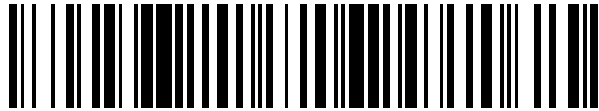


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 183**

21 Número de solicitud: 202130853

51 Int. Cl.:

H03K 17/12 (2006.01)
H01H 9/00 (2006.01)
H01F 29/04 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

14.09.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.03.2023

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

21.11.2023

Fecha de concesión:

19.12.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.12.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)
Pabellón de Brasil- Pº de las Delicias, s/n
41013 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**MAZA ORTEGA, José María;
DE PAULA GARCÍA LÓPEZ, Francisco y
BARRAGÁN VILLAREJO, Manuel**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **INTERRUPTOR ESTÁTICO DE CORRIENTE ALTERNA CON RANGO EXTENDIDO DE INTENSIDAD**

57 Resumen:

Interruptor estático de corriente alterna.

El interruptor comprende una asociación en paralelo de dos tiristores de distinta intensidad nominal I_{n1} e I_{n2} , siendo $I_{n1} > I_{n2}$, siendo además sus intensidades de bloqueo (*latching*) tales que cumplen que $I_{L1} > I_{L2}$. De esta manera se logra la formación de un interruptor de corriente alterna con un rango extendido de intensidad a partir de un conjunto de tiristores con diferentes características, que amplía el rango de funcionamiento con respecto al de los tiristores individuales que lo componen, basándose en una distribución asimétrica de la corriente a través de los tiristores que se paralelizan. El interruptor estático de corriente alterna objeto de la invención es de aplicación directa a cambiadores de tomas estáticos en carga para transformadores de distribución, que presentan un rango muy amplio de intensidades (desde el vacío al cortocircuito), aportando una conmutación fiable y segura para todo el rango de intensidades.

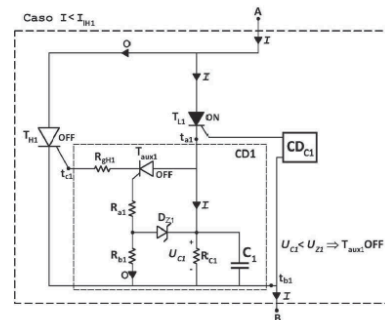


FIG. 5

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 936 183 B2

DESCRIPCIÓN

**INTERRUPTOR ESTÁTICO DE CORRIENTE ALTERNA CON RANGO EXTENDIDO
DE INTENSIDAD**

5

OBJETO DE LA INVENCION

Se trata de un interruptor estático de corriente alterna con rango extendido de intensidad, para un cambiador estático de tomas en carga de transformadores de potencia, basado en la paralelización de tiristores, que permite la conducción de corriente de forma segura y autónoma en un amplio intervalo, desde corrientes de vacío hasta cortocircuito, con respecto al de un único tiristor.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En las redes de distribución de energía eléctrica se utilizan de forma masiva transformadores, ubicados en centros de transformación, para reducir los niveles de tensión de media (20 kV habitualmente) a baja (400 V habitualmente). Dichos transformadores están equipados con un cambiador de tomas fijo que permite regular la tensión del lado de baja tensión, si bien no puede operarse en carga. De forma práctica, la toma se ajusta en el momento de instalación del transformador y se deja en dicha posición de forma permanente durante la totalidad de vida útil.

25

Sin embargo, la transformación de dichas redes de distribución hacia las futuras redes inteligentes en las que se prevé presencia masiva de generación distribuida y nuevos agentes, como el coche eléctrico, hace necesario mejorar la regulación de tensión del lado de baja de forma dinámica, para lo cual son necesarios cambiadores de tomas en carga.

30

Los cambiadores de tomas en carga son muy utilizados para grandes transformadores de potencia utilizados en redes de alta tensión, si bien no son convencionales para transformadores de distribución. Se trata de dispositivos electromecánicos caracterizados por ser complejos, voluminosos, con un número limitado de maniobras y tiempos de actuación lentos. Por este motivo, esta solución convencional no puede ser aplicada a transformadores de potencia de distribución.

35

Como respuesta a esta necesidad, se han desarrollado tecnologías de cambiadores de tomas especialmente adaptadas a las características de los transformadores de distribución, entre las que destacan las correspondientes al uso de interruptores de vacío y dispositivos electrónicos de potencia.

5

A modo de ejemplo, dentro del primer grupo se pueden encontrar documentos de patente de interés como WO2013156268A1 y EP3288053A1. Del segundo, es conocido el documento ES2734601B2 “Dispositivo cambiador estático de tomas en carga para transformadores con devanados de regulación discontinuos”, que describe una configuración específica de cambiadores de tomas estáticos para transformadores de potencia que se detalla en la figura 1. La topología combina una serie de interruptores estáticos (61a, 62a, 63a, 61b, 62b y 63b) especialmente adaptados para la configuración de devanados (principales 30a, 30b y de regulación 32, 34, 36 y 38) que minimiza su número. Dichos interruptores estáticos pueden ser realizados mediante diferentes configuraciones de dispositivos electrónicos que permitan la conducción bidireccional de corriente y tienen también una capacidad de bloqueo bidireccional.

10

15

La utilización de tiristores (como el de la figura 2A) con configuración antiparalelo, como los mostrados en la figura 2B, es una solución técnica conocida que se adapta a la aplicación debido a sus bajas pérdidas. Esta configuración está formada por dos tiristores (T_1 y T_2) idénticos que se conectan en antiparalelo para permitir la circulación de corriente bidireccional necesaria en aplicaciones de corriente alterna.

