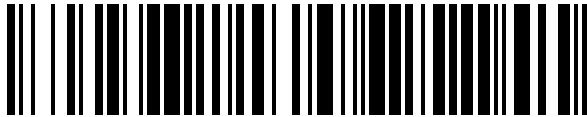


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **1 274 884**

(21) Número de solicitud: 202130877

(51) Int. Cl.:

<b>H02H 3/087</b>	(2006.01)	<b>H02H 3/02</b>	(2006.01)
<b>H02H 3/02</b>	(2006.01)	<b>H03K 17/082</b>	(2006.01)
<b>H03K 17/082</b>	(2006.01)	<b>G05F 1/573</b>	(2006.01)
<b>G05F 1/573</b>	(2006.01)		

(12)

## SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

(22) Fecha de presentación:

**16.10.2018**

(71) Solicitantes:

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ (100.0%)  
AVDA. DE LA UNIVERSIDAD S/N  
03202 ELCHE (Alicante) ES**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**26.07.2021**

(72) Inventor/es:

**SEMPERE MARROQUÍ, David;  
GARRIGOS SIRVENT, Ausias y  
BLANES MARTÍNEZ, José Manuel**

(54) Título: **DISPOSITIVO AUTOAJUSTABLE DE PROTECCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA**

ES 1 274 884 U

**DESCRIPCIÓN****DISPOSITIVO AUTOAJUSTABLE DE PROTECCIÓN DE CORRIENTE CONTINUA****5 CAMPO DE LA INVENCIÓN**

La presente invención se enmarca dentro del campo técnico correspondiente a las protecciones eléctricas. Más concretamente, la invención está referida, aunque sin limitación, a un dispositivo conectado en serie entre una fuente de alimentación de corriente continua y una carga eléctrica, capaz de limitar e interrumpir la corriente continua circulante.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

15 Las sobrecargas y los arcos eléctricos en sistemas de distribución en corriente continua hasta 1500 voltios son problemas que afectan tanto a las fuentes eléctricas de corriente continua como a las cargas. Dichos problemas pueden generar la parcial o completa inutilización de dichos elementos eléctricos o, incluso, la generación de incendios en el orden de pocos milisegundos en distintas aplicaciones tales como centros de datos y

20 telecomunicaciones, microrredes, redes eléctricas inteligentes o "Smart grids", sistemas fotovoltaicos, sistemas de movilidad eléctrica o sistemas aeronáuticos y espaciales, entre otras. De este problema surge la necesidad de contar con protecciones eléctricas capaces de actuar de forma rápida, fiable y adaptada a las posibles fallas que puedan surgir durante el funcionamiento de dichos sistemas eléctricos de corriente continua.

25

En la actualidad, son conocidos en el mercado dispositivos electromecánicos de protección eléctrica, caracterizados por ser lentos en una escala de tiempos relativa a las sobrecargas o arcos eléctricos. Por otro lado, existen otro tipo de dispositivos de protección eléctrica, más rápidos que los electromecánicos, basados en el uso de dispositivos 30 semiconductores, que generalmente hacen uso de elementos digitales programables, como microcontroladores, lo que aumenta la complejidad y las probabilidades de error en el dispositivo, además de aumentar el precio potencial de dispositivo, sus dimensiones y el consumo eléctrico asociado al mismo.

35 Adicionalmente, son conocidas las siguientes divulgaciones de patentes en el presente campo técnico: en la solicitud de patente US2014354039A1 se divulga un dispositivo

- electrónico de protección de corriente continua, preparado para conectarse en serie entre una fuente de alimentación de corriente continua y una carga eléctrica. Dicho dispositivo comprende una resistencia de medida de corriente y un transistor MOSFET de canal P, que actúa en función de dicha medida de corriente. Gracias a este dispositivo se puede
- 5 limitar la corriente máxima y realizar el corte de la alimentación, así como temporizar la limitación de la corriente máxima. Para ello, el dispositivo evoluciona secuencialmente por los estados de falla, limitación y circuito abierto. Sin embargo, por un lado, el tiempo de limitación está predeterminado y no es función de la intensidad de falla. Además de ello, este dispositivo se basa en el uso de un microcontrolador para realizar la evolución
- 10 secuencial entre los distintos estados. Por último, el empleo de un transistor MOSFET de canal P presenta desventajas con respecto a transistores de canal N, en sistemas de distribución por encima de 300 V en corriente directa debido a la elevada resistencia en conducción.
- 15 El documento US4835649A describe un limitador de corriente con señales externas de rearme y apagado, que controla un interruptor MOSFET de canal P serie para protección contra sobrecargas. La resistencia del MOSFET en conducción es variable con la temperatura y autoajusta el punto de apertura por sobrecorriente. El funcionamiento de apertura es rápido con tiempos entre 10 y 50 microsegundos. Por otro lado, la aplicación
- 20 de la invención de esta patente concedida está adaptada a sistemas entre 15V y 50V.

Por último, la patente estadounidense US7746613B1 expone un método y dispositivo para limitar adaptativamente la corriente o la potencia máxima empleando un circuito electrónico basado en amplificadores operacionales, una resistencia en serie de medida de corriente, así como un transistor MOSFET de canal P.

Por tanto, en el estado de la técnica no existe una solución autoajustable, autónoma energética y operativamente, que permita realizar las funciones de limitación e interrupción de la corriente continua a altas tensiones, por encima de 300V, permitiendo evolucionar

25 entre estados de encendido, falla, limitación, apagado.

## **DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCIÓN**

El objeto de la presente invención se refiere, aunque sin limitación, a un dispositivo de

35 interrupción de corriente continua, apto para conectarse en serie entre una fuente de

corriente continua y una carga, que comprende al menos cuatro estados de funcionamiento secuenciales dependientes de la intensidad circulante por el dispositivo:

- estado encendido, donde la intensidad demandada por la carga es inferior a una intensidad límite fijada en el dispositivo;

5 - estado de falla, donde la intensidad por el dispositivo es superior a la intensidad límite fijada;

- estado de limitación de corriente, donde la intensidad demandada por la carga es superior a la intensidad fijada por el dispositivo, pero es limitada por el mismo; y

- estado de apagado, donde el dispositivo queda en estado de alta impedancia

10 forzando una intensidad prácticamente nula.

