medio de una señal diferente. Encuentre la ecuación matemática que relaciona el valor de salida del circuito en función del ángulo de disparo (α).

Cada pulso de disparo es suficiente como para cerrar el SCR correspondiente, tanto en su ancho como en su amplitud. Los tres pulsos de disparo son iguales entre sí solo que desfasados 120° . Tomar $30^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$.

Proyecto 2

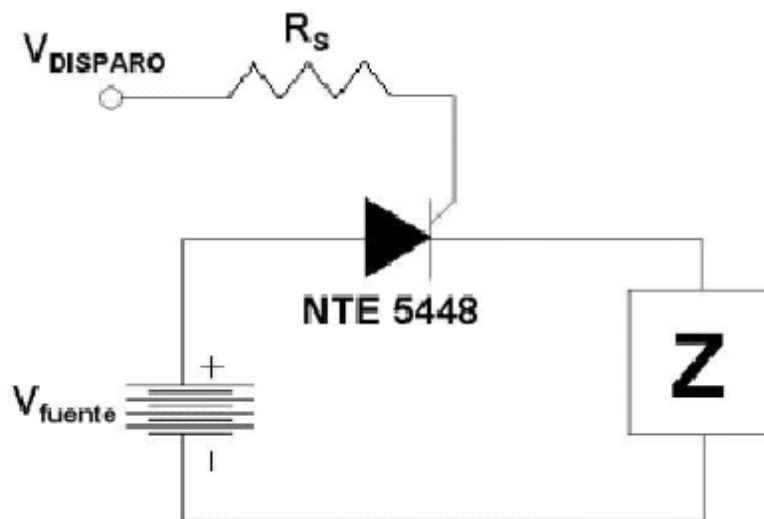


Figura 1. Disparo de un SCR.

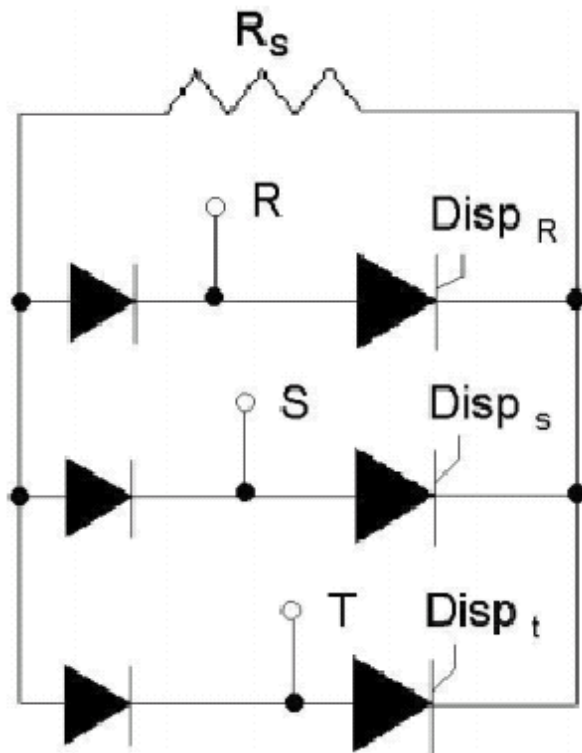
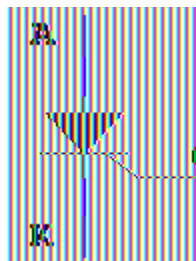


Figura 2. Rectificador trifásico controlado de media onda .

Marco Teórico

EL TIRISTOR

Es un semiconductor sólido de silicio constituido por cuatro capas alternativas tipo PNPN. Dispone de tres terminales accesibles denominados ánodo, cátodo y puerta, siendo este último el electrodo de control. Este semiconductor funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, permitiendo circular la corriente en un solo sentido. Mientras no se aplique ninguna tensión en la puerta del tiristor no se inicia la conducción y en el instante en que se aplique dicha tensión, el tiristor comienza a conducir. Una vez arrancado, podemos anular la tensión de puerta y el tiristor continuará conduciendo hasta que la corriente de carga pase por cero. Trabajando en c.a. el tiristor se desexcita en cada alternancia o ciclo.



