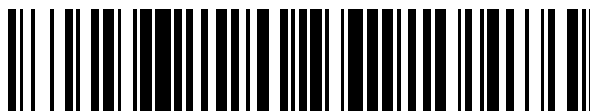


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 518**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2014** **PCT/CN2014/076781**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014** **WO14183570**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2014** **E 14797222 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** **EP 2999103**

54 Título: **Convertidor de potencia y método de control del mismo**

30 Prioridad:

15.05.2013 CN 201310179826

26.12.2013 WO PCT/CN2013/090486

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.05.2020

73 Titular/es:

NR ELECTRIC CO., LTD. (50.0%)
No.69 Suyuan Avenue, Jiangning
Nanjing, Jiangsu 211102, CN y
NR ENGINEERING CO., LTD. (50.0%)

72 Inventor/es:

DONG, YUNLONG;
CAO, DONGMING;
TIAN, JIE;
LI, HAIYING y
WANG, NANNAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 759 518 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Convertidor de potencia y método de control del mismo

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de la alimentación y la electrónica y, en particular, a un convertidor multinivel de fuente de tensión y un método de control del mismo.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Un convertidor multinivel modularizado es un nuevo convertidor que puede aplicarse a aplicaciones de alta tensión y que atrae mucha atención en los últimos años. En el convertidor multinivel modularizado, los submódulos están colocados en cascada, donde el estado de cada submódulo se controla separadamente para permitir una tensión alterna generada por el convertidor para acercar una onda sinusoidal, reduciendo así un contenido armónico en la tensión de salida. El convertidor multinivel modularizado resuelve el problema de tensión promedia en serie que existe en un convertidor de fuente de tensión de dos niveles y presenta amplias posibilidades de aplicación.

- 15 En "distributed energy stores and converter circuit" de Marquardt Rainer, se mencionó por primera vez un convertidor multinivel modularizado (MMC) (n.º de publicación de solicitud de patente: DE10103031A), donde un submódulo del convertidor está formado por un semipunto y un condensador conectados en paralelo y dos niveles, una tensión del condensador y una tensión 0, pueden generarse mediante control en un puerto de salida del submódulo. En 2010, el proyecto Trans Bay, un proyecto de transmisión de corriente continua (CC) flexible que adoptaba por vez primera esta estructura topológica en todo el mundo e iniciado por la empresa Siemens se puso en funcionamiento satisfactoriamente, lo que prueba la viabilidad de aplicaciones de ingeniería de la estructura topológica de este convertidor.

- 20 Según la estructura topológica del convertidor multinivel modularizado, la empresa ABB ha modificado la estructura y ha propuesto una estructura topológica multinivel modularizada en dos niveles dispuesta en cascada (n.º de publicación de solicitud de patente: US20100328977A1), donde este convertidor difiere del precedente convertidor multinivel modularizado cuya conexión de los submódulos se ha invertido.

- 25 Las desventajas de los dos convertidores multinivel modularizados son que, cuando se produce un fallo en una red eléctrica de CC, una red eléctrica de corriente alterna (CA) puede proporcionar una corriente de fallo a un punto de fallo a través de un diodo del submódulo, dando como resultado sobrecorrientes en los lados de CC y CA y en una válvula de convertidor, de manera que el fallo de CC debe eliminarse mediante interrupción de un conmutador de línea. Cuando un fallo transitorio sucede en la red eléctrica de CC, los conmutadores de línea de CA necesitan interrumpirse para todos los dos convertidores multinivel modularizados anteriores conectados a la red eléctrica de CC, de manera que lleva un tiempo largo reestablecer la transmisión eléctrica.

- 30 La solicitud de patente US 2012/243282 A1, así como el artículo "DC-side fault current management in extended multiterminal HVDC grids" por D. Schmitt *et al.* Da a conocer convertidores multinivel de módulo que presentan submódulos que combinan dos subunidades de semipunto con medios de conexión para impedir corrientes de fallo.

El documento de patente WO2014/111164 A1, que es técnica anterior según el Artículo 54(3) EPC, da a conocer un convertidor multinivel que presenta tanto células de puente completo híbridas como células semipunto.

- 35 La publicación de patente china CN102957378 A también da a conocer un convertidor multinivel que presenta células de puente completo híbridas.

SUMARIO DE LA INVENCION

Problema técnico

- 40 Los objetivos de la presente invención son proporcionar un convertidor que pueda bloquearse cuando se produzca un fallo CC para prevenir que un sistema CA inyecte una corriente de fallo en una red eléctrica de CC, de manera que un fallo transitorio de la red eléctrica de CC pueda eliminarse sin interrumpir un conmutador de línea de CA, reanudando así, rápidamente, el sistema. Además, se proporciona adicionalmente un método de control.

Solución técnica

Con el fin de alcanzar los objetivos anteriores, la presente invención proporciona un convertidor y un método de control como se definen en las reivindicaciones 1 y 9 independientes adjuntas.

- 50 Se definen realizaciones preferidas del convertidor en las reivindicaciones 2 – 8 dependientes adjuntas.

Efecto ventajoso

A través de las soluciones técnicas anteriores, los efectos beneficiosos de la presente invención son los siguientes:

(1) cuando se produce un fallo en una red eléctrica de CC, el convertidor se bloquea para prevenir que una red eléctrica CA inyecte una corriente de fallo en un punto de fallo;

5 (2) cuando se produce un fallo transitorio en un lado de CC, el fallo se elimina sin interrumpir un conmutador de línea de CA; y

(3) no se requiere interruptor de CC para un sistema CC de dos terminales o multiterminal formado por el convertidor provisto por la presente invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 La figura 1 es una estructura topológica diagrama de una realización de un primer submódulo para incluirse en un convertidor según la presente invención.

La figura 2 es una estructura topológica diagrama de una realización de otro primer submódulo para incluirse en un convertidor según la presente invención.

15 La figura 3 es una estructura topológica diagrama de otra realización de un primer submódulo para incluirse en un convertidor según la presente invención.

La figura 4 es una estructura topológica diagrama de una realización adicional de un primer submódulo para incluirse en un convertidor según la presente invención.

La figura 5 es una estructura topológica diagrama de un convertidor completamente formado de primeros submódulos.