Dicho dispositivo comprende al menos:

- un terminal de entrada del dispositivo;

- un terminal de salida del dispositivo;

15 - un terminal común del dispositivo;

- un transistor de efecto campo responsable del corte y limitación de la corriente, conectado al terminal de salida;

- una resistencia de medida de corriente, conectada en serie con el transistor de efecto campo;

20 - un circuito de detección de corriente de falla conectado en paralelo a la resistencia de medida de corriente, configurado para restringir el régimen de trabajo del transistor de efecto campo a una zona lineal con intensidades circulantes por el dispositivo igual a la intensidad límite;

- un circuito de medida de corriente conectado en paralelo a la resistencia de medida para medir la corriente que circula por el dispositivo;

- un circuito de polarización con capacidad de maniobra de desconexión, conectado entre el terminal de entrada y el terminal común;

- un circuito de disparo del transistor de efecto de campo, conectado al transistor de efecto de campo, y al circuito de detección de corriente de falla. Dicho circuito está

30 configurado para hacer funcionar al dispositivo en los estados de encendido, limitación de corriente, apagado;

- un circuito de temporización, conectado al circuito de medida de corriente y al circuito de enclavamiento, configurado para ajustar la duración del estado de limitación de corriente en función de la corriente medida durante el estado de falla;

- un circuito de enclavamiento, conectado al circuito de detección de corriente de falla, al circuito de temporización y al circuito de disparo, donde dicho circuito de enclavamiento está configurado para mantener al dispositivo en el estado apagado;
- 5      - un circuito de comando de rearme, conectado al circuito de enclavamiento que permite evolucionar al estado de encendido desde el estado de apagado;
- un circuito de comando de apagado, conectado al circuito de disparo del transistor de efecto campo que permite evolucionar al estado de apagado desde el estado de encendido.
- 10     En una forma preferida de realización de la invención, el circuito de enclavamiento del dispositivo comprende unos medios de generación de una señal de apagado, configurada para pasar del estado de limitación de corriente al estado de apagado de forma autónoma.
- 15     En otra forma de realización de la invención, el circuito de comando de rearme del dispositivo comprende unos medios de generación de una señal de rearne, configurada para pasar del estado de apagado al estado de encendido.
- 20     En otra forma preferida de realización, el circuito de detección de corriente de falla del dispositivo comprende una o más resistencias configuradas para ajustar la intensidad límite.
- 25     En una forma más de realización, el circuito de disparo del transistor de efecto campo del dispositivo de la invención, comprende una o más resistencias configuradas para ajustar el tiempo de permanencia en el estado de falla.
- 30     Aún una forma más de realización, en la que el circuito de medida de corriente del dispositivo de la invención comprende una o más resistencias configuradas para ajustar el tiempo de desconexión, que se compone de los tiempos de falla y de limitación de corriente.
- 35     En una forma también preferida de realización, las resistencias del dispositivo de la invención involucradas en la configuración de los parámetros de ajuste, comprenden

resistencias o sensores resistivos dependientes de una o más magnitudes físicas. Así, el dispositivo es preferentemente autoajustable, al modificarse la magnitud que afecta a dichas resistencias dependientes.

- 5    Dichas resistencias o sensores resistivos del dispositivo de la invención, según esta forma de realización preferida, son dependientes de las siguientes magnitudes físicas: temperatura, tensión eléctrica, campo magnético, humedad, presencia de gases o luz. De esta forma, el ajuste de la intensidad límite, del tiempo de falla o del tiempo de limitación de corriente, no requiere modificar el circuito, ni introducir señales externas.

10

En otra realización adicional de la presente invención, el dispositivo comprende además un diodo de libre circulación para cargas inductivas.

15    La presente invención también comprende un sistema compuesto de, al menos, dos dispositivos según la invención, como los descritos anteriormente, conectados entre sí mediante un diodo serie en antiparalelo, con el objetivo de funcionar en condiciones de bidireccionalidad en corriente.

20    Los dispositivos de la invención pueden ser utilizados hasta la tensión máxima de bloqueo del transistor empleado.

Los dispositivos de la invención pueden ser utilizados ser también utilizados hasta la corriente máxima de paralelización del transistor principal.

25    Los dispositivos de la invención pueden ser utilizados autoajustando el tiempo de permanencia en estado de limitación con el fin de garantizar la integridad del dispositivo, la carga y la fuente, en función de la magnitud de la falla a proteger, sin necesidad de sistemas digitales, ni de la medida de la potencia disipada.

30    Los dispositivos de la invención pueden ser utilizados de forma autónoma, sin el uso de fuentes de alimentación auxiliares.

35    Por lo general, el dispositivo de la invención trabaja en un rango de tensiones inferior a 1500V, esto es debido a que el dispositivo presenta un límite de tensión establecido por la capacidad de bloqueo del transistor de efecto campo responsable del corte y limitación de corriente. El límite de tensión en los transistores efecto campo comerciales es del orden

de 1500V en la actualidad, sin embargo, en el futuro, su actualización permitirá trabajar a tensiones superiores.

En una realización preferente de la invención, el transistor de efecto de campo es un

5 transistor de canal N. Gracias a este tipo de transistor es posible conectar el dispositivo en sistemas de distribución por encima de 300 V en corriente continua.

En una realización preferente de la invención, el dispositivo es capaz de pasar al estado apagado y enclavado mediante una señal de apagado.

10 En una realización preferente de la invención, el dispositivo es capaz de pasar del estado de apagado al estado encendido mediante una señal de rearne.

En la presente invención, la combinación del grado del fallo eléctrico detectado, junto con

los factores identificados a través de los sensores resistivos, determina la duración del

15 tiempo de protección conferido por el dispositivo de la invención.