20

Sin embargo, no existe en el mercado una configuración de tiristores en antiparalelo que sea totalmente compatible con los requerimientos técnicos de la aplicación del cambiador de tomas en carga para transformadores de distribución:

25

- i) Tensiones de bloqueo elevadas, pues el cambiador de tomas se conecta en el lado de media tensión del transformador en el que se suelen disponer los devanados de regulación.
- ii) Intensidad de corta duración elevada, para poder soportar las posibles intensidades de cortocircuito.
- iii) Intensidades de bloqueo (*latching*) reducidas, para poder operar de forma fiable en régimen de carga baja o incluso en vacío.

30

Este último aspecto es de vital importancia hoy en día debido a que, con las actuales directivas europeas de diseño eficiente de transformadores (en particular el Reglamento

35

(UE) No 548/2014 de la Comisión de 21 de mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los transformadores de potencia pequeños, medianos y grandes), las intensidades de vacío son cada vez más reducidas.

5

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un interruptor estático de corriente alterna con rango extendido de intensidad, basado en asociación de tiristores que:

- 10 i) Permite la circulación bidireccional de intensidades requerida para aplicaciones de corriente alterna. Para ello la asociación de tiristores de la topología del interruptor propuesto comprende un primer juego de tiristores (T_{H1} y T_{L1}) conectados en paralelo y un correspondiente segundo juego de tiristores (T_{H2} y T_{L2}) conectados en paralelo de idénticas características, conectado en antiparalelo al primer juego de tiristores (T_{H1} y T_{L1}).
- 15 ii) Permite la circulación de un amplio rango de intensidades. Para ello se asociarán en paralelo en el primer juego dos tiristores (T_{H1} y T_{L1}), y los correspondientes en antiparalelo en el segundo juego de tiristores (T_{H2} y T_{L2}), siendo los tiristores de cada juego de diferentes intensidades nominales (I_n), tal que la intensidad nominal de un primer tiristor de cada juego de tiristores es mayor que la intensidad nominal de un segundo tiristor de cada juego de tiristores ($I_{nH1} > I_{nL1}$ y $I_{nH2} > I_{nL2}$). Dada esta relación entre las intensidades nominales, las intensidades de bloqueo (I_l) en cada juego de tiristores cumplirán que $I_{lH1} > I_{lL1}$ y $I_{lH2} > I_{lL2}$.
- 20
- 25

La topología del interruptor propuesto es de aplicación en aquellos casos en los que la intensidad mínima a conducir, I_{min} , sea inferior a la intensidad de bloqueo de los tiristores de mayor intensidad nominal de cada juego de tiristores (T_{H1} y T_{H2}), esto es $I_{lH1}, I_{lH2} > I_{min}$. En particular, nótese que ante intensidades $I < I_{lH1}, I_{lH2}$, no se tendría una conducción efectiva de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) de cada juego de tiristores.

30

La topología propuesta, por tanto, tiene el siguiente principio de funcionamiento:

- 35 i) cuando la intensidad que circula es muy baja, esto es $I < I_{lH1}, I_{lH2}$, se asegura la conducción por los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) de cada juego de tiristores, siempre que se cumpla $I > I_{lL1}, I_{lL2}$,

- ii) cuando la intensidad está por encima de un umbral, esto es $I > I_{IH1}, I_{IH2}$, la conducción se realiza de manera exclusiva por los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) de cada juego de tiristores.

5 En este sentido, la selección de los tiristores resulta de vital importancia para conseguir una operación como la descrita en los puntos anteriores. Particularmente, para el caso de cambiadores de tomas en carga estáticos para transformadores de distribución, la menor intensidad a conducir corresponde a la intensidad de vacío del transformador, I_0 , por lo que los interruptores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) de cada juego de tiristores
10 seleccionados deberán verificar que $I_0 < I_{IL1}, I_{IL2}$.

Particularmente, la topología del interruptor estático de corriente alterna objeto de la invención comprende:

- i) dos terminales (A y B), destinados a conectarse a cualquier circuito externo
15 de corriente alterna en el que se requiera controlar la intensidad,
- ii) un primer tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}), y su correspondiente tiristor en antiparalelo (T_{L2}) de idénticas características comprendiendo cada uno de los tiristores de menor intensidad nominal un ánodo, un cátodo y una puerta,
- 20 iii) dos circuitos de disparo convencional (CD_{C1} y CD_{C2}) conectado a los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) a través de sus puertas. El circuito de disparo convencional puede estar basado en cualquiera de las técnicas utilizadas habitualmente para tiristores (transformadores de pulsos, optoacoplamiento o utilizando la tensión de ánodo),
- 25 iv) un dispositivo de control conectado al circuito de disparo convencional, que operará los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}),
- v) un primer tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), y su correspondiente tiristor de mayor intensidad nominal en antiparalelo (T_{H2}), de idénticas características, comprendiendo cada uno de los tiristores de mayor
30 intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) un ánodo, un cátodo y una puerta,
- vi) dos circuitos de disparo triterminal (CD_1 y CD_2), conectados a las puertas de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}), y que están específicamente diseñados para conseguir el funcionamiento descrito anteriormente.

35

La invención propuesta presenta ventajas en relación al estado de la técnica actual, pues logra la formación de un interruptor estático a partir de un conjunto de tiristores con diferentes características, que amplía el rango de funcionamiento con respecto al de los tiristores individuales que lo componen, basándose en una distribución asimétrica de la corriente a través de los tiristores que se paralelizan.

Así, el interruptor estático puede ser de aplicación directa a cambiadores de tomas estáticos en carga para transformadores de distribución con conmutaciones fiables y seguras con intensidades en un rango muy amplio, que cubre desde el vacío al cortocircuito. Por tanto, esta invención resuelve el problema de los actuales cambiadores de tomas estáticos para transformadores de potencia, que pueden presentar problemas de funcionamiento en rangos de intensidad reducidos (en el entorno de la intensidad de vacío).