20 La figura 6 son dos diagramas de una estructura topológica de un submódulo adicional (segundo) para incluirse en un convertidor según la presente invención.

La figura 7 es un diagrama de una estructura topológica diagrama de un convertidor parcialmente formado de primeros y segundos submódulos proporcionados por la presente invención.

25 La figura 8 es un diagrama esquemático de una realización de un método de control para el convertidor de la presente invención.

La figura 9 es un diagrama esquemático de una realización de un método de control para el convertidor de la presente invención.

La figura 10 son cuatro diagramas de una estructura topológica de una unidad de protección para un submódulo en un convertidor de la presente invención.

30 La figura 11 es un diagrama esquemático de una manera de conexión de una unidad de protección para un submódulo en un convertidor de la presente invención y el submódulo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las soluciones técnicas de la presente invención se describen detalladamente a continuación en combinación con dibujos adjuntos y realizaciones específicas.

35 La figura 1 a la figura 4 son diagramas de estructura topológica de realizaciones preferidas de un primer submódulo para incluirse en un convertidor provisto por la presente invención. La figura 1 y la figura 2 muestran una situación en la que no se contiene ninguna resistencia en la rama de diodo de circulación libre. La figura 3 y la figura 4 muestran una situación en la que se contiene una resistencia en la rama de diodo de circulación libre.

40 Como se muestra en la figura 1 y la figura 2, el submódulo comprende dispositivos 1, 3, 5 de desconexión en conexión antiparalela con diodos y un elemento 8 de almacenamiento de energía, donde el dispositivo 1 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 2, el dispositivo 3 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 4, y el dispositivo 5 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 6. Cada uno de los dispositivos 1, 3, 5 de desconexión puede ser un dispositivo conmutador de control único (por ejemplo, un dispositivo totalmente controlado tal como un IGBT, un IGCT, un MOSFET o un GTO, en el que, en los submódulos provistos en el presente documento, el IGBT se toma como un ejemplo) y también puede ser de una estructura formada por al menos dos dispositivos de conmutador de control conectados en serie.

45

La figura 1 muestra un primer submódulo 10. Un emisor del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un colector del dispositivo 3 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X1 del submódulo 10. Un colector del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un emisor del dispositivo 3 de desconexión a

través del elemento 8 de almacenamiento de energía. El colector del dispositivo 1 de desconexión también está conectado a un cátodo de un diodo 7. Un ánodo del diodo 7 está conectado a un colector del dispositivo 5 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X2 del submódulo 10. Un emisor del dispositivo 5 de desconexión está conectado al emisor del dispositivo 3 de desconexión.

- 5 La figura 2 muestra otro primer submódulo 11. Un emisor de un dispositivo 5 de desconexión está conectado a un cátodo de un diodo 7, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X1 del submódulo 11. Un colector del dispositivo 5 de desconexión está conectado a un ánodo del diodo 7 a través del elemento 8 de almacenamiento de energía. El colector del dispositivo 5 de desconexión también está conectado a un colector del dispositivo 3 de desconexión. Un emisor del dispositivo 3 de desconexión está conectado a un colector del dispositivo 1 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose un terminal X2 del submódulo 11. Un emisor del dispositivo 1 de desconexión está conectado al ánodo del diodo 7.

- 10 Como se muestra en la figura 3 y la figura 4, el primer submódulo comprende dispositivos 1, 3, 5 de desconexión en conexión antiparalela con diodos y un elemento de almacenamiento de energía C, donde el dispositivo 1 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 2, el dispositivo 3 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 4, y el dispositivo 5 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 6. Cada de los dispositivos 1, 3, 5 de desconexión puede ser un dispositivo conmutador de control único (por ejemplo, un dispositivo totalmente controlado tal como un IGBT, un IGCT, un MOSFET o un GTO, en el que, en las realizaciones provistas en el presente documento, el IGBT se toma como un ejemplo) y también puede ser de una estructura formada de al menos dos dispositivos de conmutador de control conectados en serie.

- 15 La figura 3 muestra un primer submódulo 10'. Un colector del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un emisor del dispositivo 3 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X1 del submódulo 10'. Un emisor del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un colector del dispositivo 3 de desconexión a través del elemento de almacenamiento de energía C. El colector del dispositivo 1 de desconexión también está conectado a una resistencia en serie R y el otro extremo de la resistencia en serie está conectado a un cátodo de un diodo 7. Un ánodo del diodo 7 está conectado a un colector del dispositivo 5 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X2 del submódulo 10. El colector del dispositivo 5 de desconexión está conectado al colector del dispositivo 3 de desconexión. Las ubicaciones de la resistencia en serie R y el diodo 7 pueden intercambiarse siempre y cuando pueda asegurarse que el ánodo del diodo 7 está conectad al terminal X2 directamente o a través de la resistencia en serie R.

- 20 La figura 4 muestra un primer submódulo 11', que se obtiene cambiando la estructura topológica del submódulo mostrado en la figura 3 en la manera siguiente: las ubicaciones del terminal X1 y el terminal X2 se intercambian, las ubicaciones del colector y el emisor de cada dispositivo de desconexión se intercambian, y las ubicaciones del ánodo y el cátodo de cada diodo se intercambian. El colector del dispositivo 5 de desconexión está conectado al cátodo del diodo 7, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X1 del submódulo 11. El emisor del dispositivo 5 de desconexión está conectado a un extremo de la resistencia en serie R a través del elemento de almacenamiento de energía C y el otro extremo de la resistencia en serie R está conectado al ánodo del diodo 7. El colector del dispositivo 5 de desconexión también está conectado al colector del dispositivo 3 de desconexión. El emisor del dispositivo 3 de desconexión está conectado al colector del dispositivo 1 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X2 del submódulo 11. El colector del dispositivo 1 de desconexión está conectado al un extremo de la resistencia en serie R. Las ubicaciones de la resistencia en serie R y el diodo 7 pueden intercambiarse siempre y cuando pueda asegurarse que el cátodo del diodo 7 está conectado al terminal X1 directamente o a través de la resistencia en serie R.

