

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 103**

51 Int. Cl.:

H02J 3/36 (2006.01)

H02J 1/00 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

H01H 9/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2015 PCT/CN2015/072292**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015 WO15169115**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2015 E 15788904 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3145071**

54 Título: **Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, sistema de transmisión de energía de corriente continua y método y dispositivo de tratamiento de fallos**

30 Prioridad:

09.05.2014 CN 201410197048

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

10.02.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SHEN, GUORONG;
TIAN, JIE;
CAO, DONGMING;
LI, HAIYING;
DONG, YUNLONG;
WANG, NANNAN;
LIU, HAIBIN y
LU, YU**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 805 103 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 con múltiples niveles de fuente de tensión, sistema de transmisión de energía de corriente continua y método y dispositivo de tratamiento de fallos

Antecedentes de la invención

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a tecnologías de convertidores en el campo de la electrónica de potencia y, más particularmente, a un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, a un sistema de transmisión de energía de corriente continua (CC) y a un método y un dispositivo de tratamiento de fallos.

Descripción de la técnica relacionada

10 Un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión es un tipo novedoso de convertidor que puede aplicarse a situaciones de alta tensión que han causado mucha preocupación en los últimos años, donde los submódulos están dispuestos en cascada y los estados de los submódulos se controlan respectivamente, de manera que la salida de tensión de corriente alterna (CA) por el convertidor puede aproximarse a una onda sinusoidal, reduciendo de ese modo el contenido armónico de la tensión de salida. El convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión soluciona un
15 problema de igualación de la tensión de partes conectadas en serie de un convertidor con dos niveles de fuente de tensión.

Con algunos convertidores con múltiples niveles de fuente de tensión en la técnica anterior, cuando una línea de CC tiene un fallo, una red de CA puede proporcionar una corriente de fallo a un punto defectuoso, provocando una sobrecorriente en un lateral de CC. Un método para solucionar el problema anterior es instalar un disyuntor de corriente continua de alta
20 tensión (HVDC) híbrido en el lateral de CC del convertidor de modo que bloquea una trayectoria para que la red de CA proporcione la corriente de fallo al punto defectuoso, evitando de ese modo que la red de CA proporcione la corriente de fallo al punto defectuoso cuando la línea de CC tiene el fallo y evitando la sobrecorriente en el lateral de CC.

Sin embargo, una solución en la técnica anterior para solucionar el problema de una sobrecorriente en un lateral de CC provocada proporcionando una corriente de fallo a un punto defectuoso cuando una línea de CC tiene un fallo en un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión implica un procedimiento de implementación complejo y costes elevados. Por tanto, es de gran importancia saber utilizar una forma sencilla y económica para solucionar el problema de una sobrecorriente en un lateral de CC provocada proporcionando una corriente de fallo a un punto defectuoso cuando una línea de CC tiene un fallo en un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión.

El documento CN 102 931 863 da a conocer un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión que tiene una trayectoria de descarga dispuesta en conexión paralela con un inductor de cada uno de los brazos de puente del convertidor, en el que se forma la trayectoria de descarga por tiristores bidireccionales conectados en paralelo y una resistencia que se conecta con los tiristores en serie. Una vez que se ha bloqueado el convertidor de CC, se conecta la trayectoria de descarga a un circuito de descarga con el fin de evitar la sobrecarga de los condensadores.

El documento DE 10 2010 052 136 A1 da a conocer un circuito de conmutación para redes de CC controladas electrónicamente, en el que se proporcionan resistencias variables. Adicionalmente, el documento WO 2013/079937 A2 da a conocer un convertidor de fuente de tensión que comprende un circuito de puente para cada una de una o más fases de una red CA. Una disposición de detección de fallo de corriente CC detecta un fallo que surge en uno de los polos de los terminales de CC dentro del convertidor de CC de una red de CC, en la que un controlador responsable de la detección del fallo de corriente CC cambia módulos semiconductores en el circuito de puente del estado encendido al estado apagado, respectivamente.

40 **Sumario de la invención**

Problema técnico

En vista de lo anterior, las realizaciones de la presente invención pretenden proporcionar un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, un sistema de transmisión de energía de CC y un método y un dispositivo de tratamiento de fallos de modo que utiliza una forma sencilla y económica para solucionar el problema de una sobrecorriente en un lateral de CC provocado proporcionando una corriente de fallo a un punto defectuoso cuando una línea de CC tiene un fallo en un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión.

Solución técnica

Para conseguir el objetivo anterior, la presente invención proporciona un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión tal como se define según la reivindicación 1, un sistema de transmisión de energía de CC que incluye tal
50 convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión tal como se define según la reivindicación 7 y un método de tratamiento de fallos en una línea de CC tal como se define según la reivindicación 8 y un dispositivo de tratamiento de fallos tal como se define según la reivindicación 13. Se disponen realizaciones preferidas de la invención en las reivindicaciones dependientes.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, en el que:

5 el convertidor incluye, al menos, una unidad monofásica; cada unidad monofásica incluye un primer brazo de puente y un segundo brazo de puente; se toma un primer terminal del primer brazo de puente como primer terminal de CC de la unidad monofásica; se toma un primer terminal del segundo brazo de puente como segundo terminal de CC de la unidad monofásica; y un segundo terminal del primer brazo de puente y un segundo terminal del segundo brazo de puente se cortocircuitan entre sí, como terminal de CA de la unidad monofásica;

10 el primer brazo de puente incluye, al menos, dos primeros módulos conmutables y un primer reactor conectado en serie; se conecta un primer terminal del primer reactor al terminal de CA de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal del primer reactor a un primer terminal de los, al menos, dos primeros módulos conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos primeros módulos conectados en serie al primer terminal de CC de la unidad monofásica;

15 el segundo brazo de puente incluye, al menos, dos segundos módulos conmutables y un segundo reactor conectado en serie; se conecta un primer terminal del segundo reactor al terminal de CA de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal del segundo reactor a un primer terminal de los, al menos, dos segundos módulos conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos segundos módulos conectados en serie al segundo terminal de CC de la unidad monofásica; y

se conecta un circuito de derivación de fallo paralelo entre el segundo terminal del primer reactor y el segundo terminal del segundo reactor.

20 El circuito de derivación de fallo paralelo incluye un tiristor, el segundo terminal del primer reactor se conecta a un ánodo del tiristor y el segundo terminal del segundo reactor se conecta a un cátodo del tiristor; o

el circuito de derivación de fallo paralelo incluye, al menos, dos tiristores conectados en serie, el segundo terminal del primer reactor se conecta a un ánodo de los tiristores conectados en serie y el segundo terminal del segundo reactor se conecta a un cátodo de los tiristores conectados en serie.

25 El circuito de derivación de fallo paralelo incluye, además, un pararrayos, donde

cuando el circuito de derivación de fallo paralelo incluye un tiristor, el pararrayos y el tiristor se conectan en paralelo y cuando el circuito de derivación de fallo paralelo incluye, al menos, dos tiristores conectados en serie, el pararrayos y los, al menos, dos tiristores conectados en serie se conectan en paralelo; y

30 se conecta un primer terminal del pararrayos al segundo terminal del primer reactor y se conecta un segundo terminal del pararrayos al segundo terminal del segundo reactor.

35 Cada uno de los primeros módulos y los segundos módulos incluye: un primer interruptor semiconductor de apagado y un segundo interruptor semiconductor de apagado conectados en serie, un primer diodo conectado en antiparalelo con el primer interruptor semiconductor de apagado, un segundo diodo conectado en antiparalelo con el segundo interruptor semiconductor de apagado y un elemento de almacenamiento de energía, donde el elemento de almacenamiento de energía se conecta en paralelo con una ramificación en serie del primer interruptor semiconductor de apagado y el segundo interruptor semiconductor de apagado.