La presente invención puede ser aplicada en el ámbito de las protecciones eléctricas, entre otras aplicaciones: vehículos eléctricos terrestres, aeronaves, así como en el ámbito aeroespacial y más específicamente a los satélites.

20

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques general con la conexión de los distintos

circuito y elementos de los que se compone el dispositivo, según una realización

25 preferente de la invención.

La Figura 2 muestra la evolución temporal de la corriente que circula por el transistor de efecto de campo y la tensión que bloquea dicho elemento en caso de producirse una falla, representándose los estados en los que evoluciona secuencialmente el sistema, estado

30 de falla, estado de limitación de corriente y estado de apagado, según una realización preferente de la invención.

La Figura 3 muestra una realización preferente de la implementación del circuito

electrónico del dispositivo de protección para corriente continua de estado sólido con

35 limitación activa de corriente y tiempo de enclavamiento autoajustables.

La Figura 4 muestra una realización de la invención, en modo bidireccional, que comprende al menos dos dispositivos, según la invención, conectados entre sí en antiparalelo con un diodo serie en cada uno de ellos.

## 5 REFERENCIAS NUMÉRICAS UTILIZADAS EN LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características técnicas de la invención, las citadas Figuras se acompaña de una serie de referencias numéricas donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa lo siguiente:

10

(1)	Terminal de entrada
(2)	Terminal de salida
(3)	Terminal común
(4)	Transistor de efecto campo
(5)	Resistencia de medida de corriente
(6)	Circuito de detección de corriente de falla
(7)	Circuito de medida de corriente
(8)	Circuito de polarización con comando de desconexión
(9)	Circuito de disparo del transistor de efecto campo
(10)	Circuito de temporización
(11)	Circuito de enclavamiento
(12)	Circuito de comando de rearme
(13)	Circuito de comando de apagado
(14)	Diodo de libre circulación para cargas inductivas
Terminal A	Terminal de entrada/salida del dispositivo configurado para bidireccionalidad de corriente.
Terminal B	Terminal de entrada/salida del dispositivo configurado para bidireccionalidad de corriente.
Común	Terminal común (3) del dispositivo configurado para bidireccional de corriente.
(1A)	Terminal de entrada (1) del dispositivo A, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(1B)	Terminal de entrada (1) del dispositivo B, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(2A)	Terminal de salida (2) del dispositivo A, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(2B)	Terminal de salida (2) del dispositivo B, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(3A)	Terminal común (3) del dispositivo A, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(3B)	Terminal común (3) del dispositivo B, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(DA)	Diodo serie para dispositivo A, en configuración para bidireccionalidad de corriente
(DB)	Diodo serie para dispositivo B, en configuración para bidireccionalidad de corriente

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN**

Se procede a continuación a describir un ejemplo de realización preferida de la presente invención, aportada con fines ilustrativos, pero no limitativos de la misma.

- 5 Un objeto principal de la invención se refiere, tal y como se ha descrito en los apartados precedentes, y según se ha representado en el diagrama de bloques de la Figura 1 del presente documento, a un dispositivo de protección eléctrica conectado en serie entre una fuente de corriente continua y una carga eléctrica, capaz de limitar e interrumpir la corriente en sistemas de corriente continua, que comprende de forma general:
- 10 - un terminal de entrada (1) del dispositivo;  
- un terminal de salida (2) del dispositivo;  
- un terminal común (3) del dispositivo;  
- un transistor de efecto campo (4) de corte y limitación de la corriente, conectado al terminal de salida (2);
- 15 - una resistencia de medida de corriente (5), conectada en serie con el transistor de efecto campo (4);  
- un circuito de detección de corriente de falla (6), conectado en paralelo con la resistencia de medida (5);  
- un circuito de medida de corriente (7) conectado en paralelo con la resistencia de medida (5);
- 20 - un circuito de polarización (8) con comando de desconexión, conectado entre el terminal de entrada (1) y el terminal común (3);  
- un circuito de disparo (9) del transistor de efecto campo (4), con una de sus entradas conectada al circuito de detección de corriente de falla (6) y sus salidas conectadas al transistor de efecto campo (4);
- 25 - un circuito de temporización (10), cuya entrada está conectada al circuito de medida de corriente (7);  
- un circuito de enclavamiento (11), con una entrada conectada al circuito de detección de corriente de falla (6) y otra al circuito de temporización (10), y cuya salida
- 30 está conectada al circuito de disparo (9);  
- un circuito de comando de rearme (12), cuya salida está conectada al circuito de enclavamiento (11);  
- un circuito de comando de apagado (13), cuya salida está conectada al circuito de disparo (9);
- 35 - un diodo de libre circulación (14) conectado entre los terminales 2 y 3 para ser utilizado con cargas inductivas.

Por tanto, la invención está preparada para ser empleada junto una fuente eléctrica de corriente continua, conectada entre el terminal de entrada (1) y el terminal común (3), y una carga eléctrica de corriente continua conectada entre el terminal de salida (2) y el terminal común (3). En una realización preferente de la invención, los terminales eléctricos de entrada (1), salida (2) y común (3) pueden implementarse, cada uno de ellos, en uno o varios conectores físicos.

De cara a facilitar la comprensión y la descripción de las características inventivas de la invención, a continuación, se detalla el funcionamiento y la relación entre los bloques del dispositivo. Para ello se describen a continuación los cuatro estados de funcionamiento en los que puede encontrarse el dispositivo:

- estado encendido, donde la intensidad demandada por la carga es inferior a una intensidad límite fijada en el dispositivo;
- 15 - estado de falla, donde la intensidad por el dispositivo es superior a la intensidad límite fijada;
- estado de limitación de corriente, donde la intensidad demandada por la carga es superior a la intensidad fijada por el dispositivo, pero es limitada por el mismo; y
- estado de apagado, donde el dispositivo queda en estado de alta impedancia
- 20 forzando una intensidad prácticamente nula.