La invención puede ser aplicada a transformadores de distribución de media/baja tensión que se utilizan en los siguientes ámbitos:

- Redes de distribución de energía eléctrica. Transformadores pertenecientes a compañías eléctricas necesarios para alimentar a clientes conectados a niveles de baja tensión.
- Clientes particulares con transformador propio que se conectan directamente a media tensión.
- Transformadores de inversores fotovoltaicos acoplados a media tensión.
- Aerogeneradores.
- Transformadores de inversores que se conectan a dispositivos de almacenamiento de energía.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

35

Figura 1.- Topología de un cambiador de tomas para transformador de potencia del estado de la técnica.

Figura 2.- Interruptores estáticos del estado de la técnica: (a) corriente continua (DC) basado en un tiristor; (b) corriente alterna (AC) basado en tiristores en antiparalelo.

Figura 3.- Topología con dos tiristores de diferente intensidad nominal y circuito de disparo triterminal propuesto que opera sobre el tiristor de mayor intensidad nominal: (a) interruptor estático de corriente continua (DC); (b) interruptor estático de corriente alterna (AC).

Figura 4.- Posible circuito de disparo triterminal que funciona siguiendo el principio de funcionamiento propuesto.

Figura 5.- Circulación de intensidad en el caso de $I < I_{H1-L}$.

Figura 6A.- Circulación de intensidad en el caso de $I \geq I_{H1-L}$, paso 1.

Figura 6B.- Circulación de intensidad en el caso de $I \geq I_{H1-L}$, paso 2.

Figura 6C.- Circulación de intensidad en el caso de $I \geq I_{H1-L}$, paso 3.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Se describe a continuación, con ayuda de las Figuras 1 a 6C, una realización preferente del interruptor estático de corriente alterna con rango extendido de intensidad, objeto de la presente invención, siendo de posible utilización para un cambiador estático de tomas en carga de transformador de potencia como el mostrado en la Figura 1. Sin embargo, su aplicación no se limita a este caso, pudiendo extenderse su uso a cualquier otra topología alternativa.

El devanado de mayor tensión del transformador, tal y como se muestra en la Figura 1, comprende un devanado principal (bobinas 30a y 30b) y un devanado de regulación (bobinas 32, 34 y 36, 38). Las bobinas del devanado de regulación están accesibles a través de los terminales eléctricos (42, 43, 44 y 45, 46, 47). A dichos terminales eléctricos se conectan un conjunto de interruptores estáticos (61a, 62a, 63a y 61b, 62b,

63b) como el objeto de la presente invención, que son controlados a través de un módulo de control local (70).

5 En el caso de aplicaciones multifásicas, se dispone de un control central adicional (100) que supervisa el funcionamiento de cada fase y envía las consignas adecuadas a los controladores locales. La actuación (encendido o apagado) de los interruptores estáticos (61a, 62a, 63a y 61b, 62b, 63b) establece las bobinas de regulación activas en cada momento, por lo que se controla de manera dinámica la relación de transformación del transformador y, por tanto, la tensión secundaria.

10

Cada uno de los interruptores estáticos (61a, 62a, 63a y 61b, 62b, 63b) mostrados en la figura 1 puede configurarse tal y como se muestra en la Figura 2B con dos tiristores (T1, T2) conectados en antiparalelo que tienen capacidad de conducción de intensidad bidireccional. No obstante, tal y como se ha puesto de manifiesto en los antecedentes de la invención, para las tensiones de bloqueo necesarias en la aplicación, no existen tiristores que cubran todo el rango de intensidad asociado a la operación de los transformadores (intensidad de vacío a intensidad de cortocircuito).

15

La presente invención propone una topología de interruptor estático en la que se paralelizan un primer juego de tiristores, (T_{H1} y T_{L1}), y su correspondiente segundo juego de tiristores en antiparalelo, (T_{H2} y T_{L2}), de idénticas características y que verifican que sus corrientes nominales son tales que $I_{nH1} > I_{nL1}$ y $I_{nH2} > I_{nL2}$. Cada uno de los juegos de tiristores comprende un tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}), y un tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}), respectivamente.

20

25

Esta paralelización, mostrada en la Figura 3A para la versión de corriente continua a partir de la cual se forma la de corriente alterna de la Figura 3B, consigue la conducción de corrientes por debajo de la intensidad de bloqueo de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}), a través de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}), para lo cual es crucial realizar un diseño adecuado de unos circuitos de disparo triterminales (CD_1 y CD_2) vinculados a los tiristores. La interconexión de todos estos componentes que representa una realización preferente de la invención se muestra en la Figura 3B.

30

35

Particularmente, tal y como se muestra en la Figura 3B, el interruptor estático comprende:

- i) Un primer tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}), y su correspondiente segundo tiristor de menor intensidad nominal (T_{L2}) conectado en antiparalelo y de idénticas características, comprendiendo los tiristores un ánodo, un cátodo y una puerta.
- 5 ii) Un primer y un segundo circuitos de disparo convencionales (CD_{C1} y CD_{C2}) de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}), estando los circuitos de disparo convencionales (CD_{C1} y CD_{C2}) conectados a los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) a través de sus correspondientes puertas.
- 10 iii) Un dispositivo de control (CL) conectado a los circuitos de disparo convencionales (CD_{C1} y CD_{C2}), cuyo objetivo es definir el estado (encendido o apagado) de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}), y por tanto del interruptor estático de corriente alterna objeto de la invención.
- 15 iv) Un primer tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), y un segundo tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H2}) conectado en antiparalelo, de idénticas características, comprendiendo los tiristores un ánodo, un cátodo y una puerta.
- 20 v) Un primer y un segundo circuitos de disparo triterminales (CD_1 y CD_2), conectados respectivamente a las puertas de los tiristores mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}).