- 25 Cabe señalar que, se describen solamente elementos equivalentes para los dispositivos de desconexión, la resistencia, y el diodo de circulación libre en las realizaciones de la presente invención. Es decir, los dispositivos de desconexión, la resistencia, y el diodo de circulación libre puede estar formado cada uno por elementos múltiples en cascada. Por ejemplo, una resistencia equivalente puede estar formada de múltiples resistencias conectadas en serie o en paralelo, un diodo de circulación libre equivalente puede estar formado de múltiples diodos de circulación libre conectados en serie o en paralelo, y demás.

- 30 Cabe señalar que, en los primeros submódulos descritos en la figura 3 y la figura 4, la resistencia en serie es una representación equivalente, es decir, las ubicaciones y el número de resistencias y diodos de circulación libre no están limitados y las resistencias y los diodos de circulación libre pueden disponerse alternativamente.

- 35 La figura 5 muestra un ejemplo de un convertidor útil para la comprensión de la presente invención. Cada submódulo en el convertidor es uno de los primeros submódulos descritos anteriormente. El convertidor comprende al menos una unidad de fase. El número específico de unidades de fase puede determinarse según el número de terminales de CA de un sistema de CA. Cada una de las unidades de fase comprende un brazo 100 de puente superior y un brazo 101 de puente inferior. Cada del brazo de puente superior y el brazo de puente inferior comprende al menos dos submódulos 10 y al menos un reactor 20 conectados entre sí en serie. El número de submódulos y reactores comprendidos en el brazo de puente superior puede ser el mismo que o diferente del número de submódulos y reactores comprendidos en el brazo de puente inferior. Cada submódulo 10 presenta dos terminales X1 y X2. Todos los submódulos 10 en el mismo brazo de puente (el brazo de puente superior o el brazo de puente inferior) están

conectados en la misma dirección y direcciones de conexión de los submódulos en el brazo de puente superior y el brazo de puente inferior son opuestas entre sí, como se muestra en la figura 3. Un extremo del brazo 100 de puente superior se utiliza como un primer terminal P de CC de la unidad de fase para conectarse a una red eléctrica de CC. Un extremo del brazo 101 de puente inferior se utiliza como un segundo terminal N de CC de la unidad de fase para conectarse a la red eléctrica de CC. Los otros extremos del brazo 100 de puente superior y el brazo 101 de puente inferior se utilizan conjuntamente como un terminal A de CA de la unidad de fase para conectarse a una red eléctrica de CA. Cabe señalar que, para el brazo 100 de puente superior o el brazo 101 de puente inferior, no está limitada una ubicación en serie de los submódulos 10 y los reactores 20 y ya que un reactor puede estar formado por múltiples reactores conectados en serie, el número de reactores no está limitado siempre y cuando un valor de reactancia total en un cierto brazo de puente cumpla un requisito correspondiente al brazo de puente.

Cabe señalar que, el submódulo 10 en la figura 5 también puede sustituirse con cualquiera de los cuatro primeros submódulos provistos anteriormente.

La figura 6 son dos diagramas de estructura topológica de un submódulo adicional (segundo) en la presente invención. El coste del convertidor puede reducirse reemplazando los primeros submódulos en el convertidor mostrados en la figura 5 con el submódulo adicional. El submódulo adicional comprende dispositivos 1, 3 de desconexión en conexión antiparalela con diodos y un elemento de almacenamiento de energía C, en el que el dispositivo 1 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 2 y el dispositivo 3 de desconexión está en conexión antiparalela con el diodo 4. Cada uno de los dispositivos 1, 3 de desconexión puede ser un dispositivo conmutador de control único (por ejemplo, un dispositivo totalmente controlado tal como un IGBT, un IGCT, un MOSFET o un GTO, en el que, en las realizaciones provistas en el presente documento, el IGBT se toma como un ejemplo) y también puede ser de una estructura formada de al menos dos dispositivos de conmutador de control conectados en serie. La figura 6(a) muestra un submódulo 12. Un colector del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un emisor del dispositivo 3 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X1 del submódulo 12. Un emisor del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un colector del dispositivo 3 de desconexión a través del elemento de almacenamiento de energía C. El colector del dispositivo 3 de desconexión se utiliza como un terminal X2 del submódulo 12. La figura 6(b) muestra un submódulo 13. Un colector del dispositivo 3 de desconexión está conectado a un emisor del dispositivo 1 de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un terminal X2 del submódulo 13. Un emisor del dispositivo 1 de desconexión está conectado a un colector del dispositivo 3 de desconexión a través del elemento de almacenamiento de energía C. El colector del dispositivo 3 de desconexión se utiliza como un terminal X1 del submódulo 12.

La figura 7 muestra una realización preferida de un convertidor de la presente invención, en el que uno de los primeros submódulos en el brazo de puente inferior del convertidor mostrado en la figura 5 se sustituye con un segundo submódulo 13. El número de dispositivos de desconexión se reduce, ahorrando así el coste del convertidor. Cabe señalar que, el convertidor obtenido tras la sustitución debe comprender al menos un primer submódulo como se proporciona por la presente invención y, después, cualquier número de submódulos de la presente invención en cualquier ubicación en el convertidor mostrado en la figura 5 puede sustituirse con un submódulo adicional.

La presente invención proporciona, además, un método de control para el convertidor como se describe anteriormente, en el que el convertidor se controla controlando un estado de funcionamiento de cada submódulo en el convertidor. El contenido de control del método de control se describe a continuación tomando como ejemplos los submódulos 10, 11 provistos en la figura 1 y la figura 2 de la presente invención. Los métodos de control para los convertidores formados por los submódulos 10', 11' en la figura 3 y la figura 4 son similares y no se describen de nuevo.

La figura 8(a) y la figura 8(d) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 1 respectivamente, la figura 8(b) y la figura 8(e) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 2 respectivamente, y la figura 8(c) y la figura 8(f) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 3 respectivamente.