En estado encendido, la intensidad nominal circula a través de la resistencia de medida de corriente (5) y por el transistor de efecto campo (4) que se encuentra en conducción, según se muestra en la Figura 2 para tiempos  $t$  menor a  $t_1$ . Debido a la baja resistencia de encendido que presenta el dispositivo, en éste se producen muy bajas pérdidas de potencia.

Según se muestra en la Figura 2, ante la sucesión de un evento en el que se incrementara la corriente por el terminal de salida (2) y superara el valor máximo establecido, es decir, 30 la intensidad límite ( $i_{\text{Límite}}$ ), el dispositivo entra en el estado de falla. En dicho estado de funcionamiento, definido por el intervalo de tiempo  $t_1-t_2$ , el transistor de efecto campo (4) se encuentra en modo de conducción y por tanto la corriente queda únicamente limitada por la resistencia de medida de corriente (5), la resistencia equivalente del transistor de efecto campo (4) en modo de conducción, denominada típicamente  $R_{\text{dson}}$  y la impedancia 35 resultante entre el terminal de salida (2) y terminal común (3), llamada simplemente resistencia de carga ( $R_{\text{carga}}$ ). Debido a que la resistencia de medida de corriente (5) y la

Rdson son de valor óhmico muy bajo, la magnitud de la intensidad de falla ( $i_{Falla}$ ) queda prácticamente definida por la resistencia de carga. Con objeto de proteger la fuente de corriente continua, la carga y el dispositivo de protección, el tiempo en estado de falla debe ser reducido y estar limitado entre centenares de nanosegundos y centenares de 5 microsegundos. El tiempo de estado de falla queda definido por el circuito de disparo del transistor de efecto campo (9) y puede ser autoajustable respecto a otra magnitud física empleando resistencias dependientes con dicha magnitud física.

Una vez transcurrido el estado de falla, el dispositivo entra en estado de limitación de 10 corriente, definido por el intervalo  $t_2-t_3$ , según se muestra en la Figura 2. En este lapso de tiempo  $t_2-t_3$ , gracias al circuito detector de corriente de falla (6), al circuito de temporización (10), la resistencia de medida de corriente (5) y el transistor de efecto campo (4) funcionando en zona lineal, el dispositivo mantiene una intensidad límite ( $i_{Límite}$ ) con independencia de la magnitud de la intensidad de falla. Este estado de funcionamiento 15 puede implicar, en función del grado de la falla, una gran disipación de potencia en el transistor de efecto campo (4), por lo que el tiempo en estado de limitación de corriente debe ser limitado en consecuencia. Valores típicos, no exclusivos, pueden estar entre varios centenares de microsegundos y decenas de segundos. El valor de la intensidad límite ( $i_{Límite}$ ) puede ser ajustado respecto a otra magnitud física empleando resistencias 20 dependientes con dicha magnitud física. Mediante la configuración de la resistencia de medida de corriente (5), del circuito de medida de corriente (7) y del circuito de temporización (10), el dispositivo ajusta automáticamente el tiempo en estado de limitación de corriente. El tiempo de estado de limitación de corriente puede ser autoajustable respecto a otra magnitud física empleando resistencias dependientes con dicha magnitud 25 física.

Tras finalizar el estado de limitación de corriente, según se muestra en la Figura 2, para tiempo  $t$  mayor que  $t_3$ , el dispositivo pasa al estado de apagado. En este estado, y gracias 30 al circuito de disparo (9) y al circuito de enclavamiento (11), el transistor de efecto campo (4) se encuentra en estado apagado, garantizando una alta impedancia entre sus terminales con independencia de que la falla siga presente o haya desaparecido. El intervalo de tiempo que comprende el intervalo  $t_1-t_3$  representado en la Figura 2 se le denomina, tiempo de desconexión. Si el tiempo de sobrecarga, intervalo representado en 35 la Figura 2 como  $t_1-t_4$  fuese menor al tiempo de desconexión, el dispositivo evolucionaría de nuevo al estado de encendido.

El dispositivo también puede pasar a estado de apagado mediante una señal de apagado externo que gobierna el circuito de comando de apagado (13) con independencia de haberse producido una falla. Del estado de apagado se evoluciona al estado de encendido mediante la señal que gobierna el circuito de rearme (12).

5

Para el correcto funcionamiento del dispositivo, éste posee un circuito de polarización (8) que puede contener un comando de control de la alimentación. La desconexión de la alimentación en el circuito de polarización supone el apagado general del dispositivo, sin consumo eléctrico por parte de los bloques integrantes y manteniendo el transistor de efecto campo (4) en estado apagado. El dispositivo se encontrará en estado de encendido una vez activado el circuito de polarización.

Una posible realización preferente, no exclusiva, de la invención se encuentra representada en la Figura 3. A continuación se realiza la identificación de los circuitos descritos de la Figura 1 de la invención y los elementos de la Figura 3:

- el transistor de efecto campo (4) como elemento principal de limitación de corriente y corte es M1;
  - la resistencia de medida de corriente (5) es R27;
  - el circuito de detección de corriente de falla y limitación (6) se compone de Q11, R24, Q15, R32, R33 y R34. Este circuito emplea R27;
  - el circuito de medida de corriente (7) se compone de R25, Q12, R26, Q13, R28, R30, R29, Q14 y R31. Este circuito emplea R27;
  - el circuito de polarización con comando de desconexión (8) se compone de Z1, R8, R10, Q4, R13, R12, J1, R16 y Q6;
  - el circuito de disparo del transistor de efecto campo (9) se compone de R19, Q9, DF1, R23 y R35;
  - el circuito de temporización (10) se compone de C1, R5, R6, Q3 y R7;
  - el circuito de enclavamiento (11) se compone de R9, R11, Q5, R14, R15, R17, R18, Q7, D1 y D2;
  - el circuito de comando de rearme (12) se compone de R1, R2, Q1, R3, Q2 y R4;
  - el circuito de comando de apagado (13) se compone de R20, R21, Q8, R22 y Q10;
  - el diodo D3 es un diodo de libre circulación para cargas inductivas (14).
- 35 Con la ayuda de la Figura 3, se realiza una exposición detallada de una realización preferente de la invención. En primer lugar, la polarización del dispositivo se realiza a partir