Tal y como se muestra en la Figura 3B, los ánodos de los tiristores del primer conjunto de tiristores (T_{H1} y T_{L1}) se conectan al mismo primer terminal (A), que es un primer borne de conexión del interruptor estático objeto de la invención. Los ánodos de los tiristores del segundo conjunto de tiristores (T_{H2} y T_{L2}) se conectan a un mismo segundo terminal (B) y conforman el segundo borne de conexión del interruptor estático objeto de la invención.

Los circuitos de disparo triterminal (CD_1 y CD_2) se conectan a los siguientes puntos respectivamente: unos primeros terminales (t_{a1} y t_{a2}) a los cátodos de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) respectivamente; unos segundos terminales (t_{b1} y t_{b2}) a los cátodos de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) respectivamente; finalmente unos terceros terminales (t_{c1} y t_{c2}) a las puertas de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) respectivamente.

35

Los circuitos de disparo convencional (CD_{C1} y CD_{C2}) se conectan a la puerta de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) y los segundos terminales (t_{b1} y t_{b2}) de los circuitos de disparo triterminal (CD_1 y CD_2) respectivamente.

5 Básicamente, y tal como puede desprenderse del objetivo de conseguir un rango de operación extendido, los circuitos de disparo triterminales funcionan de la siguiente forma en función del valor de intensidad I que circula desde el terminal A al B en la Figura 3A:

- 10 • Intensidad inferior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) ($I < I_{IH1}$). Circulación de la intensidad a través del tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) y de los terminales del circuito de disparo triterminal (t_{a1} y t_{b1}). En este caso la intensidad saliente por el tercer terminal (t_{c1}) del circuito de disparo triterminal es nula.
- 15 • Intensidad igual o superior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal T_{H1} ($I \geq I_{IH1}$). El circuito de disparo triterminal es tal que deriva una intensidad por el terminal (t_{c1}), I_{tc1} que garantiza el disparo del interruptor de mayor intensidad nominal (T_{H1}). Hasta que esto ocurre, la intensidad I incide en el terminal (t_{a1}) y sale del terminal (t_{b1}) $I - I_{tc1}$. En el momento en el que se alcanza la conducción del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}),
20 toda la intensidad I circula por este y tanto el tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) como el circuito triterminal no están sometidos a circulación de corriente.

Por su parte, la Figura 4 muestra una realización preferente de los circuitos de disparo triterminal (CD_1 y CD_2). El primer circuito de disparo triterminal (CD_1) comprende los
25 siguientes componentes, siendo el segundo circuito de disparo triterminal (CD_2) idéntico:

- i) un condensador (C_1), conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y el segundo terminal (t_{b1}).
- ii) una resistencia (R_{c1}), conectada entre el primer terminal (t_{a1}) y el segundo terminal (t_{b1}) y en paralelo con el condensador (C_1).
- 30 iii) un tiristor auxiliar (T_{aux1}) conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y el tercer terminal (t_{c1}) con una resistencia en serie (R_{gH1}),
- iv) un divisor de tensión que comprende unas resistencias (R_{a1} y R_{b1}) conectado a la puerta del tiristor auxiliar (T_{aux1}) y al segundo terminal (t_{b1}),
- v) un diodo zener (D_{z1}), conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y el punto medio del
35 divisor de tensión.

Este circuito de disparo tiene la misión de provocar el disparo del tiristor de mayor intensidad nominal, (T_{H1} o T_{H2}), cuando la intensidad que circule por el interruptor estático sea superior a la intensidad de bloqueo del mismo, asegurándose de esta forma su adecuada conducción.

5

Los diferentes modos de funcionamiento de la invención se explican en el caso de una conducción de intensidad positiva desde el primer terminal (A) al segundo terminal (B) del interruptor estático, por lo que en dicha explicación se involucran los tiristores del primer conjunto (T_{H1} , T_{L1}) y el primer circuito de disparo triterminal (CD_1). El funcionamiento para el sentido contrario de circulación de intensidad es idéntico, pero con los componentes en antiparalelo del segundo conjunto de tiristores (T_{H2} , T_{L2}) y el segundo circuito de disparo triterminal (CD_2). La configuración de los circuitos de disparo triterminal, (CD_1 y CD_2), permiten una operación según el siguiente principio de funcionamiento en función de la intensidad que circula por el interruptor estático:

- 15 i) Intensidad inferior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) ($I < I_{IH1}$), que se muestra en la Figura 5. Dicha intensidad se conduciría por el tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) entrando al circuito de disparo triterminal (CD_1) por el primer terminal (t_{a1}). La configuración del circuito de disparo es tal que la intensidad saliente por el tercer terminal (t_{c1}) es nula para evitar el disparo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) que no podría mantener su conducción por ser la intensidad que circula inferior a su intensidad de bloqueo. Por tanto, la intensidad saliente por el segundo terminal (t_{b1}) es idéntica a la intensidad entrante por el primer terminal (t_{a1}), quedando la conducción asegurada por el interruptor de menor intensidad nominal (T_{L1}).
- 20
- 25 ii) Intensidad igual o superior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal T_{H1} ($I \geq I_{IH1}$), como se muestra en las Figuras 6A a 6C. Al igual que en el caso anterior, la intensidad comenzaría a conducirse por el tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}), entrando en el circuito de disparo (CD_1) por el primer terminal (t_{a1}). Sin embargo, debido a que se dan las condiciones para que el tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) tenga una conducción adecuada, se procede a realizar su disparo. Para ello, el diseño del circuito triterminal (CD_1) es tal que garantiza una determinada corriente saliente I_{Gaux} en el tercer terminal (t_{c1}) (corriente de puerta del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1})) y una tensión U_{Gaux} entre el tercer terminal (t_{c1}) y el segundo terminal (t_{b1}) (tensión de puerta-cátodo del tiristor de mayor
- 30
- 35