El submódulo 10 se controla para funcionar en los tres estados de funcionamiento. En el estado 1, los dispositivos 1, 5 de desconexión se conectan, el dispositivo 3 de desconexión se desconecta, y el elemento de almacenamiento de energía C está conectado al brazo de puente a través del diodo 2 y el diodo 6 (véase la figura 8(a)) o el elemento de almacenamiento de energía C está conectado al brazo de puente a través de los dispositivos de desconexión 5, 1 (véase la figura 8(d)), de manera que una tensión de salida (es decir, una tensión del terminal X1 relativa al terminal X2) del submódulo 10 es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C. En el estado 2, los dispositivos de desconexión 3, 5 se conectan y el dispositivo 1 de desconexión se desconecta, de manera que una corriente puede fluir a través del dispositivo 3 de desconexión y el diodo 6 (véase la figura 8(b)) o el dispositivo 5 de desconexión y el diodo 4 (véase la figura 8(e)), el elemento de almacenamiento de energía C se cortocircuita, y una tensión de salida del submódulo 10 es 0. En el estado 3, todos los dispositivos 1, 3, 5 de desconexión se desconectan, de manera que cuando una corriente fluye del terminal X1 al terminal X2, el diodo 2 y el diodo 6 se conectan, el elemento de almacenamiento de energía C está conectado al brazo de puente a través del terminal X1 y el terminal X2, y una tensión de salida del submódulo 10 es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C (véase la figura 8(c)); y cuando una corriente fluye del terminal X2 al terminal X1, el diodo 7 y el diodo 4 se conectan, el elemento de almacenamiento de energía C está conectado de manera reversible

al brazo de puente a través del terminal X1 y el terminal X2 (véase la figura 8(f)), y una tensión de salida del submódulo 10 es un número negativo de una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C plus una tensión a lo largo de la resistencia. Cuando el submódulo funciona en el estado 3, la tensión de salida del submódulo 10 y la corriente que fluye en el submódulo 10 están en las direcciones opuestas, de manera que puede restringirse una corriente de fallo y es finalmente 0. La adición de la resistencia en serie R acelera la atenuación de la corriente de fallo.

La figura 9(a) y la figura 9(d) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 1 respectivamente, la figura 9(b) y la figura 9(e) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 2 respectivamente, y la figura 9(c) y la figura 9(f) son diagramas esquemáticos de dos direcciones de corriente en un estado 3 respectivamente.

El submódulo 11 se controla para funcionar en los tres estados de funcionamiento. En el estado 1, los dispositivos 1, 5 de desconexión se conectan, el dispositivo 3 de desconexión se desconecta, y el elemento de almacenamiento de energía C se conecta al brazo de puente a través del diodo 6 y el diodo 2 (véase la figura 9(a)) o el elemento de almacenamiento de energía C se conecta al brazo de puente a través de los dispositivos 1, 5 de desconexión (véase la figura 9(d)), de manera que una tensión de salida (es decir, una tensión del terminal X1 relativa al terminal X2) del submódulo 11 es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C. En el estado 2, los dispositivos de desconexión 3, 5 se conectan y el dispositivo 1 de desconexión se desconecta, de manera que una corriente puede fluir a través del diodo 6 y el dispositivo 3 de desconexión (véase la figura 9(b)) o el diodo 4 y el dispositivo 5 de desconexión (véase la figura 9(e)), el elemento de almacenamiento de energía C se cortocircuita, y una tensión de salida del submódulo 11 es 0. En el estado 3, los dispositivos 1, 3, 5 de desconexión se desconectan todos, de manera que cuando una corriente fluye del terminal X1 al terminal X2, el diodo 6 y el diodo 2 se conectan, el elemento de almacenamiento de energía C se conecta al brazo de puente a través del terminal X1 y el terminal X2, y una tensión de salida del submódulo 11 es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C (véase la figura 9(c)); y cuando una corriente fluye del terminal X2 al terminal X1, el diodo 4 y el diodo 7 se conectan, el elemento de almacenamiento de energía C se conecta reversiblemente al brazo de puente a través del terminal X1 y el terminal X2 (véase la figura 9(f)), y una tensión de salida del submódulo 11 es un número negativo de una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía C más una tensión a lo largo de la resistencia. Cuando el submódulo funciona en el estado 3, la tensión de salida del submódulo 11 y la corriente que fluye en el submódulo 11 están en direcciones opuestas, así que puede impedirse una corriente de fallo y es finalmente 0. La adición de la resistencia en serie R acelera la atenuación de la corriente de fallo.

Cuando se produce un fallo por puesta a tierra en la red eléctrica de CC, el convertidor se bloquea de manera que los submódulos 10 o 11 y los submódulos 12, 13 adicionales posiblemente dispuestos en el convertidor funcionan todos en el estado 3, impidiendo así la corriente de un brazo de puente en el fallo y finalmente reduciéndola a 0. Como resultado, la red eléctrica de CA no puede proporcionar una corriente de fallo a un punto de fallo. Cuando se produce un fallo transitorio en el lado de CC, el fallo puede eliminarse sin interrumpir un conmutador de línea de CA, y un sistema de CC de dos terminales o multiterminal formado por el convertidor provisto por la presente invención puede tener una buena capacidad de eliminación del fallo en el lado de CC sin un interruptor de CC.

Además, el convertidor según la presente invención incluye, además, una unidad de protección. La unidad de protección se utiliza en el primer submódulo y también puede utilizarse para proteger otros tipos de submódulos de puente completo o semipunto. La unidad de protección puede ser de cuatro estructuras. La figura 10(a) muestra una unidad de protección formada por un único tiristor. La figura 10(b) muestra una unidad de protección formada por un único conmutador de alta velocidad. La figura 10(c) muestra una unidad de protección formada por un tiristor y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo. La figura 10(d) muestra una unidad de protección formada por tiristores antiparalelos y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo.