40 Se conecta un terminal negativo del primer interruptor semiconductor de apagado a un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado, se toma un punto de conexión del mismo como segundo terminal del primer módulo y se toma un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado como primer terminal del primer módulo; o se toma un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado como segundo terminal del primer módulo, se conecta un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado a un terminal positivo del primer interruptor semiconductor de apagado y se toma un punto de conexión del mismo como primer terminal del primer módulo.

El elemento de almacenamiento de energía es un condensador.

45 Cada uno de los interruptores semiconductores de apagado es un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un transistor de puerta mejorado con inyección (IEGT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT), un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET) o un tiristor desactivado por compuerta (GTO).

50 Cuando el interruptor semiconductor de apagado es un IGBT o un IEGT, un terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un colector del IGBT o el IEGT y un terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un emisor del IGBT o el IEGT;

cuando el interruptor semiconductor de apagado es un IGCT o un GTO, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un ánodo del IGCT o el GTO y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un cátodo del IGCT o el GTO; y

cuando el interruptor semiconductor de apagado es un MOSFET, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un emisor del MOSFET y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un colector del MOSFET.

5 Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un sistema de transmisión de energía de CC. El sistema incluye, al menos, un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión de las realizaciones de la presente invención, donde se conecta un terminal de CA de una unidad monofásica de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión a un sistema de CA a través de un interruptor lateral de CA y se conecta cada uno de un primer terminal de CC y un segundo terminal de CC de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión a una línea de CC a través de un reactor y un interruptor lateral de CC conectados en serie.

10 Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un método de tratamiento de fallos en la línea de CC que se aplica al sistema de transmisión de energía de CC de las realizaciones de la presente invención, incluyendo el método:

15 bloquear, cuando se detecta un fallo de una línea de CC, un convertidor en un sistema de transmisión de energía de CC, ordenando apagar un interruptor lateral de CA del convertidor y activando un circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor después de que se apague el interruptor lateral de CA; y

ordenar apagar un interruptor lateral de CC cuando una corriente de fallo en un lateral de CC es inferior a un valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC.

Después de apagar el interruptor lateral de CC, el método incluye, además:

20 ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido, encender el interruptor lateral de CC del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA del convertidor; y

desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

El valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC es un valor inferior a un valor de una capacidad de rotura de arco del interruptor lateral de CC.

El tiempo de extinción de arco se establece según un tiempo de recuperación de fuerza dieléctrica de la línea de CC.

25 Un intervalo de valor del tiempo de extinción de arco es de 0,1 ms a 10 s.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un dispositivo de tratamiento de fallos que se aplica al sistema de transmisión de energía de CC de las realizaciones de la presente invención, incluyendo el dispositivo:

una unidad de detección de fallos, configurada para detectar si una línea de CC tiene un fallo;

30 una unidad de tratamiento de fallos configurada para bloquear, cuando la unidad de detección de fallos detecta que la línea de CC tiene un fallo, un convertidor en un sistema de transmisión de energía de CC, ordenar apagar un interruptor lateral de CA y activar un circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor después de que se apague el interruptor lateral de CA; y

35 una unidad de detección de corriente configurada para detectar una corriente de fallo en un lateral de CC y notificar a la unidad de tratamiento de fallos cuando la corriente de fallo en el lateral de CC es inferior a un valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC, donde

la unidad de tratamiento de fallos se configura, además, para ordenar, después de obtener la notificación de la unidad de detección de corriente, apagar el interruptor lateral de CC.

40 La unidad de tratamiento de fallos está, además, configurada para ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido después de que se apague el interruptor lateral de CC, encender el interruptor lateral de CC del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA del convertidor y desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

Efecto ventajoso

45 Con el convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, el sistema de transmisión de energía de CC y el método y el dispositivo de tratamiento de fallos proporcionados en las realizaciones de la presente invención, cuando una línea de CC tiene un fallo, se activa un tiristor en un circuito de derivación de fallo paralelo para compartir mucha corriente de un bucle de fallo de modo que facilita que un interruptor lateral de CC desconecte el fallo, consiguiendo de ese modo reiniciar un sistema de transmisión de energía de CC flexible y recuperar rápidamente la energía de CC.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama estructural esquemático de una unidad monofásica de un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según una realización de la presente invención;

la figura 2a es un diagrama esquemático de un circuito de derivación de fallo paralelo según una realización de la presente invención;

la figura 2b es un diagrama esquemático de otro circuito de derivación de fallo paralelo según una realización de la presente invención;

5 la figura 3a es un diagrama esquemático de todavía otro circuito de derivación de fallo paralelo según una realización de la presente invención;

la figura 3b es un diagrama esquemático de aún otro circuito de derivación de fallo paralelo según una realización de la presente invención;

10 la figura 4a es un diagrama estructural esquemático de un primer módulo o un segundo módulo según una realización de la presente invención;

la figura 4b es un diagrama estructural esquemático de otro primer módulo u otro segundo módulo según una realización de la presente invención;

15 la figura 5 es un diagrama esquemático de una topología de un sistema de transmisión de energía de CC flexible de dos terminales formado por un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión trifásico según una realización de la presente invención;

la figura 6 es un diagrama de flujo de un método de tratamiento de fallos en la línea de CC según una realización de la presente invención; y

la figura 7 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de tratamiento de fallos en la línea de CC según una realización de la presente invención.

20 **Descripción detallada de la invención**

Las soluciones técnicas de la presente invención se describen adicionalmente en detalle a continuación con referencia a dibujos adjuntos y realizaciones específicas.

25 Un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión proporcionado en las realizaciones de la presente invención incluye, al menos, una unidad monofásica; cada unidad monofásica incluye un primer brazo de puente y un segundo brazo de puente; se toma un primer terminal del primer brazo de puente como primer terminal de CC de la unidad monofásica; se toma un primer terminal del segundo brazo de puente como segundo terminal de CC de la unidad monofásica; un segundo terminal del primer brazo de puente y un segundo terminal del segundo brazo de puente se cortocircuitan entre sí, como terminal de CA de la unidad monofásica; y se configuran el primer terminal de CC y el segundo terminal de CC para acceder a una red de CC y se configura el terminal de CA para acceder a una red de CA.

30 El primer brazo de puente incluye, al menos, dos primeros módulos conmutables y un primer reactor conectado en serie; se conecta un primer terminal del primer reactor al terminal de CA de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal del primer reactor a un primer terminal de los, al menos, dos primeros módulos conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos primeros módulos conectados en serie al primer terminal de CC de la unidad monofásica.

35 El segundo brazo de puente incluye, al menos, dos segundos módulos conmutables y un segundo reactor conectado en serie; se conecta un primer terminal del segundo reactor al terminal de CA de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal del segundo reactor a un primer terminal de los, al menos, dos segundos módulos conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos segundos módulos conectados en serie al segundo terminal de CC de la unidad monofásica.

40 Se conecta un circuito de derivación de fallo paralelo entre el segundo terminal del primer reactor y el segundo terminal del segundo reactor.

Preferiblemente, el circuito de derivación de fallo paralelo en las realizaciones de la presente invención puede incluir un tiristor, el segundo terminal del primer reactor se conecta a un ánodo del tiristor y el segundo terminal del segundo reactor se conecta a un cátodo del tiristor; o

45 el circuito de derivación de fallo paralelo puede incluir, al menos, dos tiristores conectados en serie, el segundo terminal del primer reactor se conecta a un ánodo de los tiristores conectados en serie y el segundo terminal del segundo reactor se conecta a un cátodo de los tiristores conectados en serie.