5 intensidad nominal (T_{H1}) que provocan el disparo de dicho tiristor. En este caso, y hasta que se produce el disparo del primer tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), la corriente saliente del primer terminal (t_{b1}) será la diferencia entre la intensidad entrante por el primer terminal (t_{a1}) y la saliente por el tercer terminal (t_{c1}). A partir del instante en el que el tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) comienza a conducir, la intensidad por el tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) se anula.

10 El primer modo de funcionamiento, en el que la intensidad I es inferior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}) ($I < I_{IH1}$) y superior a la intensidad de bloqueo del tiristor de menor intensidad nominal T_{L1} ($I < I_{LL1}$), se ilustra en la Figura 5. Nótese que, para el adecuado funcionamiento del interruptor estático objeto de la invención, la mínima intensidad prevista debe ser superior a la intensidad de bloqueo de tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) ($I_{min} > I_{LL1}$). En el caso de la
 15 utilización del interruptor estático para cambiadores estáticos de transformadores de potencia, por tanto, el tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) debe seleccionarse de forma que pueda conducir la intensidad de vacío del transformador, I_o , que es la mínima intensidad posible, por lo que $I_o > I_{LL1}$. En este caso, la intensidad circularía por el tiristor de menor corriente nominal (T_{L1}). Nótese que la intensidad estaría circulando por
 20 el conjunto formado por el condensador (C_1) y la resistencia (R_{c1}), que quedarían sometidos a una tensión U_{C1} tal y como se muestra en la Figura 5. Los valores del condensador (C_1) y la resistencia (R_{c1}) se ajustan de manera que la tensión U_{C1} sea inferior a la tensión de avalanche del diodo zener (D_{z1}) para que este no conduzca en caso de intensidades inferiores a I_{IH1} . Por tanto, se conduce la intensidad reducida a
 25 través del tiristor de menor intensidad nominal (T_{L1}) y no se produce el disparo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), debido a que el tiristor auxiliar (T_{aux1}) no es disparado.

30 En el segundo modo de funcionamiento, la intensidad es superior o igual a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor corriente nominal (T_{H1}) ($I \geq I_{IH1}$), pudiendo asegurarse su adecuada conducción. El proceso de disparo de dicho tiristor (T_{H1}) sigue las siguientes etapas. En primer lugar, dada la intensidad I que circula, se genera una tensión en el condensador (C_1) tal que se produce la actuación del diodo zener (D_{z1}) que provoca la circulación de corriente a través de la puerta del tiristor auxiliar (T_{aux1}), tal y como se muestra en la Figura 6A. Nótese que las resistencias (R_{a1} y R_{b1}) forman un
 35 divisor de intensidad, por lo que para maximizar la corriente hacia la puerta del tiristor auxiliar (T_{aux1}) se deben seleccionar cumpliendo que $R_{a1}/R_{b1} \ll 1$. En particular, el disparo

del tiristor auxiliar (T_{aux1}) se producirá si la tensión e intensidad, U_{Gaux} e I_{Gaux} , en la puerta del tiristor auxiliar (T_{aux1}) y mostradas en la Figura 6A, son superiores a las tensiones de puerta e intensidad de puerta de (T_{aux1}) que garantizan su disparo.

- 5 Como consecuencia del disparo del tiristor auxiliar (T_{aux1}) se tendría el circuito que se muestra en la Figura 6B. Entonces, el tiristor auxiliar (T_{aux1}) alimenta a la puerta del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), de manera que se producirá su disparo siempre y cuando se den las condiciones para ello. En particular, de la misma manera que en el caso del tiristor auxiliar (T_{aux1}), se debe verificar que $U_{GT_{H1}}$ e $I_{GT_{H1}}$ sean superiores a los correspondientes valores de tensión e intensidad de disparo de puerta de dicho tiristor. En ese caso, se producirá el disparo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1}), de forma que la intensidad estaría conducida exclusivamente por este tiristor, tal y como se muestra en la Figura 6C.
- 10

REIVINDICACIONES

1.- Interruptor estático de corriente alterna que comprende:

- 5 i) un primer terminal (A) y un segundo terminal (B), destinados a conectarse a cualquier circuito externo de corriente alterna en el que se requiera controlar la intensidad,
- 10 ii) un primer juego de dos tiristores (T_{L1} y T_{H1}) tales que sus intensidades nominales cumplen que $I_{nH1} > I_{nL1}$, que se conectan en paralelo entre sí, comprendiendo cada uno de ellos un ánodo, un cátodo y una puerta, conectándose los ánodos al primer terminal (A),
- 15 iii) un segundo juego de dos tiristores (T_{L2} y T_{H2}) tales que sus intensidad nominales cumplen que $I_{nH2} > I_{nL2}$, que se conectan en paralelo entre sí y en antiparalelo con respecto al primer juego de tiristores (T_{L1} y T_{H1}), comprendiendo cada uno de ellos un ánodo, un cátodo y una puerta, y conectándose los ánodos al segundo terminal (B),
- iv) unos circuitos de disparo (CD_{C1} y CD_{C2}) conectados a las puertas y cátodos de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) respectivamente, para generar el disparo de los mismos,
- v) un dispositivo de control (CL) conectado a los circuitos de disparo (CD_{C1} y CD_{C2}),
- 20 vi) unos circuitos de disparo triterminales (CD_1 y CD_2) que gestionan el disparo de los tiristores de mayor intensidad nominal, (T_{H1} y T_{H2}), y que comprenden, respectivamente:
- 25 i) unos primeros terminales (t_{a1} y t_{a2}) conectados a los cátodos de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}) respectivamente,
- ii) unos segundos terminales (t_{b1} y t_{b2}) conectados a los cátodos de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}), respectivamente, y
- iii) unos terceros terminales (t_{c1} y t_{c2}) conectados a la puerta de los tiristores de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2})
- donde los circuitos de disparo triterminales (CD_1 y CD_2) están configurados para:
- 30 • cuando la intensidad que circula es inferior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) ($I < I_{IH1}$ y $I < I_{IH2}$), permitir la conducción de intensidad únicamente a través de los tiristores de menor intensidad nominal (T_{L1} y T_{L2}), bloqueando la intensidad en los terceros terminales (t_{c1} y t_{c2}) y,
- 35 • cuando la intensidad que circula es superior a la intensidad de bloqueo del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) ($I > I_{IH1}$ y $I > I_{IH2}$),

5 alimentar la puerta del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) a
través del tercer terminal (t_{c1} y t_{c2}), produciendo su disparo cuando una
corriente (I_{Gaux}) de puerta del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y
 T_{H2}) y una tensión (U_{Gaux}) de puerta-cátodo del tiristor de mayor intensidad
10 nominal (T_{H1} y T_{H2}), entre el tercer terminal (t_{c1} y t_{c2}) y el segundo terminal
(t_{b1} y t_{b2}), son superiores a los valores de tensión e intensidad de disparo
de puerta del tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}), y para, una
vez producido el disparo, permitir la conducción de intensidad únicamente
15 por el tiristor de mayor intensidad nominal (T_{H1} y T_{H2}) a través de los
terceros terminales (t_{c1} y t_{c2}).

2.- El interruptor estático de la reivindicación 1, en el que cada uno de los circuitos de
disparo triterminales (CD_1 y CD_2) comprende:

- 15 i) un condensador (C_1), conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y el segundo
terminal (t_{b1}).
- ii) una resistencia (R_{c1}), conectada entre el primer terminal (t_{a1}) y el segundo
terminal (t_{b1}) y en paralelo con el condensador (C_1).
- iii) un tiristor auxiliar (T_{aux1}) conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y el tercer terminal
(t_{c1}) con una resistencia en serie (R_{gH1}),
- 20 iv) un divisor de tensión que comprende unas resistencias (R_{a1} y R_{b1}), conectado a
la puerta del tiristor auxiliar (T_{aux1}) y al segundo terminal (t_{b1}),
- v) un diodo zener (D_{z1}), conectado entre el primer terminal (t_{a1}) y un punto medio
del divisor de tensión.

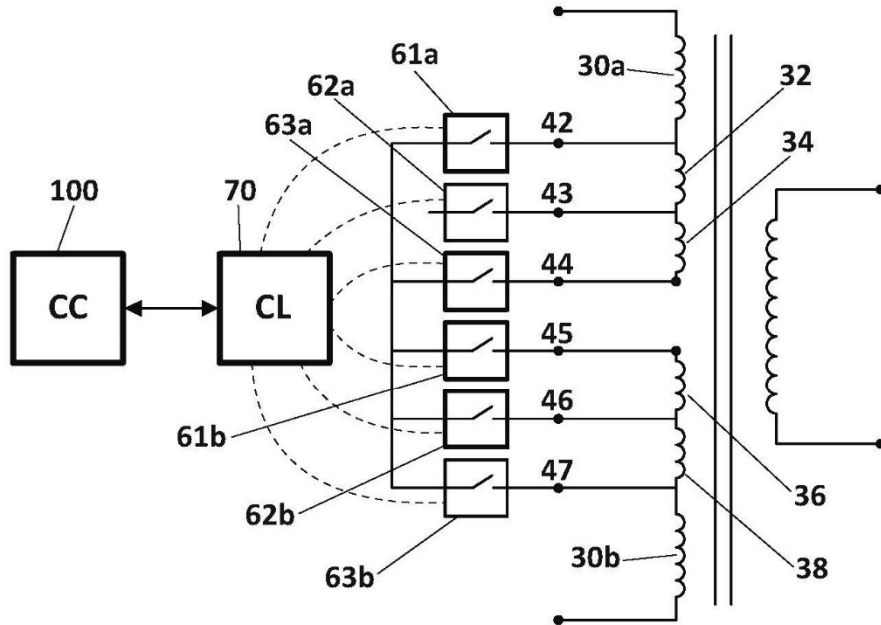


FIG. 1
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

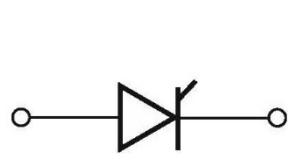


FIG. 2A
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

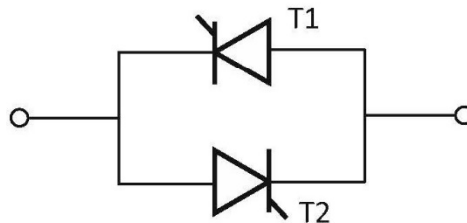


FIG. 2B
(ESTADO DE LA TÉCNICA)