La figura 10(a) muestra una unidad de protección 21 formada por un único tiristor, en el que un cátodo del tiristor se utiliza como un terminal X3 de la unidad de protección 21 y un ánodo del tiristor se utiliza como un terminal X4 de la unidad de protección 21, de manera que cuando se produce una sobrecorriente en un submódulo, la unidad de protección 21 puede encenderse rápidamente para derivación, protegiendo así el submódulo. La figura 10(b) muestra una unidad de protección 22 formada por un único conmutador de alta velocidad, en el que un extremo del conmutador de alta velocidad se utiliza como un terminal X3 de la unidad de protección y el otro extremo del conmutador de alta velocidad se utiliza como un terminal X4 de la unidad de protección, de manera que cuando se produce un fallo en un submódulo, el submódulo defectuoso puede cortocircuitarse y, si el brazo de puente en el que el submódulo defectuoso se ubica presenta un submódulo redundante, el convertidor puede seguir funcionando. La figura 10(c) muestra una unidad 23 de protección formada por un tiristor y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo, en el que un cátodo del tiristor se utiliza como un terminal X3 de la unidad de protección, un ánodo del tiristor se utiliza como un terminal X4 de la unidad de protección, un extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al cátodo del tiristor, y el otro extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al ánodo del tiristor, consiguiendo así protección de sobrecorriente y cortocircuitación activa para un submódulo. La figura 10(d) muestra una unidad de protección 24 formada por tiristores antiparalelos y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo, en el que un extremo de los tiristores 2' y 3' antiparalelos se utiliza como un terminal X3 de la unidad de protección, el otro extremo de los tiristores 2' y 3'

antiparalelos se utiliza como un terminal X4 de la unidad de protección, un extremo del conmutador 1' de alta velocidad se conecta al terminal X3, y el otro extremo del conmutador 1' de alta velocidad se conecta al terminal X4.

5 La figura 11 es un diagrama esquemático de una manera de conexión de la unidad 23 de protección y el primer submódulo 10. El terminal X3 de la unidad 23 de protección está conectado al terminal X1 del submódulo 10 y el terminal X4 de la unidad 23 de protección está conectado al terminal X2 del submódulo 10. Cabe señalar que la unidad 23 de protección en la figura 9 puede reemplazarse con la unidad de protección 21, la unidad de protección 22, o la unidad de protección 24 y el submódulo 10 pueden reemplazarse con el primer submódulo 11.

10 Cuando sucede un fallo por puesta a tierra en la red eléctrica de CC, el convertidor se bloquea de manera que los primeros submódulos 10 o 11 en el convertidor funcionan todos en el estado 3, impidiendo así la corriente del brazo de puente en el fallo y finalmente reduciéndola a 0. Como resultado, la red eléctrica de CA no puede proporcionar una corriente de fallo a un punto de fallo. Cuando sucede un fallo transitorio en el lado de CC, el fallo puede eliminarse sin interrumpir un conmutador de línea de CA, y un sistema CC de dos terminales o multiterminal formado por el convertidor proporcionado por la presente invención puede presentar una buena capacidad para eliminar el fallo en el lado de CC sin un interruptor de CC.

15 Las realizaciones anteriores solo están destinadas a describir ideas técnicas ideas de la presente invención y no están destinadas a limitar el alcance de la presente invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor, que comprende al menos una unidad de fase, en el que cada unidad de fase comprende un brazo (110) de puente superior y un brazo (111) de puente inferior, comprendiendo cada uno de los brazos de puente superior y de puente inferior al menos dos submódulos (SM) y al menos un reactor (20) conectados entre sí en serie, todos los submódulos en el mismo brazo de puente están conectados en la misma dirección, siendo opuestas entre sí las direcciones de conexión de los submódulos en el brazo de puente superior y el brazo de puente inferior, utilizándose un extremo del brazo de puente superior y un extremo del brazo de puente inferior como un primer terminal (P) de corriente continua (CC) y un segundo terminal (N) de CC de la unidad de fase respectivamente para conectarse a una red eléctrica de CC, y el otro extremo del brazo de puente superior y el otro extremo del brazo de puente inferior se cortocircuitan entre sí como un terminal (A) de corriente alterna (CA) de la unidad de fase para conectarse a una red eléctrica CA;

en el que un primer submódulo (10, 11) comprende un elemento (8, C) de almacenamiento de energía, un primer dispositivo (1) de desconexión, un segundo dispositivo (3) de desconexión, un tercer dispositivo (5) de desconexión, un diodo (7) de circulación libre y diodos (2, 4, 6) respectivamente en conexión antiparalela con los dispositivos de desconexión;

en el que cada uno de los siguientes dos tipos de configuración topológica se adopta en el primer submódulo:

1) un electrodo negativo del primer dispositivo de desconexión se conecta a un electrodo positivo del segundo dispositivo de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un primer terminal (X1) del primer submódulo (10), un electrodo positivo del primer dispositivo de desconexión está conectado a un electrodo negativo del segundo dispositivo de desconexión a través del elemento de almacenamiento de energía, y un electrodo negativo del tercer dispositivo de desconexión está conectado al electrodo negativo del segundo dispositivo de desconexión; un extremo de la rama del diodo de circulación libre está conectado al electrodo positivo del primer dispositivo de desconexión; el otro extremo de la rama del diodo de circulación libre está conectado a un electrodo positivo del tercer dispositivo de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un segundo terminal (X2) del primer submódulo; y

2) un electrodo negativo del tercer dispositivo de desconexión está conectado a un cátodo del diodo de circulación libre, con el punto de conexión utilizándose como un primer terminal (X1) del primer submódulo (11), un electrodo positivo del tercer dispositivo de desconexión está conectado a un electrodo positivo del segundo dispositivo de desconexión, un electrodo negativo del segundo dispositivo de desconexión está conectado a un electrodo positivo del primer dispositivo de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un segundo terminal (X2) del primer submódulo, y el electrodo positivo del tercer dispositivo de desconexión está conectado a un electrodo negativo del primer dispositivo de desconexión a través del elemento de almacenamiento de energía; como una rama en serie, el diodo de circulación libre presenta un extremo conectado al electrodo negativo del primer dispositivo de desconexión y el otro extremo conectado al electrodo negativo del tercer dispositivo de desconexión;

y, además, en el que el primer submódulo (10, 11) se utiliza como al menos uno de los al menos dos submódulos (SM) del convertidor; y

en el que un segundo submódulo (13, 14) está formado de un primer dispositivo (1) de desconexión y un segundo dispositivo (3) de desconexión conectados entre sí en serie, un diodo (2) en conexión antiparalela con el primer dispositivo de desconexión, un diodo (4) en conexión antiparalela con el segundo dispositivo de desconexión, y un elemento de almacenamiento de energía (C), en el que el elemento de almacenamiento de energía está conectado a una rama en serie del primer dispositivo de desconexión y el segundo dispositivo de desconexión en paralelo; y caracterizado porque el primer submódulo (10, 11) comprende, además, una unidad (21, 22, 23, 24) de protección, en el que un primer terminal (X3) de la unidad de protección está conectado al primer terminal (X1) del primer submódulo y un segundo terminal (X4) de la unidad de protección está conectado al segundo terminal (X2) del primer submódulo;