de los elementos Z1, J1 y R16. J1 y R16 forman una fuente de corriente que permite polarizar a Z1 para fijar una tensión de referencia por debajo de la tensión del terminal de entrada. Dicha fuente de corriente también hace de sumidero de corriente para el circuito de detección de falla (6), circuito de medida de corriente (7), circuito de temporización (10),  
 5 circuito de disparo del transistor de efecto campo (9) y circuito de enclavamiento (11). Existe la posibilidad de control de la polarización mediante un circuito de desconexión implementado por los elementos R8, R10, Q4, R12, R13 y Q6. El control de la desconexión de la polarización se realiza con una señal, denominada VCC, de forma que, al aparecer un nivel lógico alto, Q6 queda en abierto y por tanto no circula corriente por J1. Dicha  
 10 implementación, no exclusiva, permite la polarización del dispositivo, y puede ser modificada, eliminando R8, Q4 y R10 y controlando directamente Q6, para invertir la lógica de control de la polarización.

En estado de encendido, existe una tensión continua entre los terminales de entrada (1) y  
 15 común (3) y una carga eléctrica de corriente continua conectada entre los terminales salida (2) y común (3). La corriente demandada por dicha carga eléctrica se sitúa por debajo de la intensidad límite (iLímite). En dicho estado de encendido, M1 permanece en modo conducción, presentando una resistencia Rdson entre sus terminales de drenador y surtidor de valor muy reducido. A partir del análisis de la malla formada por Z1, R27, Q15,  
 20 R33 y R34 se deduce que la corriente que circula por R34 es la que se muestra en la ecuación [Ec. 1].

$$I_{R34} = \frac{V_{Z1} - I_{R27}R_{27} - V_{EBQ15}}{R_{34}} \quad [\text{Ec.1}]$$

Estando el dispositivo en estado encendido, Q11 permanece abierto, de forma que Q9 permanece encendido a través de R23 y R24. La corriente que circula por Q9, limitada por  
 25 R19, polariza el diodo emisor de luz del circuito de disparo fotovoltaico, DF1, generando una tensión suficiente entre los terminales de puerta y surtidor de M1, que lo mantienen en conducción. Por otro lado, D1, está en conducción y mantiene C1 descargado, quedando Q5 en saturación, mientras que Q7 y D2 permanecen en corte.

30 El circuito permanece en este estado hasta que la corriente por R27 supera cierto valor, denominada iLímite. En estas condiciones se establece un lazo de realimentación negativa que limita la corriente y que está determinado por Z1, Q11, R27, Q15, R33 y R34. Dicha corriente se alcanza cuando Q11 y Q15 tienen la misma tensión emisor-base. Asumiendo esta condición y suponiendo que las corrientes de base de Q11 y Q15 son despreciables,

se concluye que la caída de tensión en R27 es igual a la caída de tensión en R33. A partir de esta igualdad se obtiene el valor de la corriente límite, según se muestra en la ecuación [Ec. 2], donde R33 es el elemento de ajuste preferido, pero no exclusivo. Si además R33 es una resistencia o conjunto de resistencias dependientes de una magnitud física, el límite de corriente variará acorde a la relación entre R33 y dicha magnitud. Algunos ejemplos típicos, pero no exclusivos, son, resistencias dependientes con la temperatura, resistencias dependientes con la iluminación o resistencias dependientes del campo magnético.

$$I_{Límite} = \frac{I_{R34}R_{33}}{R_{27}} \approx \frac{V_{Z1}R_{33}}{R_{34}R_{27}} \quad [\text{Ec.2}]$$

10 Una vez se supera la intensidad iLímite, el lazo de realimentación dado por Z1, Q11, R27, Q15, R33 y R34, actúa sobre el circuito de disparo (9) compuesto por R19, Q9, DF1, R23, y R35, para mantener en M1 la corriente dada por la ecuación [Ec. 2]. Para ello, la tensión entre emisor y colector de Q11 se reduce, ajustando la corriente que circula por Q9 y por ende el voltaje en los terminales puerta y surtidor de M1. La disminución de la tensión entre puerta y surtidor de M1 fuerza a dicho elemento a operar en zona lineal, siendo capaz de regular la corriente y mantener al circuito en zona de limitación de corriente.

20 Sin embargo, antes de alcanzar al estado de limitación de corriente, el sistema pasa por el estado de falla. Dicho intervalo viene determinado por el tiempo en el que M1 pasa de modo de conducción a modo lineal y depende de R35, las características dinámicas de M1 y de DF1. R35 es el elemento de ajuste preferido, pero no exclusivo, del tiempo de estado de falla. Si además R35 es una resistencia o conjunto de resistencias dependientes de una magnitud física, el tiempo de estado de falla variará acorde a la relación entre R35 y dicha magnitud. Algunos ejemplos típicos, pero no exclusivos, son, resistencias dependientes con la temperatura, resistencias dependientes con la iluminación o resistencias dependientes del campo magnético.