Símbolo del tiristor Estructura Interna del tiristor

La conducción entre ánodo y cátodo es controlada por el terminal de puerta. Se dice que es un dispositivo unidireccional, debido a que el sentido de la corriente es único

CURVA CARACTERÍSTICA

La interpretación directa de la curva característica del tiristor nos dice lo siguiente: cuando la tensión entre ánodo y cátodo es cero la intensidad de ánodo también lo es.

Hasta que no se alcance la tensión de bloqueo (V_{BO}) el tiristor no se dispara.

Cuando se alcanza dicha tensión, se percibe un aumento de la intensidad en el ánodo (I_A), disminuye la tensión entre ánodo y cátodo, comportándose así como un diodo polarizado directamente.

Si se quiere disparar el tiristor antes de llegar a la tensión de bloqueo será necesario aumentar la intensidad de puerta ($IG1, IG2, IG3, IG4...$), ya que de esta forma se modifica la tensión de cebado de este. Este sería el funcionamiento del tiristor cuando se polariza directamente, esto solo ocurre en el primer cuadrante de la curva.

Cuando se polariza inversamente se observa una débil corriente inversa (de fuga) hasta que alcanza el punto de tensión inversa máxima que provoca la destrucción del mismo.

FIG 1.b

En la FIG.1 puede verse su símbolo electrónico y sus curvas características estáticas. Como valores importantes para definir el funcionamiento de un tiristor se suelen considerar:

- Tensión máxima inversa soportable (V_{invmax}) entre A y K.
- Tensión directa máxima soportable (V_{dmax}).
- Caída de tensión directa durante la conducción (V_d).
- Corriente de continua o eficaz en funcionamiento (I_c).
- Corrientes de fuga directa (I_f) e inversa (I_r).
- Corriente de reposo (I_h).
- Temperatura de funcionamiento (T).

Además es importante analizar las características de mando del tiristor que nos permitirán definir la potencia necesaria para el arranque.



Según la FIG.2 debemos considerar los siguientes parámetros:

- Tensión máxima directa de puerta (V_{gmax}).
- Tensión inversa máxima de puerta (V_{ginmax}).
- Corriente máxima de puerta (I_{gmax}).
- Potencia máxima disipable (P_{gdis}).
- Tensión mínima directa de puerta (V_{gmin}).
- Corriente mínima de puerta (I_{gmin}).

La zona 1 representa los valores de tensión e intensidad de puerta en los que no se consigue el disparo del tiristor. La zona 2 es el conjunto de valores que consigue un disparo adecuado. La zona 3 es de destrucción del tiristor.

En lo que se refiere a las características dinámicas del tiristor, según el circuito del que forme parte, interesa conocer los siguientes parámetros:

- Tensión inversa accidental ánodo-cátodo.
- Angulo de conducción.
- Tiempo de retardo.
- Tiempo de subida.
- Tiempo de respuesta.
- Factor de conmutación (dv/dt).

Cuando se dispone un tiristor en un circuito electrónico trabajando en conmutación, se utiliza para cebarlo un impulso de puerta que genera una corriente inicial entre la puerta y el cátodo, para después propagarse la conducción al resto del dispositivo de forma muy rápida. Además hay que considerar que el tiristor no tendrá un cebado efectivo antes de que la corriente de ánodo alcance un valor denominado corriente de enganche por lo que no debe retirarse el pulso de puerta antes de alcanzar dicho valor. La extinción del tiristor se produce cuando la corriente de ánodo cae por debajo de un valor denominado corriente de mantenimiento.