Preferiblemente, el circuito de derivación de fallo paralelo en las realizaciones de la presente invención puede incluir, además, un pararrayos.

Cuando el circuito de derivación de fallo paralelo incluye un tiristor, el pararrayos y el tiristor se conectan en paralelo y cuando el circuito de derivación de fallo paralelo incluye, al menos, dos tiristores conectados en serie, el pararrayos y los al menos dos tiristores conectados en serie se conectan en paralelo.

5 Un primer terminal del pararrayos se conecta al segundo terminal del primer reactor y un segundo terminal del pararrayos se conecta al segundo terminal del segundo reactor.

10 Preferiblemente, cada uno de los primeros módulos y los segundos módulos en las realizaciones de la presente invención incluye: un primer interruptor semiconductor de apagado y un segundo interruptor semiconductor de apagado conectados en serie, un primer diodo conectado en antiparalelo con el primer interruptor semiconductor de apagado, un segundo diodo conectado en antiparalelo con el segundo interruptor semiconductor de apagado y un elemento de almacenamiento de energía, donde el elemento de almacenamiento de energía se conecta en paralelo con una ramificación en serie del primer interruptor semiconductor de apagado y el segundo interruptor semiconductor de apagado.

15 Se conecta un terminal negativo del primer interruptor semiconductor de apagado a un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado, se toma un punto de conexión del mismo como segundo terminal del primer módulo y se toma un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado como primer terminal del primer módulo; o se toma un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado como segundo terminal del primer módulo, se conecta un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado a un terminal positivo del primer interruptor semiconductor de apagado y se toma un punto de conexión del mismo como primer terminal del primer módulo.

Preferiblemente, el elemento de almacenamiento de energía puede ser un condensador.

20 Cada uno de los interruptores semiconductores de apagado puede ser un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un transistor de puerta mejorado con inyección (IEGT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT), un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET) o un tiristor desactivado por compuerta (GTO).

25 Cuando el interruptor semiconductor de apagado es un IGBT o un IEGT, un terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un colector del IGBT o el IEGT y un terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un emisor del IGBT o el IEGT;

cuando el interruptor semiconductor de apagado es un IGCT o un GTO, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un ánodo del IGCT o el GTO y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un cátodo del IGCT o el GTO; y

30 cuando el interruptor semiconductor de apagado es un MOSFET, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un emisor del MOSFET y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un colector del MOSFET.

Se describe una estructura de una unidad monofásica de un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión en las realizaciones de la presente invención en detalle a continuación con referencia a dibujos adjuntos específicos.

35 Tal como se muestra en la figura 1, la figura 1 es un diagrama estructural esquemático de una unidad monofásica de un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según una realización de la presente invención. Una unidad monofásica 0 incluye un primer brazo de puente 100 y un segundo brazo de puente 200; se toma un primer terminal del primer brazo de puente 100 como primer terminal de CC P de la unidad monofásica; se toma un primer terminal del segundo brazo de puente 200 como segundo terminal de CC N de la unidad monofásica; se configuran el primer terminal de CC P y el segundo terminal de CC N, respectivamente, para acceder a la red de CC; un segundo terminal del primer brazo de puente 100 y un segundo terminal del segundo brazo de puente 200 se cortocircuitan entre sí, como terminal de CA A de la unidad monofásica; y se configura el terminal de CA A para acceder a un red de CA. El primer brazo de puente 100 incluye, al menos, dos primeros módulos 101 conmutables y un primer reactor 102 conectado en serie; se conecta un primer terminal del primer reactor 102 al terminal de CA A de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal X1 del primer reactor 102 a un primer terminal de los, al menos, dos primeros módulos 101 conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos primeros módulos 101 conectados en serie al primer terminal de CC P de la unidad monofásica. El segundo brazo de puente 200 incluye, al menos, dos segundos módulos 201 conmutables y un segundo reactor 202 conectado en serie; se conecta un primer terminal del segundo reactor 202 al terminal de CA A de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal X2 del segundo reactor 202 a un primer terminal de los, al menos, dos segundos módulos 201 conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos segundos módulos 201 conectados en serie al segundo terminal de CC N de la unidad monofásica.

50 Se conecta un circuito de derivación de fallo paralelo 300 entre el segundo terminal del primer reactor 102 y el segundo terminal del segundo reactor 202.

55 Preferiblemente, tal como se muestra en la figura 2a, puede formarse un circuito de derivación de fallo paralelo en una realización de la presente invención por un tiristor 301 y un pararrayos 302 conectados en paralelo, se conecta un ánodo del tiristor 301 al segundo terminal X1 del primer reactor 102 y se conecta un cátodo del tiristor 301 al segundo terminal X2 del segundo reactor 202.

Además, tal como se muestra en la figura 2b, puede formarse otro circuito de derivación de fallo paralelo en una realización de la presente invención por al menos dos tiristores 301 conectados en serie y un pararrayos 302, se conectan en paralelo los tiristores 301 conectados en serie con el pararrayos 302, se conecta un ánodo de los tiristores 301 conectados en serie con el segundo terminal X1 del primer reactor 102 y se conecta un cátodo del tiristor 301 conectado en serie al segundo terminal X2 del segundo reactor 202.

Preferiblemente, tal como se muestra en la figura 3a, puede formarse todavía otro circuito de derivación de fallo paralelo en una realización de la presente invención por un tiristor 301, se conecta un ánodo del tiristor 301 al segundo terminal X1 del primer reactor 102 y se conecta un cátodo del tiristor 301 al segundo terminal X2 del segundo reactor 202.

Además, tal como se muestra en la figura 3b, puede formarse aún otro circuito de derivación de fallo paralelo en una realización de la presente invención por al menos dos tiristores 301 conectados en serie, se conecta un ánodo de los tiristores 301 conectado en serie al segundo terminal X1 del primer reactor 102 y se conecta un cátodo de los tiristores 301 conectado en serie al segundo terminal X2 del segundo reactor 202.

Es decir, las estructuras de los circuitos de derivación de fallo paralelos mostradas en la figura 2a y la figura 2b, en comparación con las estructuras de los circuitos de derivación de fallo paralelos mostradas en la figura 3a y la figura 3b, se proporcionan respectivamente con los pararrayos. El pararrayos tiene la función de proteger un dispositivo de conmutación, de modo que evita que el dispositivo se dañe por sobretensión.

La figura 4a y la figura 4b son dos diagramas estructurales esquemáticos de un primer módulo o un segundo módulo según una realización de la presente invención. Cada una de las estructuras puede incluir un interruptor semiconductor de apagado 01, un interruptor semiconductor de apagado 03, un diodo 02, un diodo 04 y un elemento de almacenamiento de energía C, donde se conecta en antiparalelo el interruptor semiconductor de apagado 01 con el diodo 02, se conecta en antiparalelo el interruptor semiconductor de apagado 03 con el diodo 04; y cada uno de los interruptores semiconductores de apagado 01, 03 puede utilizar un único dispositivo de conmutación que puede controlarse (por ejemplo, un dispositivo que puede controlarse completamente, tal como un IGBT, un IGCT, un MOSFET y un GTO, donde se utiliza un IGBT como ejemplo a continuación en esta realización) o utilizar una estructura formada por al menos dos dispositivos de conmutación que pueden controlarse conectados en serie. En el módulo mostrado en la figura 4a, se conecta un emisor del interruptor semiconductor de apagado 01 a un colector del interruptor semiconductor de apagado 03, se toma un punto de conexión del mismo como segundo terminal del módulo, se conecta un conector del interruptor semiconductor de apagado 01 a un emisor del interruptor semiconductor de apagado 03 a través del elemento de almacenamiento de energía C y se toma el emisor del interruptor semiconductor de apagado 03 como primer terminal del módulo. En el módulo mostrado en la figura 4b, se conecta un emisor del interruptor semiconductor de apagado 03 a un colector del interruptor semiconductor de apagado 01, se toma un punto de conexión del mismo como primer terminal del módulo, se conecta un emisor del interruptor semiconductor de apagado 01 a un colector del interruptor semiconductor de apagado 03 a través del elemento de almacenamiento de energía C y se toma el colector del interruptor semiconductor de apagado 03 como segundo terminal del módulo.