30 Al entrar en el estado de falla, D1 pasa a corte y el circuito de temporización (10), compuesto por C1, R5, R6, Q3 y R7, inicia su función. El tiempo de carga de C1 determina el tiempo de desconexión, antes de entrar en el estado de apagado. Dicho tiempo, según se muestra en la ecuación [Ec. 3], depende principalmente de tres parámetros, el valor de la tensión de Z1, el valor de C1 y el valor de la resistencia equivalente (Req) formada por R5, R6, R7, R28 y Q3. R5 es el elemento de ajuste preferido del tiempo de estado de

limitación de corriente. Si además R5 es una resistencia o conjunto de resistencias dependientes de una magnitud física, el tiempo de desconexión variará acorde a la relación entre R5 y dicha magnitud. Algunos ejemplos típicos, pero no exclusivos, son, resistencias dependientes con la temperatura, resistencias dependientes con la iluminación o 5 resistencias dependientes del campo magnético.

$$t_{desconexion} \approx R_{eq} \cdot C_1 \cdot \ln(V_{Z1})$$

$$R_{eq} = R_5 // (R_6 + R_7 + R_{on\_Q3}) \quad [\text{Ec.3}]$$

$$R_{on\_Q3} = f(V_{R28})$$

Con el objeto de poder alterar Req y en consecuencia el tiempo de desconexión, del circuito temporizador en función de la magnitud de la corriente de falla, se hace uso de la 10 resistencia R27 y el circuito de medida de corriente, compuesto por R25, Q12, R26, Q13, R28, R30, R29, Q14 y R31, respectivamente. En el circuito de medida de corriente se establece un lazo de realimentación negativa que fuerza a que Q12 y Q14 mantengan el mismo punto de operación de forma que se genera una corriente por Q13 proporcional a la que circula por R27. Si R25 tiene el mismo valor que R29 y R26 el mismo que R30, el 15 voltaje que aparece en R28 viene aproximado por la ecuación [Ec. 4].

$$V_{R28} \approx \frac{I_{R27} R_{27} R_{28}}{R_{25}} \quad [\text{Ec.4}]$$

Así pues, la corriente que circula por R27 genera una caída de tensión en R28 que tras alcanzar el valor necesario para activar Q3 permite una variación de Req y por tanto un cambio en el tiempo de desconexión. R28 es el elemento de ajuste preferido, pero no 20 exclusivo, del tiempo de desconexión por magnitud de la falla. Si además R28 es una resistencia o conjunto de resistencias dependientes de una magnitud física, el tiempo de desconexión por magnitud de la corriente de falla variará acorde a la relación entre R28 y dicha magnitud. En una realización preferente, pero no exclusiva, se trata de resistencias dependientes con la temperatura, resistencias dependientes con la iluminación o 25 resistencias dependientes del campo magnético.

Una vez transcurrido el tiempo de desconexión, Q5 pasa a corte al tiempo que Q7 entra en conducción. Igualmente, D2 entra en conducción y mantiene una tensión emisor-colector en Q11 próxima a cero. Esto hace que la corriente de colector en Q9 sea nula y

M1 permanezca apagado. Este estado se mantiene con independencia de que la falla entre los terminales de salida (2) y común (3) se haya extinguido.

- El circuito de comando de rearme (12), compuesto por R1, R2, Q1, R3, Q2 y R4, permite
- 5      salir del estado de apagado mediante una señal denominada RST. Al proporcionar una tensión suficiente en la entrada RST, es decir un nivel lógico estándar, Q1 pasa a conducción, proporcionando una tensión suficiente en R1 para activar Q2 y producir la descarga de C1. La descarga de C1 hace que Q5 entre en conducción y por tanto Q7 y D2 pasan a corte. En estas condiciones, la corriente de colector por Q9 vuelve a circular,
- 10     M1 entra en conducción al igual que D1 y así se consigue mantener C1 descargado con independencia de que la señal RST se haya extinguido.

- El circuito de comando de apagado (13), compuesto por R20, R21, Q8, R22 y Q10, permite el paso a una situación de apagado controlada mediante la señal denominada OFF. Al proporcionar una tensión suficiente en la entrada OFF, es decir un nivel lógico estándar y durante un tiempo mayor al tiempo de desconexión, Q8 y Q10 pasan a conducción y fuerzan el corte de Q9. En este momento se activa la secuencia de apagado para mantener M1 en corte con independencia de que la señal de OFF se haya extinguido.
- 20     El funcionamiento del sistema del sistema configurado para funcionar en bidireccionalidad de corriente es el que se describe a continuación. En función de la dirección de corriente, uno de los dos diodos (DA o DB) en serie con cada dispositivo individual (A y B) bloqueará el paso de corriente, circulando la corriente por el dispositivo adyacente (A o B) y su correspondiente diodo serie (DA o DB).
- 25     Para el caso de tener una corriente circulante desde el Terminal A hacia Terminal B, el diodo DB bloqueará el paso de corriente, circulando por la rama formada por A y DA, presentando A un comportamiento análogo al descrito para el sistema aislado.
- 30     Para el caso de tener una corriente circulante desde el Terminal B hacia Terminal A, el diodo DA bloqueará el paso de corriente, circulando por la rama formada por B y DB, presentando B un comportamiento análogo al descrito para el sistema aislado.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo de interrupción de corriente continua, apto para conectarse en serie entre una fuente de alimentación de corriente continua y una carga, que comprende al 5 menos cuatro estados de funcionamiento secuenciales:
- estado encendido, donde la intensidad demandada por la carga es inferior a una intensidad límite fijada en el dispositivo;
  - estado de falla, donde la intensidad por el dispositivo es superior a la intensidad límite fijada;
- 10 - estado de limitación de corriente, donde la intensidad demandada por la carga es superior a la intensidad fijada por el dispositivo, pero es limitada por el mismo; y
- estado de apagado, donde el dispositivo queda en estado de alta impedancia forzando una intensidad prácticamente nula;
- estando dicho dispositivo **caracterizado por que** comprende al menos:
- 15 - un terminal de entrada (1) del dispositivo;
- un terminal de salida (2) del dispositivo;
  - un terminal común (3) del dispositivo;
  - un transistor de efecto campo (4) responsable del corte y limitación de la corriente, conectado al terminal de salida (2);
- 20 - una resistencia de medida de corriente (5), conectada en serie con el transistor de efecto campo (4);
- un circuito de detección de corriente de falla (6) conectado en paralelo a la resistencia de medida de corriente (5), configurado para restringir el régimen de trabajo del transistor de efecto campo (4) a una zona lineal con intensidades circulantes por el dispositivo igual a la intensidad límite;
  - un circuito de medida de corriente (7) conectado en paralelo a la resistencia de medida (5) para medir la corriente que circula por el dispositivo;
  - un circuito de polarización (8) con capacidad de maniobra de desconexión, conectado entre el terminal de entrada (1) y el terminal común (3);
- 25 - un circuito de disparo del transistor de efecto campo (9), con un terminal conectado al transistor de efecto campo (4) y con otro terminal conectado al circuito de detección de corriente de falla (6), donde el circuito de disparo del transistor de efecto campo (9) está configurado para hacer funcionar al dispositivo en los estados de falla, limitación de corriente y de apagado, y que además está configurado para ajustar la duración del estado de falla;