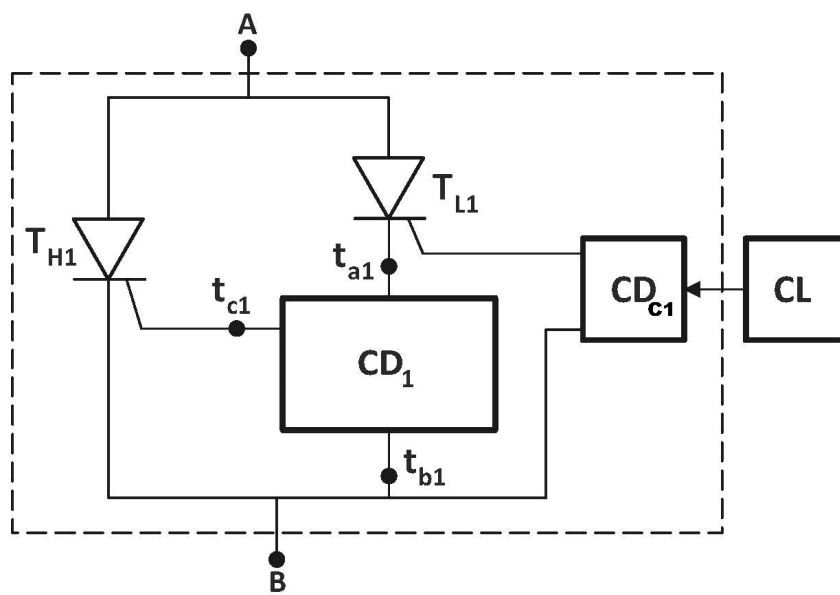


FIG. 3A

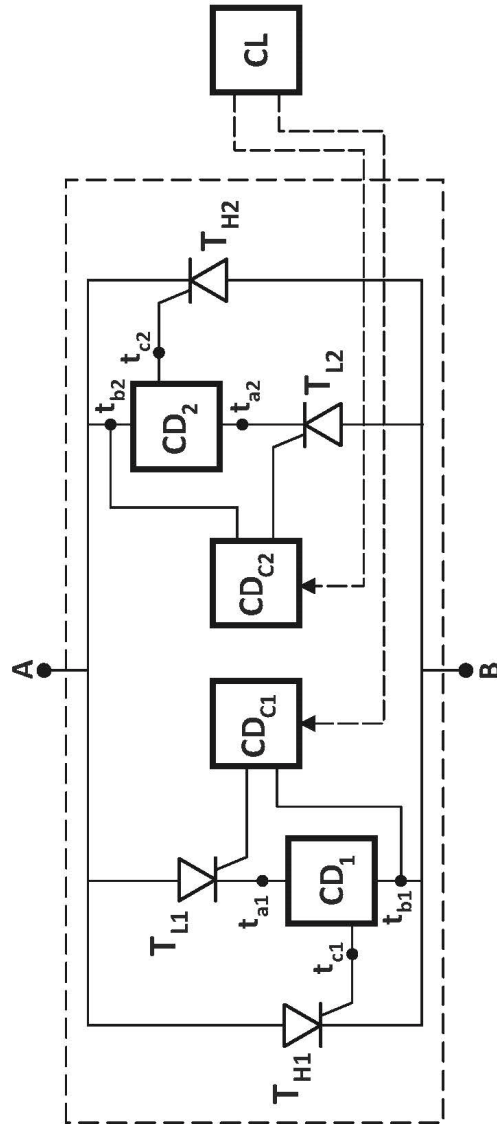


FIG. 3B

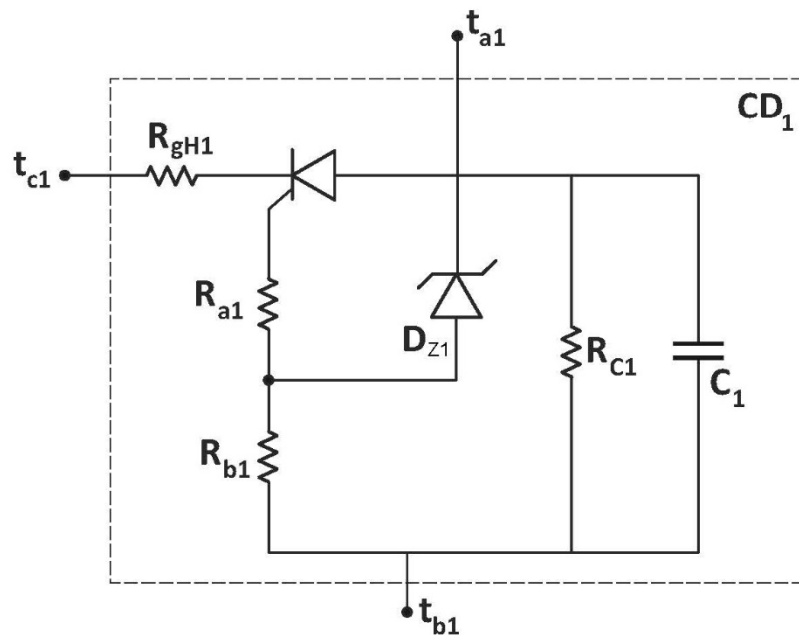


FIG. 4