Debe observarse que los elementos en la estructura de circuito mostrados en la figura 1, tales como reactor, resistor y elemento de almacenamiento de energía, hacen referencia principalmente a elementos equivalentes. Es decir, cada elemento equivalente en la estructura de circuito puede ser un elemento único o puede estar formado por una disposición en cascada (tal como conectando en serie o conectando en paralelo) de una pluralidad de elementos idénticos. Por ejemplo, el circuito de derivación de fallo paralelo puede formarse por un tiristor, o puede formarse por una disposición en cascada de al menos dos tiristores; y el reactor puede ser un reactor o puede estar formado por una disposición en cascada de al menos dos reactores. Cualquier elemento equivalente en las realizaciones de la presente invención y cualquier circuito equivalente que pueda conseguir la misma función entrará dentro del alcance de protección de las realizaciones de la presente invención.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un sistema de transmisión de energía de CC formado por, al menos, un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión de la realización anterior. En el sistema, se conecta un terminal de CA de una unidad monofásica de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión a un sistema de CA a través de un interruptor lateral de CA y se conecta cada uno de un primer terminal de CC y un segundo terminal de CC de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión a una línea de CC a través de un reactor y un interruptor lateral de CC conectado en serie.

La figura 5 es un diagrama esquemático de una topología de un sistema de transmisión de energía de CC flexible de dos terminales formado por un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión trifásico según una realización de la presente invención. En la figura 5, cada uno de un convertidor 1 y un convertidor 2 se forma por unidades trifásicas idénticas a la unidad monofásica mostrada en la unidad 1. Se conectan los terminales de CA A de las unidades trifásicas del convertidor 1 a un sistema de CA CA1 a través de un interruptor lateral de CA CAB1; se conecta un primer terminal de CC P del convertidor 1 a un primer terminal de un interruptor lateral de CC CCB1 a través de un reactor 01; se conecta un segundo terminal de CC N del convertidor 1 a un primer terminal de un interruptor lateral de CC CCB2 a través de un reactor 02; se conecta un segundo terminal del interruptor lateral de CC CCB1 a un primer terminal de una primera línea ramificada; se conecta un segundo terminal del interruptor lateral de CC CCB2 a un primer terminal de una segunda línea ramificada. Se conectan los terminales de CA A de unidades trifásicas del segundo convertidor 2 a un sistema de CA CA2 a través de interruptor lateral de CA CAB2; se conecta un primer terminal de CC P del convertidor 2 a un primer terminal

de un interruptor lateral de CC CCB3 a través de un reactor 03; se conecta un segundo terminal de CC N del reactor 2 a un primer terminal de un interruptor lateral de CC CCB4 a través de un reactor 04; se conecta un segundo terminal del interruptor lateral de CC CCB3 a un segundo terminal de la primera línea ramificada; y se conecta un segundo terminal del interruptor lateral de CC CCB4 a un segundo terminal de la segunda línea ramificada.

5 Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un método de tratamiento de fallos en la línea de CC aplicado a un sistema de transmisión de energía de CC. El método incluye, principalmente:

bloquear, cuando se detecta un fallo de una línea de CC, un convertidor en un sistema de transmisión de energía de CC y ordenar apagar un interruptor lateral de CA del convertidor;

10 activar un circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor después de que se apague el interruptor lateral de CA; y

ordenar apagar un interruptor lateral de CC cuando una corriente de fallo en un lateral de CC es inferior a un valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC.

Preferiblemente, después de apagar el interruptor lateral de CC, el método incluye, además:

15 ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido, encender el interruptor lateral de CC del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA del convertidor; y

desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

Preferiblemente, el valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC en la realización anterior es un valor inferior a un valor de una capacidad de rotura de arco del interruptor lateral de CC.

20 El tiempo de extinción de arco en la realización anterior se establece según un tiempo de recuperación de fuerza dieléctrica de la línea de CC. Preferiblemente, un intervalo de valor del tiempo de extinción de arco es de 0,1 ms a 10 s.

El método de tratamiento de fallos en una línea de CC en la realización anterior de la presente invención puede implementarse independientemente en cada convertidor del sistema de transmisión de energía de CC.

25 El método de tratamiento de fallos en una línea de CC de las realizaciones de la presente invención se describe adicionalmente en detalle a continuación con referencia a la figura 6. Tal como se muestra en la figura 6, el método de tratamiento de fallos en una línea de CC incluye, principalmente:

Etapa 601: Detectar si una línea de CC tiene un fallo y, de ser así, realizar la etapa 602; y, de lo contrario, volver para continuar con la detección;

Etapa 602: Bloquear inmediatamente un convertidor, enviar una orden para apagar un interruptor lateral de CA y ordenar apagar el interruptor lateral de CA del convertidor y pasar a la etapa 603;

30 Etapa 603: Determinar si el interruptor lateral de CA está apagado y, de ser así, realizar la etapa 504; y, de lo contrario, volver para continuar con la determinación;

Etapa 604: Activar un tiristor en un circuito de derivación de fallo paralelo inmediatamente después de que se haya apagado el interruptor lateral de CA y pasar a la etapa 605;

35 Etapa 605: Determinar si se disminuye una corriente de fallo en un lateral de CC para ser inferior a un valor de corriente establecido para apagar un interruptor lateral de CC y, de ser así, realizar la etapa 606; y, de lo contrario, volver para continuar con la determinación;

Etapa 606: Ordenar apagar el interruptor lateral de CC cuando se disminuye una corriente de fallo en el lateral de CC para ser inferior al valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC y pasar a la etapa 607, donde

40 el valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC es un valor inferior a un valor de una capacidad de rotura de arco del interruptor lateral de CC;

Etapa 607: Determinar si el tiempo de extinción de arco establecido expira y, de ser así, realizar la etapa 608; y, de lo contrario, volver para continuar con la determinación; donde

el tiempo de extinción de arco puede establecerse según un tiempo de recuperación de fuerza dieléctrica de la línea de CC y un intervalo de valores preferible es de 0,1 ms a 10 s;

45 Etapa 608: Ordenar encender el interruptor lateral de CC del convertidor y pasar a la etapa 609;

Etapa 609: Ordenar encender el interruptor lateral de CA del convertidor y pasar a la etapa 610; y

Etapa 610: Desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

El método de tratamiento de fallos en una línea de CC de las realizaciones de la presente invención se describe adicionalmente en detalle a continuación con referencia al sistema de transmisión de energía de CC mostrado en la figura 5.

5 El valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC es de 1000 A y el tiempo de extinción de arco es de 100 ms. Cuando se cortocircuita un punto K en la línea de CC del sistema de transmisión de energía de CC flexible mostrado en la figura 5, los dispositivos de protección de tanto el convertidor 1 como del convertidor 2 en el sistema de transmisión de energía de CC flexible detectan que la línea de CC tiene un fallo, bloquean posteriormente el convertidor 1 y el convertidor 2 de manera inmediata, envían, de manera sincrónica, órdenes para apagar los interruptores entrantes laterales de CA de los convertidores, activan inmediatamente los tiristores en los circuitos de derivación de fallos paralelos en el convertidor 1 y el convertidor 2 después de que se apaguen los interruptores laterales de CA, apagan los interruptores laterales de CC cuando disminuye la corriente de fallo en el lateral de CC para ser inferior a 1000 A, encienden consecutivamente los interruptores laterales de CC y los interruptores laterales de CA de los convertidores 1, 2 después de un retraso del tiempo de extinción de arco de 100 ms y desbloquean los convertidores 1, 2 y recuperan la energía de CC.