- un circuito de temporización (10), conectado al circuito de medida de corriente (7) configurado para ajustar la duración del estado de limitación de corriente;

- un circuito de enclavamiento (11), conectado al circuito de detección de corriente de falla (6), al circuito de temporización (10) y al circuito de disparo (9), donde dicho circuito

5 de enclavamiento (11) está configurado para mantener al dispositivo en el estado apagado;

- un circuito de comando de rearme (12), conectado al circuito de enclavamiento (11) que permite evolucionar al estado de encendido desde el estado de apagado;

- un circuito de comando de apagado (13), conectado al circuito de disparo del

10 transistor de efecto campo (9) que permite evolucionar al estado de apagado desde el estado de encendido.

2.- Dispositivo según la reivindicación 1, donde el circuito de enclavamiento (11) comprende unos medios de generación de una señal de apagado, configurada para pasar 15 del estado de limitación de corriente al estado de apagado de forma autónoma.

3.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de comando de rearme (12) comprende unos medios de generación de una señal de rearne, configurada para pasar del estado de apagado al estado de encendido.

20

4.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de detección de corriente de falla (6) comprende una o más resistencias configuradas para ajustar la intensidad límite.

25 5.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de disparo del transistor de efecto campo (9) comprende una o más resistencias (R35) configuradas para ajustar el tiempo de permanencia en el estado de falla.

30 6.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de temporización (10) comprende una o más resistencias configuradas para ajustar el tiempo de desconexión, que se compone de los tiempos de falla y de limitación de corriente.

35 7.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de medida de corriente (7) comprende una o más resistencias (R28) configuradas para ajustar el tiempo de desconexión, que se compone de los tiempos de falla y de limitación de corriente.

8.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las resistencias comprenden resistencias o sensores resistivos dependientes de una o más magnitudes físicas.

5 9.- Dispositivo según la reivindicación anterior, que comprende resistencias o sensores resistivos dependientes de las siguientes magnitudes físicas: temperatura, tensión eléctrica, campo magnético, humedad, presencia de gases o luz.

10 10.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un diodo de libre circulación para cargas inductivas (14).

11.- Sistema que comprende al menos dos dispositivos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, conectados entre sí mediante un diodo serie en antiparalelo con el objetivo de funcionar en condiciones de bidireccionalidad en corriente.

15 12.- Dispositivo y sistema según las reivindicaciones 1 a 11 para ser utilizados hasta la tensión máxima de bloqueo del transistor empleado.

20 13.- Dispositivo y sistema según las reivindicaciones 1 a 11 para ser utilizados hasta la corriente máxima de paralelización del transistor principal (4).

25 14.- Dispositivo y sistema según las reivindicaciones 1 a 11 para ser utilizados autoajustando el tiempo de permanencia en estado de limitación con el fin de garantizar la integridad del dispositivo, la carga y la fuente en función de la magnitud de la falla a proteger, sin necesidad de sistemas digitales, ni de la medida de la potencia disipada.

15.- Dispositivo y sistema según las reivindicaciones 1 a 11 para ser utilizados de forma autónoma, sin el uso de fuentes de alimentación auxiliares.