Si el circuito exterior exige un crecimiento de la corriente rápido en el cebado, como la tensión entre ánodo y cátodo no disminuye de forma instantánea, puede producirse un consumo de potencia importante que puede llevar a la destrucción del tiristor por variación de la corriente (di/dt).

Cuando se produce un crecimiento muy rápido de la tensión entre ánodo y cátodo en el bloqueo, esta dv/dt puede producir el cebado del tiristor aún en ausencia de la señal de puerta.

La elección del modelo a utilizar depende fundamentalmente de la aplicación práctica, sin embargo, en general habrá que considerar los siguientes criterios:

- La tensión a bloquear: No solo la tensión máxima o valor de cresta de la red, si no también las sobretensiones de conmutación o elementos parásitos.
- La intensidad de la corriente eficaz y la de pico, sin olvidar las posibles corrientes de cortocircuito.
- Los parámetros de conmutación (dv/dt y di/dt) que pueden ser primordiales.
- La sensibilidad, siendo preferidos elementos de sensibilidad media, ya que poseen mayor inmunidad ante los parásitos.

Entre los tiristores se pueden encontrar diferentes categorías atendiendo a sus distintos procedimientos de fabricación y constitución propios. Pueden destacar:

- Los tiristores de control.
- Los tiristores de conmutación rápida.
- El tipo desactivación por compuerta.
- El de conducción inversas.
- El de inducción estática.
- El tiristor bloqueable.
- Los fototiristores o activados por luz.
- El triac o triodo bidireccional
- Los controlados por FET.
- Los controlados por MOS.

Características del TIRISTOR:

Estas características se encuentran en las hojas que el fabricante realiza.

Características estáticas:

Estudian el comportamiento del tiristor entre A (ánodo) y K (cátodo), con la G (puerta) abierta. Son valores máximos que nunca deben ser superados en el funcionamiento del tiristor.

VRWN --> Tensión inversa de Trabajo máximo

VFDM --> Tensión directa de Trabajo máximo

VFT --> Caída de tensión directa de cebado

IFAV, Ief --> Corriente media y corriente eficaz

IFD --> corriente directa de fugas (en corte)

IR --> Corriente inversa de fugas

TF --> Temperatura de funcionamiento

IH --> Corriente de mantenimiento

Características de control:

Estudian el comportamiento del tiristor entre G y K, y determinan el circuito de disparo.

VGFS --> Tensión directa de puerta máxima (accidental)

VGRS --> Tensión inversa de puerta máxima (accidental)

IGFS --> Corriente de puerta directa máxima (accidental)

VGT --> Tensión mínima para el cebado

IGT --> Corriente mínima para el cebado

VGNTM --> Tensión residual máxima que no ceba el tiristor

IGNTM --> Corriente residual máxima que no ceba el tiristor

PGAV --> Potencia media disipada

PGFS --> Potencia máxima (accidental)

Aparte el fabricante da una gráfica llamada característica de control, que consta de:

1- Curva de dispersión

2- Parábola máxima de disipación

3- Zona de funcionamiento mínimo

Características dinámicas:

Estudian el comportamiento del tiristor en régimen transitorio.

Comportamiento del tiristor frente a sobretensiones: Podemos sobrepasar durante un tiempo menos de 10 ms, la tensión VRWM sin peligro de dañar al tiristor. Por ejemplo:

El tiristor (BT W 30 / 800RS) donde "B" significa silicio "T" tiristor y 800 es la tensión máxima, el cual también puede ser 1000 y 1200.

Comportamiento del tiristor frente a sobrecorrientes: Podemos sobrepasar durante un tiempo menor de 10 ms, la corriente IFAV o Ief sin peligro a dañar el tiristor. Por ejemplo:

El tiristor (BT W 30 / 800RS) puede aguantar hasta $IT(AV)=16\text{ A}$, $IT(RMS)=24\text{ A}$.