15 Las realizaciones de la presente invención proporcionan, además, un dispositivo de tratamiento de fallos en la línea de CC correspondiente al método de tratamiento de la línea de CC de las realizaciones de la presente invención. Se aplica el dispositivo al sistema de transmisión de energía de CC de las realizaciones de la presente invención, tal como se muestra en la figura 7, incluyendo el dispositivo:

una unidad de detección de fallos 701, configurada para detectar si una línea de CC tiene un fallo;

20 una unidad de tratamiento de fallos 702 configurada para bloquear, cuando la unidad de detección de fallos 701 detecta que la línea de CC tiene un fallo, un convertidor en un sistema de transmisión de energía de CC, ordenar apagar un interruptor lateral de CA del convertidor y activar un circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor después de que se apague el interruptor lateral de CA; y

25 una unidad de detección de corriente 703 configurada para detectar una corriente de fallo en un lateral de CC y notificar a la unidad de tratamiento de fallos 702 cuando la corriente de fallo en el lateral de CC es inferior a un valor de corriente establecido para apagar un interruptor lateral de CC, donde

la unidad de tratamiento de fallos 702 se configura, además, para ordenar, después de obtener la notificación de la unidad de detección de corriente 703, apagar el interruptor lateral de CC.

30 Preferiblemente, la unidad de tratamiento de fallos 703 está, además, configurada para ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido después de que se apague el interruptor lateral de CC, encender el interruptor lateral de CC del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA del convertidor y desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

35 Debe observarse que el dispositivo de tratamiento de fallos en la línea de CC en las realizaciones de la presente invención puede disponerse dentro de la estructura de un convertidor o puede disponerse fuera de la estructura de un convertidor; y un dispositivo de tratamiento de fallos en la línea de CC puede disponerse individualmente para cada convertidor en un sistema de transmisión de energía de CC o un dispositivo de tratamiento de fallos en la línea de CC unificado se dispone para todos los convertidores en un sistema de transmisión de energía de CC.

Las realizaciones de la presente invención resaltan, al menos, los siguientes efectos técnicos:

40 1. con el convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión proporcionado en las realizaciones de la presente invención, cuando una línea de CC tiene un fallo, se activa un tiristor de derivación en un circuito de derivación de fallo paralelo para compartir mucha corriente de un bucle de fallo de modo que facilita que un interruptor lateral de CC desconecte el fallo;

45 2. con el convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión proporcionado en las realizaciones de la presente invención, en un procedimiento de encendido y apagado del interruptor lateral de CC, se evita un problema de sobretensión grave debido a la existencia de un bucle de tiristor de derivación;

3. el circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión proporcionado en las realizaciones de la presente invención permite una implementación fácil y bajos costes;

50 4. con el método de tratamiento de fallos en la línea de CC proporcionado en las realizaciones de la presente invención, mediante una medición de tiempo de control de reinicio apropiada, puede conseguirse reiniciar un sistema de transmisión de energía de CC flexible y una recuperación rápida de la energía de CC cuando la línea de CC tiene un fallo transitorio; y

5. el método de tratamiento de fallos en la línea de CC proporcionado en las realizaciones de la presente invención permite un procedimiento de funcionamiento fácil y fiable y una implementación fácil.

Las descripciones anteriores son simplemente realizaciones preferidas de la presente invención y no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión, caracterizado porque

5 el convertidor comprende, al menos, una unidad monofásica (O); cada unidad monofásica comprende un primer brazo de puente (100) y un segundo brazo de puente (200); se toma un primer terminal del primer brazo de puente (100) como primer terminal de CC (P) de la unidad monofásica; se toma un primer terminal del segundo brazo de puente (200) como segundo terminal de CC (N) de la unidad monofásica; y un segundo terminal del primer brazo de puente (100) y un segundo terminal del segundo brazo de puente (200) se cortocircuitan entre sí, como terminal de CA (A) de la unidad monofásica;

10 el primer brazo de puente (100) comprende, al menos, dos primeros módulos (101) conmutables y un primer reactor (102) conectado en serie; se conecta un primer terminal del primer reactor (102) al terminal de CA (A) de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal (X1) del primer reactor (102) a un primer terminal de los, al menos, dos primeros módulos (101) conectados en serie; y se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos primeros módulos (101) conectados en serie al primer terminal de CC (P) de la unidad monofásica;

15 el segundo brazo de puente (200) comprende, al menos, dos segundos módulos (201) conmutables y un segundo reactor (202) conectado en serie; se conecta un primer terminal del segundo reactor (202) al terminal de CA (A) de la unidad monofásica; se conecta un segundo terminal del segundo reactor (202) a un primer terminal de los, al menos, dos segundos módulos (201) conectados en serie; se conecta un segundo terminal de los, al menos, dos segundos módulos (201) conectados en serie al segundo terminal de CC (N) de la unidad monofásica; y

20 se conecta un circuito de derivación de fallo paralelo (300) entre el segundo terminal del primer reactor (102) y el segundo terminal del segundo reactor (202);

en el que se configura el convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión que el circuito de derivación de fallo paralelo (300) se activa después de que se apague un interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) en el convertidor para compartir la corriente de un bucle de fallo de modo que agiliza un interruptor lateral de CC para que desconecte el fallo; y

25 cada uno de los primeros módulos (101) y los segundos módulos (201) comprende: un primer interruptor semiconductor de apagado (O1) y un segundo interruptor semiconductor de apagado (O3) conectados en serie, un primer diodo (O2) conectado en antiparalelo con el primer interruptor semiconductor de apagado (O1), un segundo diodo (O4) conectado en antiparalelo con el segundo interruptor semiconductor de apagado (O3) y un elemento de almacenamiento de energía (C), en el que el elemento de almacenamiento de energía (C) se conecta en paralelo con una ramificación en serie del primer interruptor semiconductor de apagado (O1) y el segundo interruptor semiconductor de apagado (O3); y

30 se conecta un terminal negativo del primer interruptor semiconductor de apagado (O1) a un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado (O3), se toma un punto de conexión del mismo como segundo terminal del primer módulo (101) y se toma un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado (O3) como primer terminal del primer módulo (101); o se toma un terminal positivo del segundo interruptor semiconductor de apagado (O3) como segundo terminal del primer módulo (101), se conecta un terminal negativo del segundo interruptor semiconductor de apagado (O3) a un terminal positivo del primer interruptor semiconductor de apagado (O1) y se toma un punto de conexión del mismo como primer terminal del primer módulo (101).

2. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según la reivindicación 1, en el que

40 el circuito de derivación de fallo paralelo (300) comprende un tiristor (301), el segundo terminal (X1) del primer reactor (102) se conecta a un ánodo del tiristor (301) y el segundo terminal (X2) del segundo reactor (202) se conecta a un cátodo del tiristor (301); o

el circuito de derivación de fallo paralelo (300) comprende al menos dos tiristores (301) conectados en serie, el segundo terminal (X1) del primer reactor (102) se conecta a un ánodo de los tiristores (301) conectados en serie y el segundo terminal (X2) del segundo reactor (202) se conecta a un cátodo de los tiristores (301) conectados en serie.