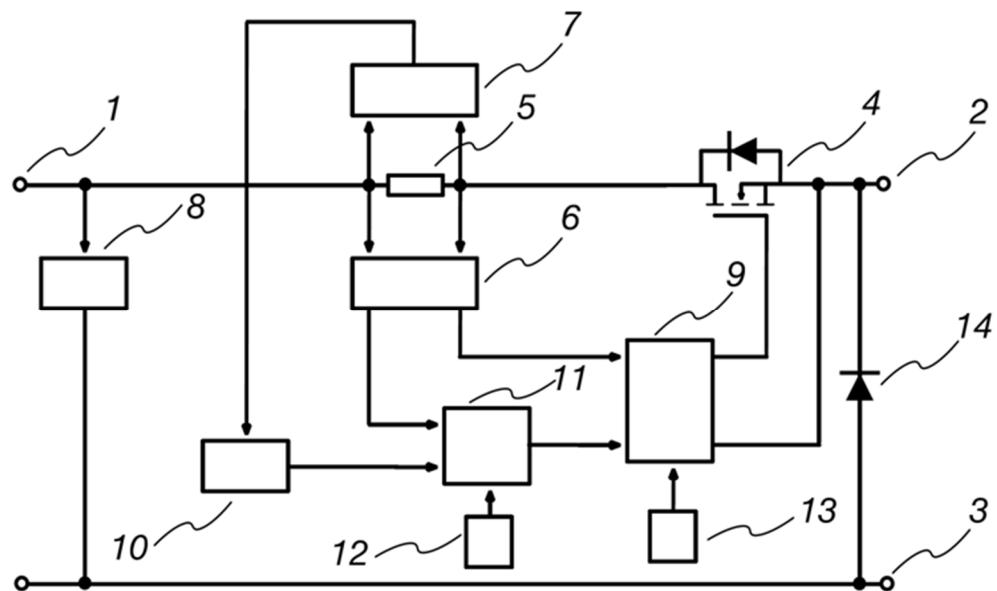


FIG. 1

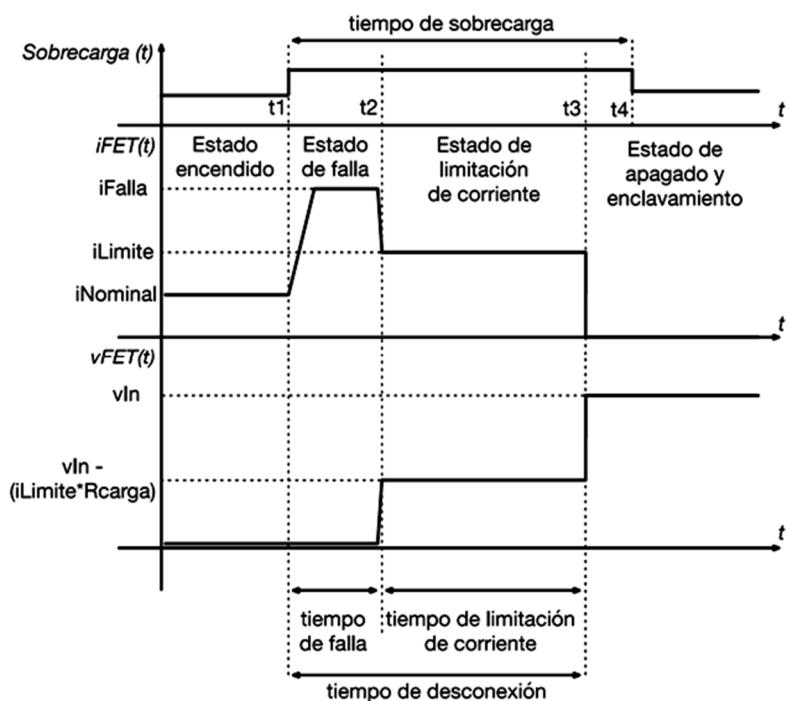


FIG. 2

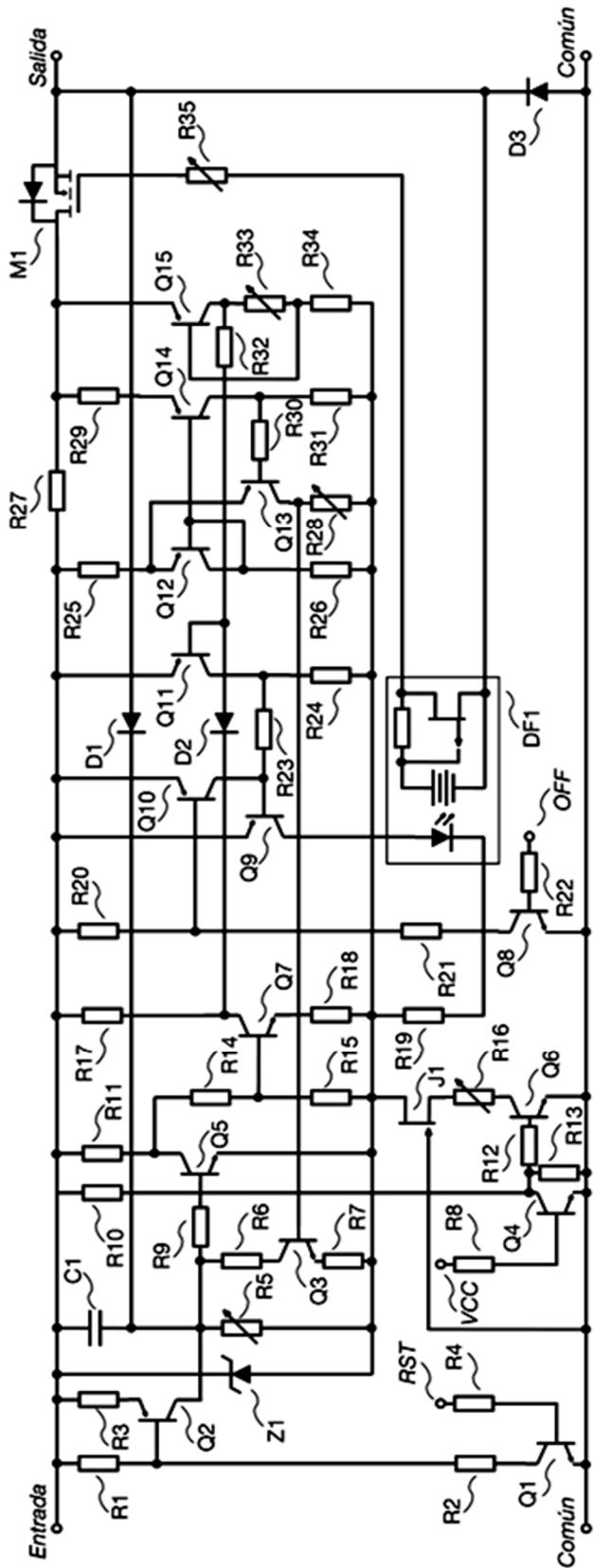
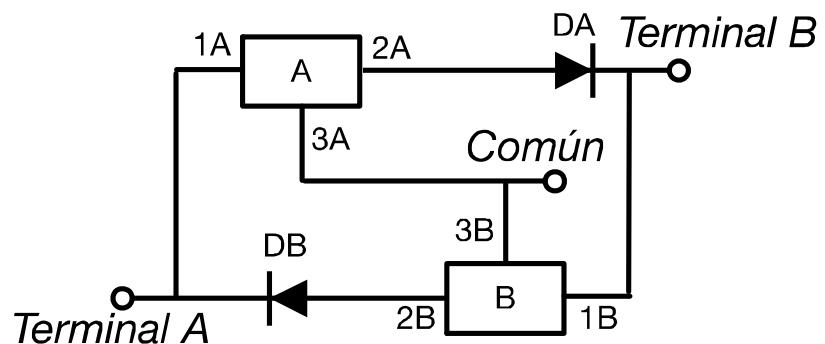


FIG. 3



**FIG. 4**