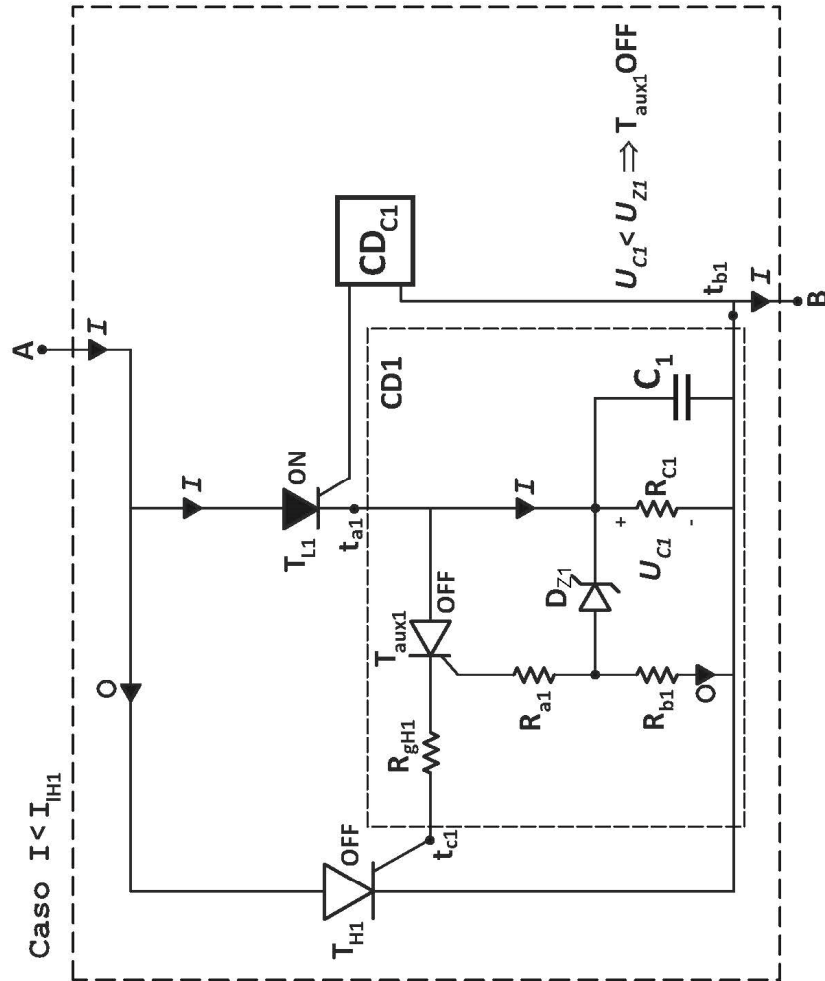


FIG. 5

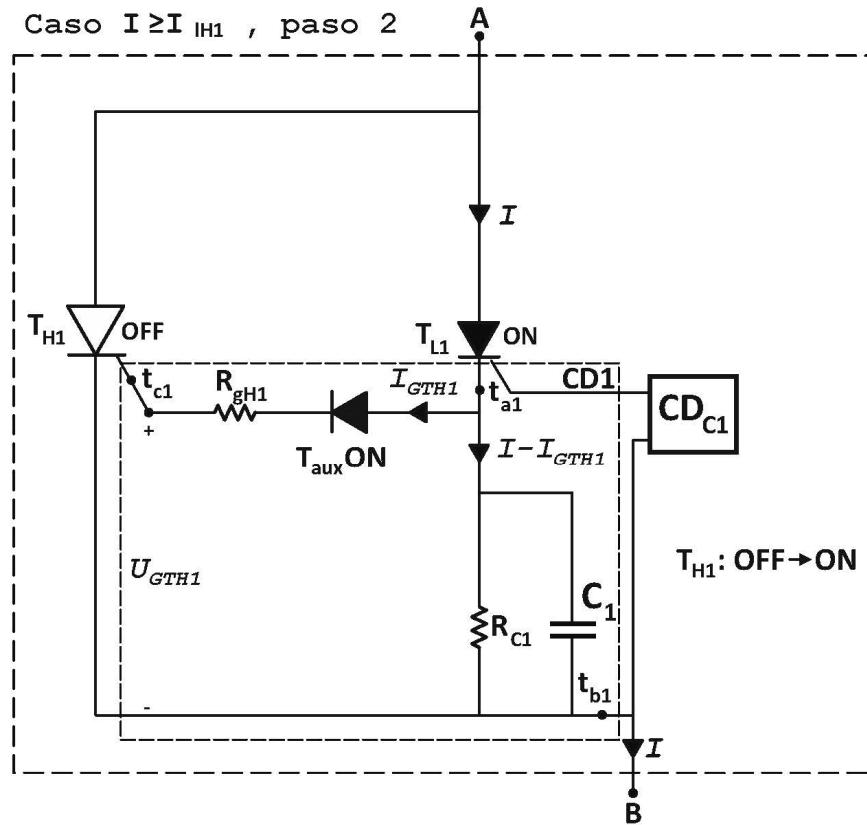


FIG. 6B

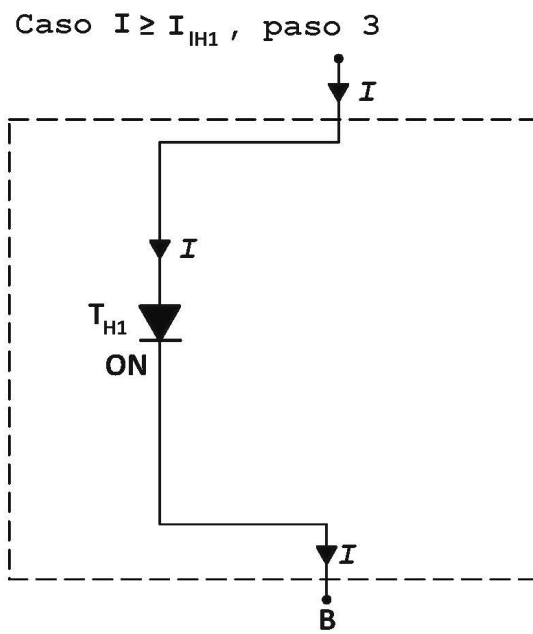


FIG. 6C