45 3. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según la reivindicación 2, en el que el circuito de derivación de fallo paralelo (300) comprende, además, un pararrayos (302);

cuando el circuito de derivación de fallo paralelo (300) comprende un tiristor (301), el pararrayos (302) y el tiristor (301) se conectan en paralelo y cuando el circuito de derivación de fallo paralelo (300) comprende, al menos, dos tiristores (301) conectados en serie, el pararrayos (302) y los, al menos, dos tiristores (301) conectados en serie se conectan en paralelo; y

50 se conecta un primer terminal del pararrayos (302) al segundo terminal (X1) del primer reactor (102) y se conecta un segundo terminal del pararrayos (302) al segundo terminal (X2) del segundo reactor (202).

4. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el elemento de almacenamiento de energía (C) es un condensador.

5. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que cada uno de los interruptores semiconductores de apagado (O1, O3) es un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un transistor de puerta mejorado con inyección (IEGT), un tiristor controlado por puerta integrada (IGCT), un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET) o un tiristor desactivado por compuerta (GTO).
- 5 6. Convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión según la reivindicación 5, en el que
- cuando el interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un IGBT o un IEGT, un terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un colector del IGBT o el IEGT y un terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un emisor del IGBT o el IEGT;
- 10 cuando el interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un IGCT o un GTO, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un ánodo del IGCT o el GTO y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado (O1, O3) es un cátodo del IGCT o el GTO; y
- cuando el interruptor semiconductor de apagado es un MOSFET, el terminal positivo del interruptor semiconductor de apagado es un emisor del MOSFET y el terminal negativo del interruptor semiconductor de apagado es un colector del MOSFET.
- 15 7. Sistema de transmisión de energía de CC, caracterizado porque el sistema comprende, al menos, un convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión (112) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6; se conecta un terminal de CA (A) de una unidad monofásica de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión (112) a un sistema de CA a través de un interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) y se conecta cada uno de un primer terminal de CC (P) y un segundo terminal de CC (N) de cada convertidor con múltiples niveles de fuente de tensión (112) a una línea de CC a través de un reactor (O1, O2) y un interruptor lateral de CC (CCB1-CCB4) conectado en serie.
- 20 8. Método de tratamiento de fallos en la línea de CC, que se aplica al sistema de transmisión de energía de CC según la reivindicación 7, comprendiendo el método:
- bloquear, cuando se detecta un fallo de una línea de CC, un convertidor (112) en dicho sistema de transmisión de energía de CC y ordenar apagar un interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) del convertidor (112);
- 25 activar un circuito de derivación de fallo paralelo en el convertidor (112) después de que se apague el interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2); y
- ordenar apagar un interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4) cuando una corriente de fallo en un lateral de CC es inferior a un valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4).
- 30 9. Método de tratamiento de fallos en la línea de CC según la reivindicación 8, en el que, después de apagar el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4), el método comprende, además:
- ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido, encender el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4) del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) del convertidor (112); y
- desbloquear el convertidor (112) y recuperar la energía de CC.
- 35 10. Método de tratamiento de fallos en la línea de CC según la reivindicación 8 o 9, en el que el valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4) es un valor inferior a un valor de una capacidad de rotura de arco del interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4).
11. Método de tratamiento de fallos en la línea de CC según la reivindicación 9, en el que el tiempo de extinción de arco se establece según un tiempo de recuperación de fuerza dieléctrica de la línea de CC.
- 40 12. Método de tratamiento de fallos en la línea de CC según la reivindicación 11, en el que un intervalo de valores del tiempo de extinción de arco es de 0,1 ms a 10 s.
13. Dispositivo de tratamiento de fallos, que se aplica al sistema de transmisión de energía de CC según la reivindicación 8, comprendiendo el dispositivo:
- una unidad de detección de fallos (701), configurada para detectar si una línea de CC tiene un fallo;
- 45 una unidad de tratamiento de fallos (702) configurada para bloquear, cuando la unidad de detección de fallos detecta que la línea de CC tiene un fallo, un convertidor (112) en un sistema de transmisión de energía de CC, ordenar apagar un interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) y activar un circuito de derivación de fallo paralelo (300) en el convertidor después de que se apague el interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2); y
- una unidad de detección de corriente (703) configurada para detectar una corriente de fallo en un lateral de CC y notificar a la unidad de tratamiento de fallos (702) cuando la corriente de fallo en el lateral de CC es inferior al valor de corriente establecido para apagar el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4), en el que
- 50

la unidad de tratamiento de fallos se configura, además, para ordenar, después de obtener la notificación de la unidad de detección de corriente, apagar el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4).

- 5 14. Dispositivo de tratamiento de fallos según la reivindicación 13, en el que la unidad de tratamiento de fallos (702) se configura, además, para ordenar, cuando expira un tiempo de extinción de arco establecido después de que se apague el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4), encender el interruptor lateral de CC (CCB1 a CCB4) del convertidor y ordenar encender el interruptor lateral de CA (CAB1, CAB2) del convertidor y desbloquear el convertidor y recuperar la energía de CC.