Características de conmutación:

Ton $\rightarrow$ tiempo de cebado; Toff $\rightarrow$ tiempo de descebado o de bloqueo

Ton: A partir del momento en que aplicamos una señal en la puerta del tiristor, necesita un tiempo para cebarse, llamado tiempo de cebado (Ton). Este tiempo es suma de dos tiempos:

1- Tiempo de retardo (t_1): es el tiempo que tarda el tiristor en disminuir la tensión A-K al 90% de su valor máximo, desde el momento de aplicar la señal de puerta

2- Tiempo de subida (t_2): es el tiempo que tarda el tiristor en disminuir la tensión entre A-K del 90% al 10% de su valor máximo.

Toff: A partir del momento en que la corriente por el tiristor desciende por debajo de I_H , el tiristor necesita un tiempo para bloquearse, llamado tiempo de de cebado o de bloqueo (Toff).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Como se dispara un Diac? De que manera se apaga un diodo Shockley?

Cual es la diferencia entre ambos?

Representación del Diac. Representación del Shockley.

Para abrir o apagar el Diodo Shockley o de cuatro no es necesario reducir la corriente a cero para abrir el latch, los transistores internos del diodo de cuatro capas saldrán de la saturación cuando la corriente se reduzca a un valor por debajo de lo que se llama corriente de mantenimiento, este valor es la mínima corriente necesaria para que los transistores pasen de saturación a corte.

El diac equivale a dos diodos Shockley en anti-paralelo por lo que le permite conmutar para ambos lados, como el diodo de cuatro capas, sigue siendo no conductor hasta que se alcanza su voltaje breakover eso significando que este no conduce hasta que la tensión en sus extremos intenta exceder la tensión de cebado en cualquier dirección, en este punto gira completamente y permanece encendido hasta el voltaje aplicado o

corriente del circuito se reduce debajo de los valores que sostienen en los cuales la conducción puede ser mantenida.

Puesto que el diac se utiliza normalmente en los circuitos de la CA, funcionando como parte del circuito de control para los dispositivos accionados de un zócalo de pared de la casa o de una fuente similar, esto no es un problema. En tales usos, el diac se acciona cada mitad-ciclo de la corriente alterna, y después da vuelta apagado en el extremo de la mitad-ciclo cuando el voltaje de línea invierte polaridad.

El Shockley ocupa que se disminuya la corriente de mantenimiento para que este deje de conducir, y el Diac ocupa que el voltaje o corriente que se aplico originalmente sea reduzca para dejar de conducir.