en el que la unidad de protección presenta cualquiera o más de las siguientes cuatro estructuras topológicas:

i) la unidad de protección (21) está formada de un tiristor, en el que un cátodo del tiristor es el primer terminal de la unidad de protección y un ánodo del tiristor es el segundo terminal de la unidad de protección;

ii) la unidad de protección (22) está formada de un conmutador de alta velocidad, en el que un extremo del conmutador de alta velocidad es el primer terminal de la unidad de protección y el otro extremo del conmutador de alta velocidad es el segundo terminal de la unidad de protección;

iii) la unidad de protección (23) está formada de un tiristor y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo, en el que un cátodo del tiristor es el primer terminal de la unidad de protección, un ánodo del tiristor es el segundo terminal de la unidad de protección, un extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al cátodo del tiristor, y el otro extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al ánodo del tiristor; y

- iv) la unidad de protección (24) está formada de al menos dos tiristores antiparalelos y un conmutador de alta velocidad conectados entre sí en paralelo, en el que un extremo de los tiristores antiparalelos es el primer terminal de la unidad de protección, el otro extremo de los tiristores antiparalelos es el segundo terminal de la unidad de protección, un extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al primer terminal de la unidad de protección, y el otro extremo del conmutador de alta velocidad está conectado al segundo terminal de la unidad de protección;
- 5 en el que cuando se produce un fallo en el primer submódulo (10, 11), si la unidad de protección paralela es de la estructura topológica i) o ii), el tiristor se activa o el conmutador de alta velocidad se cierra para proteger el primer submódulo; si la unidad de protección paralela es de la estructura topológica iii) o iv), el tiristor se activa y el conmutador de alta velocidad se cierra para proteger el primer submódulo.
- 10 2. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el primer submódulo (10, 11) los dispositivos de desconexión (1, 3, 5) son cada uno un dispositivo conmutador de control único o está formado de al menos dos dispositivos de conmutador de control conectados en serie.
- 15 3. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el primer submódulo (10, 11) el elemento (8, C) de almacenamiento de energía es un condensador.
4. Convertidor según la reivindicación 2, caracterizado porque en el primer submódulo (10, 11) el dispositivo (1, 3, 5) de conmutador de control es un IGBT, un IEGT, un IGCT, un MOSFET o un GTO.
- 20 5. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el primer submódulo (10, 11), cuando los dispositivos de desconexión (1, 3, 5) son un IGBT o un IEGT, el electrodo positivo es un colector y el electrodo negativo es un emisor; cuando los dispositivos de desconexión son un IGCT o un GTO, el electrodo positivo es un ánodo y el electrodo negativo es un cátodo; cuando los dispositivos de desconexión son un MOSFET, el electrodo positivo es un emisor y el electrodo negativo es un colector.
6. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el primer submódulo (10', 11') una resistencia (R) está conectada a la rama del diodo de circulación libre en serie.
- 25 7. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el segundo submódulo (13) un electrodo negativo del primer dispositivo (1) de desconexión está conectado a un electrodo positivo del segundo dispositivo (3) de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un primer terminal (X1), y un electrodo negativo del segundo dispositivo de desconexión se utiliza como un segundo terminal (X2); o alternativamente en el segundo submódulo (14) un electrodo positivo del segundo dispositivo (3) de desconexión se utiliza como un primer terminal (X1), y un electrodo negativo del segundo dispositivo de desconexión está conectado a un electrodo positivo del primer dispositivo (1) de desconexión, con el punto de conexión utilizándose como un segundo terminal (X2).
- 30 8. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque en el segundo submódulo (13, 14) el elemento de almacenamiento de energía (C) es un condensador, los dispositivos de desconexión (1, 3) son un IGBT, un IEGT, un IGCT, un MOSFET o un GTO, cuando los dispositivos de desconexión son un IGBT o un IEGT, el electrodo positivo es un colector y el electrodo negativo es un emisor; cuando los dispositivos de desconexión son un IGCT o un GTO, el electrodo positivo es un ánodo y el electrodo negativo es un cátodo; cuando los dispositivos de desconexión son un MOSFET, el electrodo positivo es un emisor y el electrodo negativo es un colector.
- 35 9. Método de control para el convertidor según la reivindicación 1, en el que el convertidor está controlado mediante el control de un estado de funcionamiento de los submódulos (SM) en el convertidor, caracterizado porque:
- 40 el método de control para el primer submódulo (10, 11) es como sigue:
- en un estado 1, el primer dispositivo (1) de desconexión y el tercer dispositivo (5) de desconexión se conectan y el segundo dispositivo (3) de desconexión se desconecta, de manera que una tensión de salida del primer submódulo es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía; en un estado 2, el segundo dispositivo de desconexión y el tercer dispositivo de desconexión se conectan y el primer dispositivo de desconexión se desconecta, de manera que una tensión de salida del primer submódulo es 0; en un estado 3, el primer dispositivo de desconexión, el segundo dispositivo de desconexión, y el tercer dispositivo de desconexión se desconectan todos, una tensión de salida del primer submódulo se determina mediante una dirección de corriente; la tensión de salida del primer submódulo es una tensión del primer terminal (X1) del primer submódulo relativa al segundo terminal (X2); y
- 45 el método de control para el segundo submódulo (13, 14) es como sigue: en un estado 1, el primer dispositivo (1) de desconexión se conecta y el segundo dispositivo (3) de desconexión se desconecta, de manera que una tensión de salida del segundo submódulo es una tensión a lo largo del elemento de almacenamiento de energía (C); en un estado 2, el segundo dispositivo de desconexión se conecta y el primer dispositivo de desconexión se desconecta, de manera que una tensión de salida del segundo submódulo es 0; en un estado 3, el primer dispositivo de desconexión y el segundo dispositivo de desconexión se desconectan ambos, una tensión de salida del segundo submódulo se determina mediante una dirección de corriente; la tensión de salida del segundo submódulo es una
- 50
- 55

tensión del primer terminal (X1) del segundo submódulo relativa al segundo terminal (X2), en el que, cuando se detecta que se produce un fallo en un sistema de corriente continua (CC) conectado al convertidor, todos los submódulos se controlan para funcionar en el estado 3 para bloquear el convertidor.