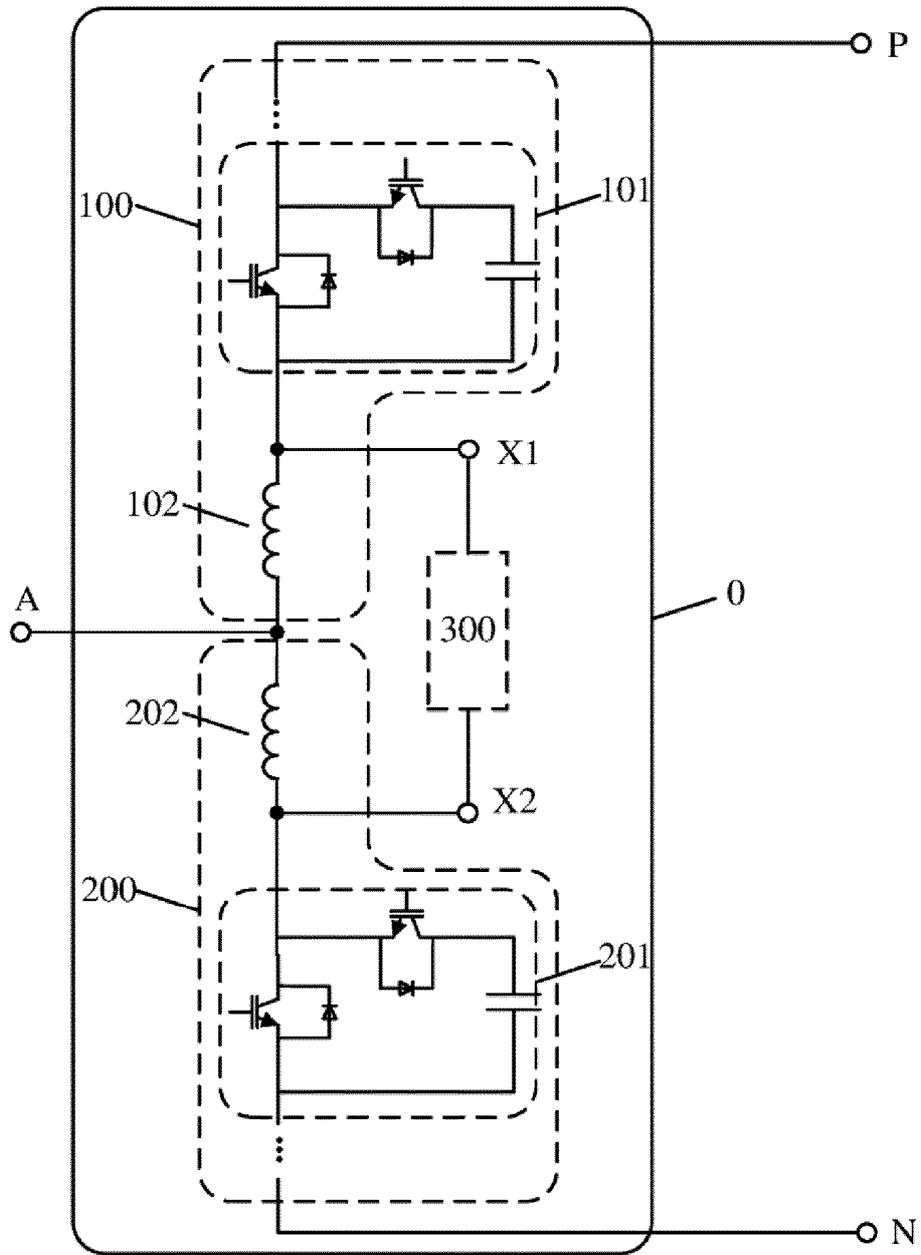


FIG.1

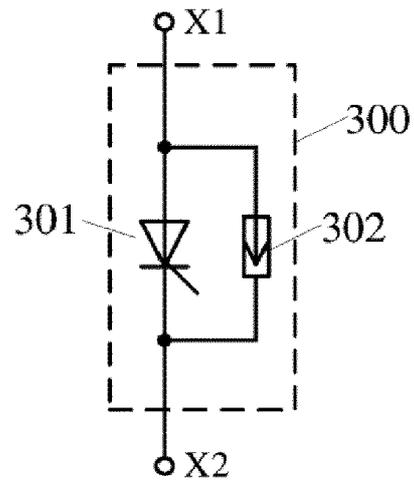


FIG. 2a

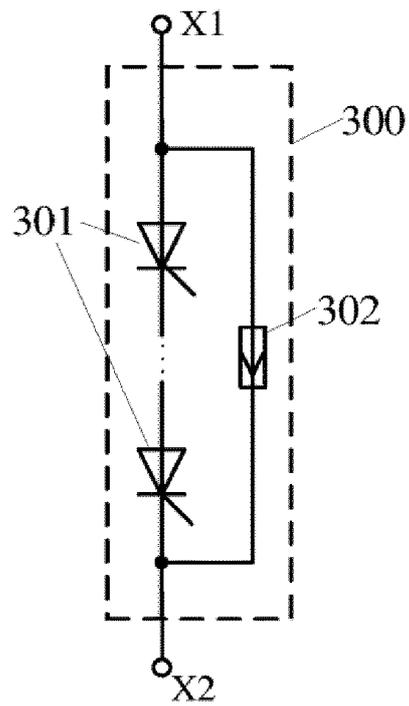


FIG. 2b

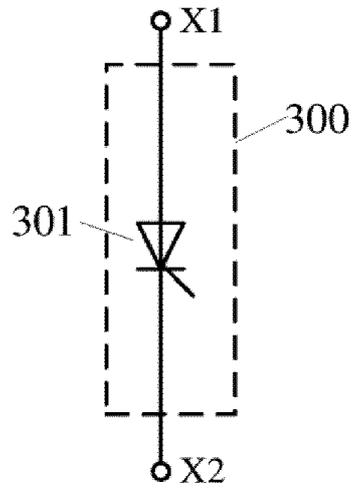


FIG. 3a

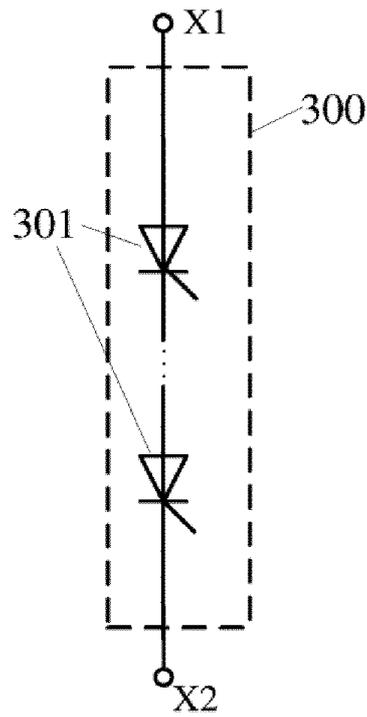


FIG. 3b