Datos característicos del SCR NTE5448

$V_{DRM} = 600 \text{ v}$

$V_{gtmax} = 1.5 \text{ v}$

$I_{gtmax} = 1 \text{ mA}$

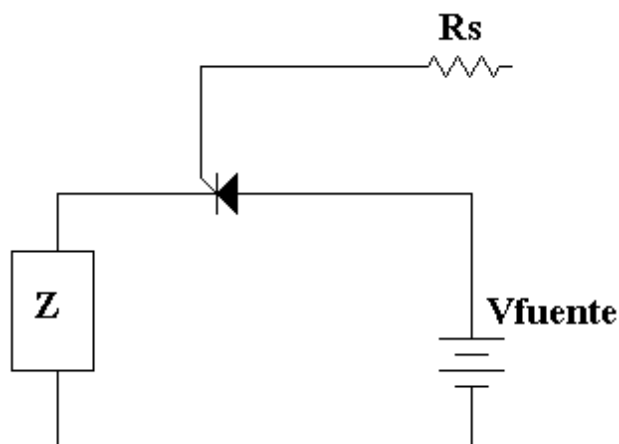
Para 25°C

$I_{gt} = 7 \text{ mA}$

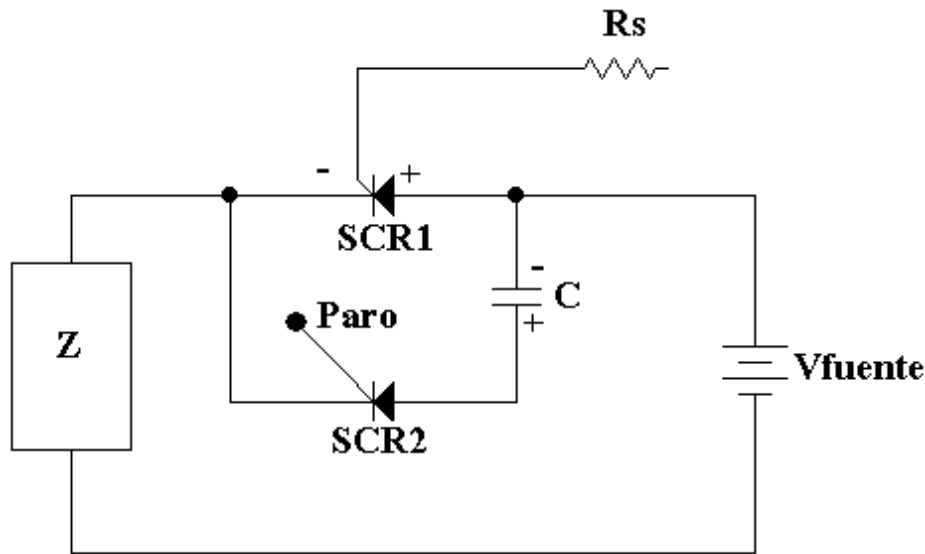
$I_H = 6 \text{ mA}$; $I_{max} = 40 \text{ mA}$

$V_{fon} = 2 \text{ v}$

$I_{max} = 8 \text{ A}$



Modificando el circuito para que una segunda señal de disparo apague el circuito.



4. Que es un circuito DIMMER? Encuentre y explique una implementación de un dimmer que utilice Triacs y Diacs.

A veces es necesario controlar un número de giros de un motor, la luminosidad de una lámpara o cualquier otro control de potencia.

Un circuito dimmer puede controlar diversos tipos de potencia, inclusive las potencias inductivas.

Una implementación de un circuito dimmer utilizando un TRIAC es el que se presenta a continuación y que esta descrito para operar en onda completa y soporta cargas dependiendo del TRIAC utilizado.

Para una red de 110V se utiliza un TRIAC 40431 y para 220V un TRIAC 40432, será necesario utilizar un disipador de calor.

5. Para el circuito de la figura 2. Se tiene que:

La ecuación matemática que relaciona el valor de salida del circuito en función del ángulo de disparo (α) para valores de α entre 0 y $\pi/6$ es:

$$V_{cd} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\pi} V_m \cdot \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3V_m}{2\pi} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{6} + \alpha\right) \right]$$

Con base a lo anterior, podemos observar las siguientes graficas:

BIBLIOGRAFÍA

Oños E., Ruiz F. / **Electrónica para electricistas** / 3° Edición, Editorial GERSA, Industria Gráfica, Impreso en España, Febrero 1984.

Robert L. Boylestad./ **Electrónica teoría de circuitos.**/ 6° Edición. Editorial Prentice Hall, 1997.

Calculando RS

$$V_{cc} = 0.7 + I_H \cdot R_L \quad (1)$$

$$V_{Disparo} = V_{GT} + I_{GT} \cdot R_S \quad (2)$$

Utilizando la ecuación (2) y despejando RS

$$R_S = 5 - 1.5 = 500 \, \Omega$$

$$I_H = 7 \, \text{mA}$$

Calculando valores extremos de carga Z (asumiendo un voltaje de fuente de 20 voltios)

$$R_{Zmax} = V_{fon} / I_H = 20 \, \text{V} / 6 \, \text{mA} = 3.3 \, \text{K}\Omega$$

$$I_H = 6 \, \text{mA}$$

$$R_{Zmin} = V_{fon} / I_H = 20 \, \text{V} / 40 \, \text{mA} = 500 \, \Omega$$

$$I_H = 40 \, \text{mA}$$