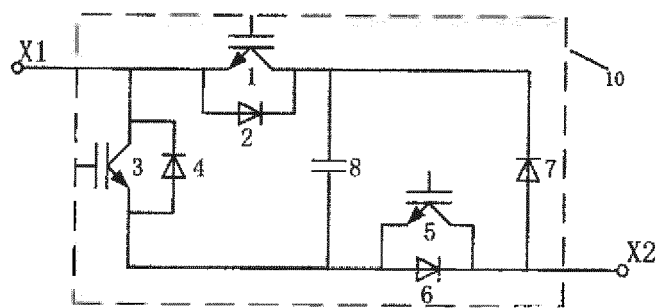


FIG. 1

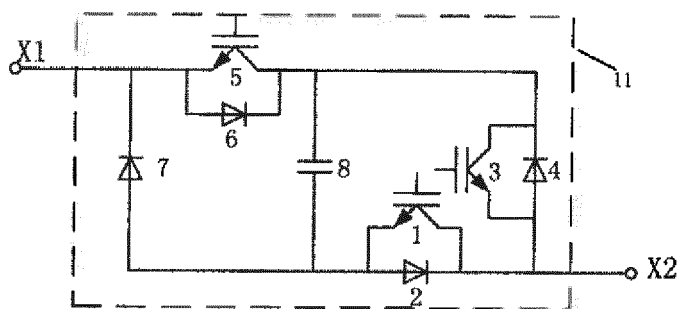


FIG. 2

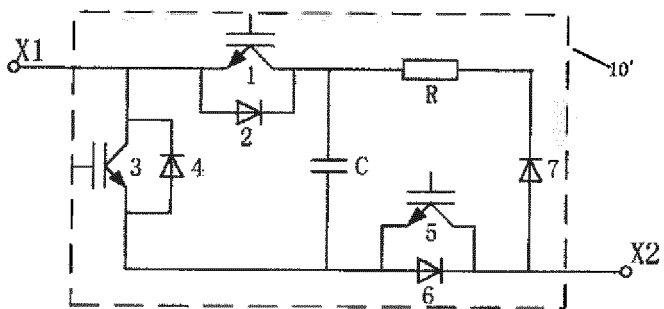


FIG. 3

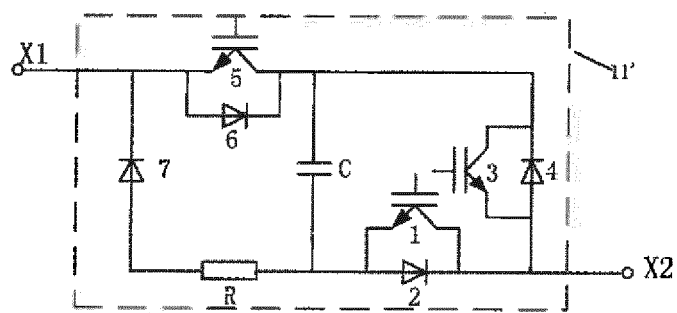


FIG. 4

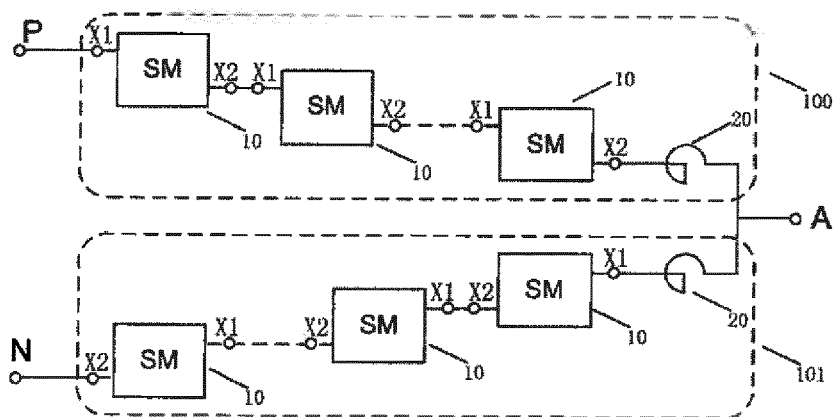


FIG. 5

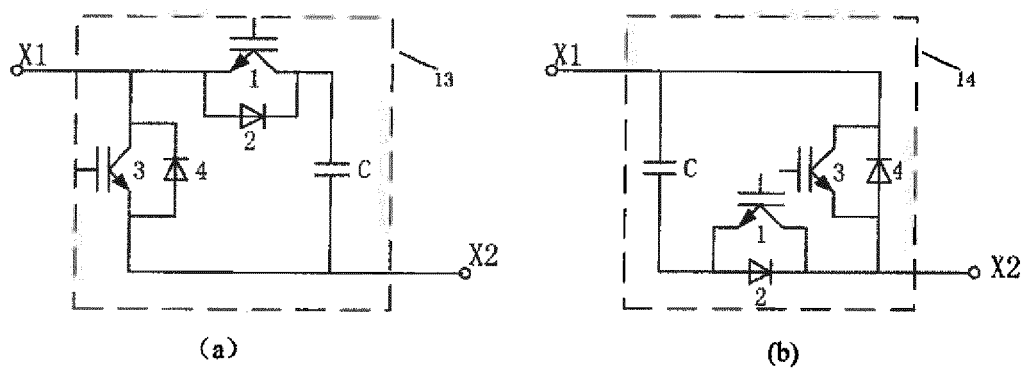