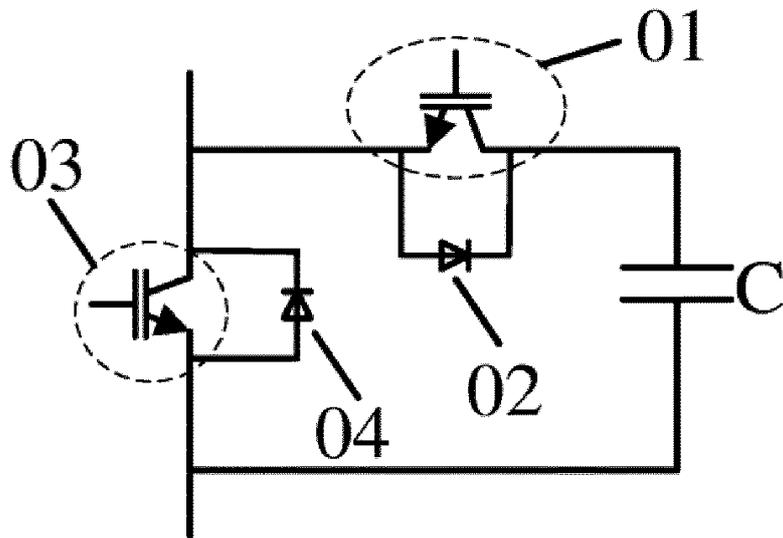


FIG. 4a

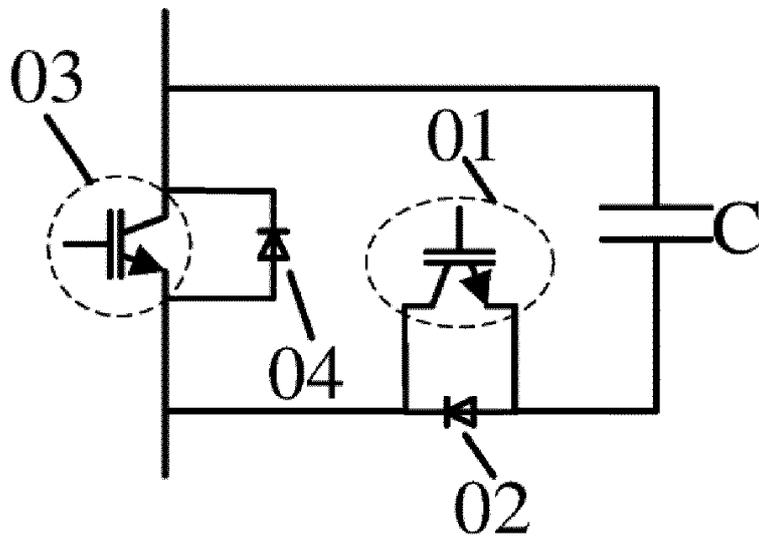


FIG. 4b

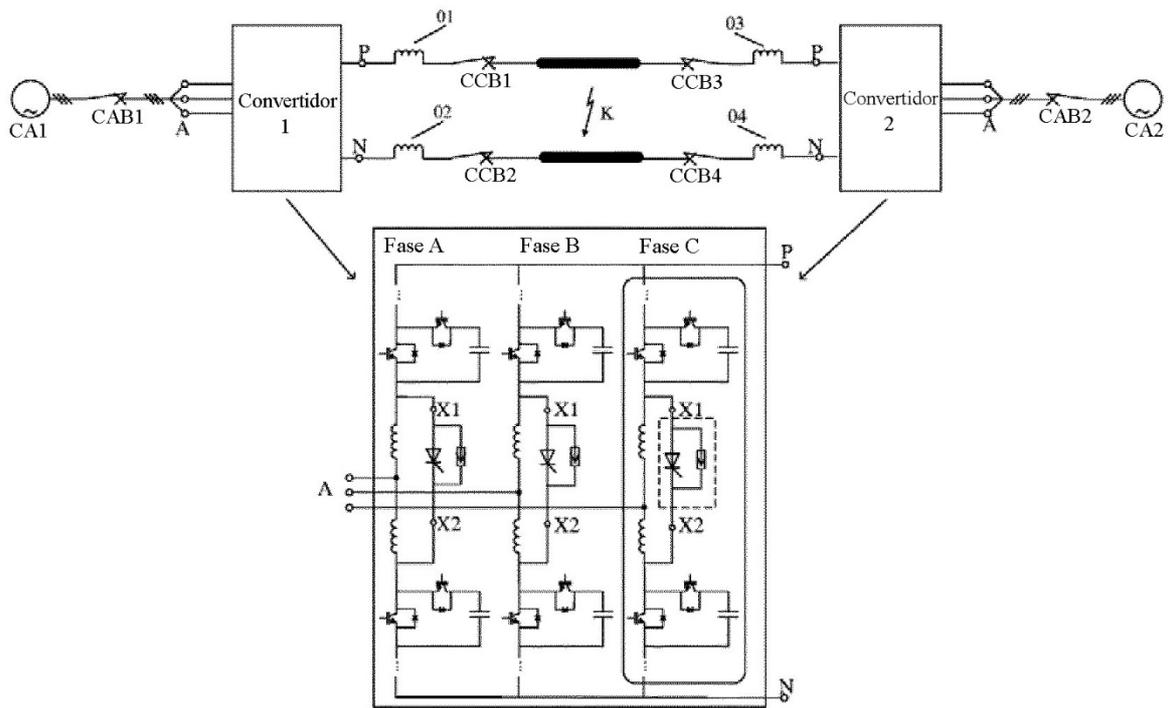


FIG. 5

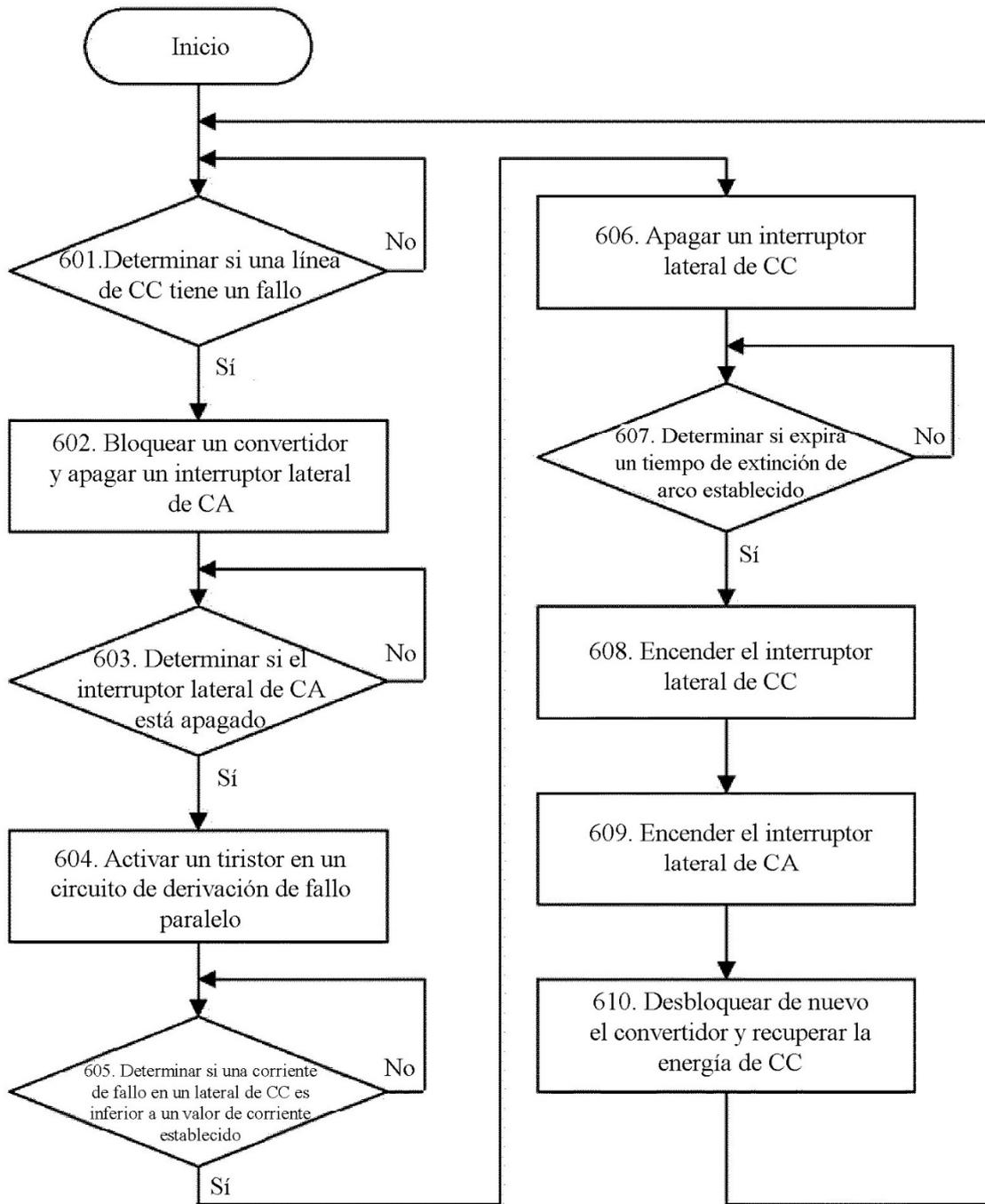


FIG. 6

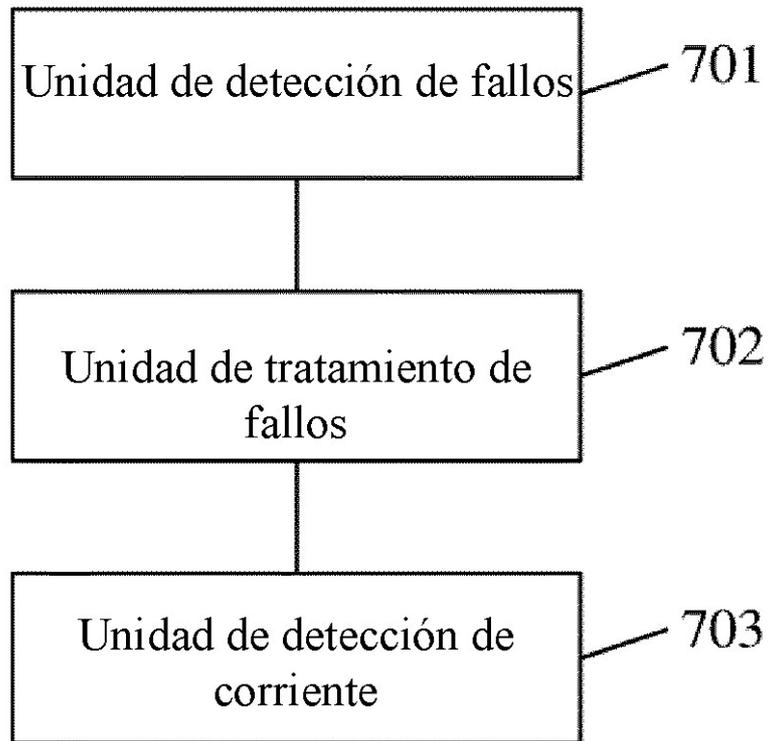


FIG. 7