FIG. 6

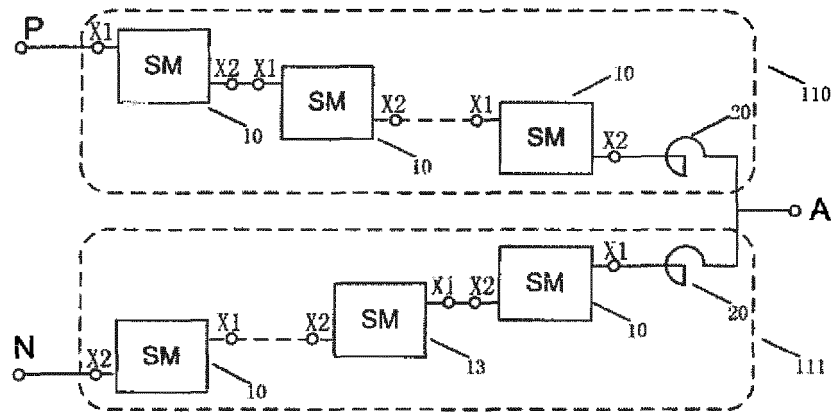


FIG. 7

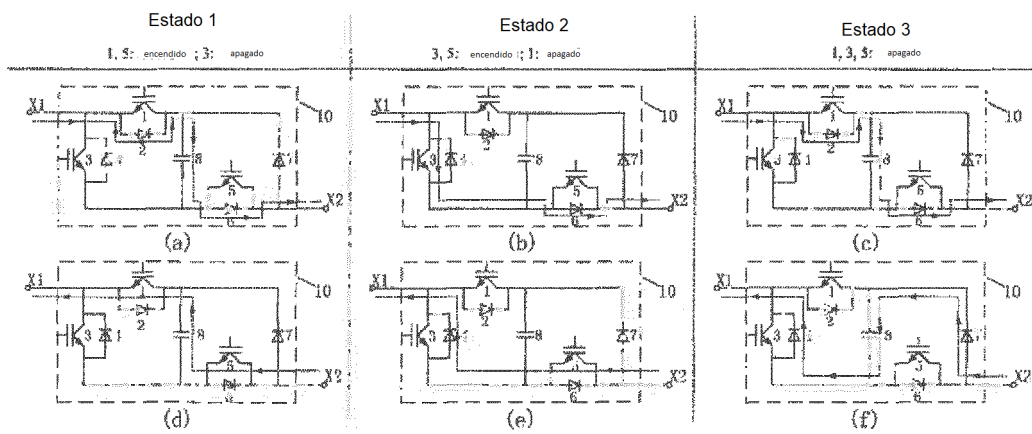


FIG. 8

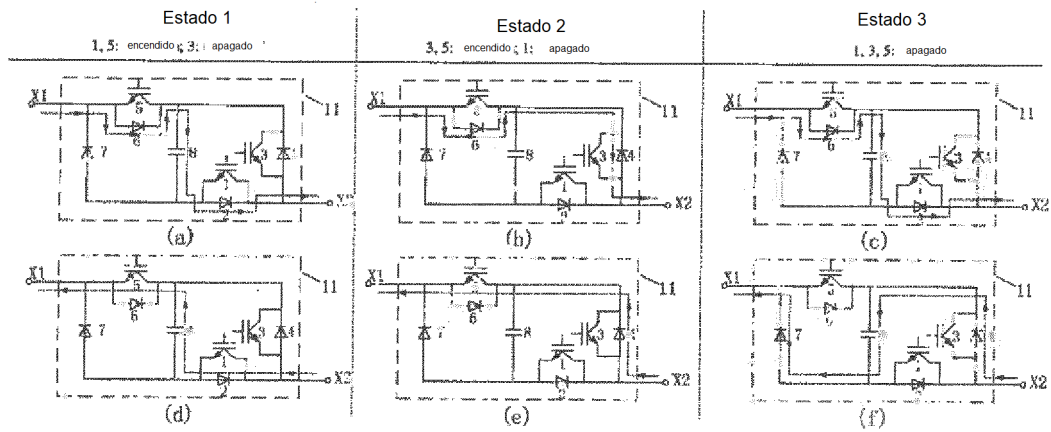


FIG. 9

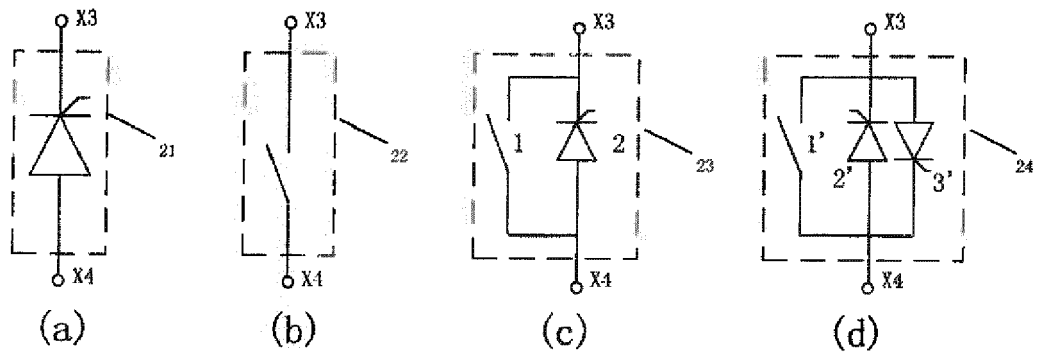


FIG. 10

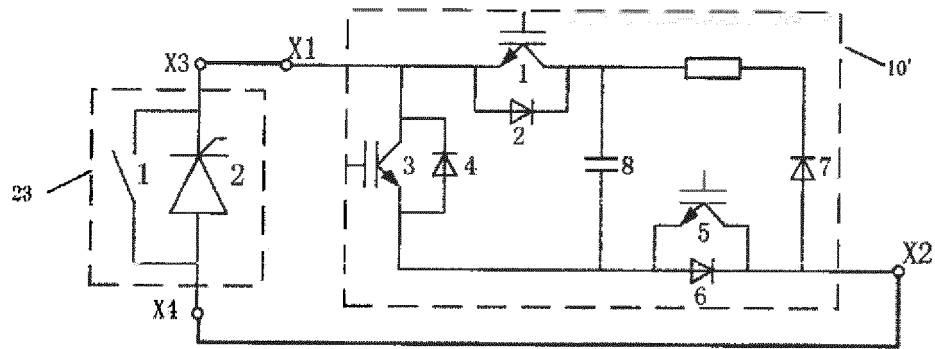


FIG. 11