

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 156**

51 Int. Cl.:

H01H 33/00 (2006.01)

H01H 9/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.12.2013 PCT/CN2013/090615**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14117614**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2013 E 13873552 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2953150**

54 Título: **Aparato para limitar la corriente de circuito o para interrumpir la corriente, y método de control del mismo**

30 Prioridad:

31.01.2013 CN 201310037531

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

19.12.2017

73 Titular/es:

**NR ELECTRIC CO., LTD. (50.0%)
69 Suyuan Avenue Jiangning Nanjing
Jiangsu 211102, CN y
NR ENGINEERING CO., LTD (50.0%)**

72 Inventor/es:

**WANG, YU;
CAO, DONGMING;
FANG, TAIXUN;
YANG, HAO;
YANG, BING;
SHI, WEI y
LU, WEI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 647 156 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

Aparato para limitar la corriente de circuito o para interrumpir la corriente, y método de control del mismo

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere a un aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente de un circuito, y a un método para controlar el aparato.

Técnica relacionada

15 En disyuntor de corriente continua (CC) de alta tensión es uno de los dispositivos cruciales en los sistemas de transmisión de potencia de CC de múltiples extremos. Un sistema de transmisión de potencia de CC de múltiples extremos tiene un nivel de alta tensión y un circuito de impedancia pequeño, y cuando ocurra un fallo de cortocircuito en la línea, una red de transmisión de potencia de CC y una red de corriente alterna (CA) se verán momentáneamente afectadas, por lo tanto, el fallo debe eliminarse rápidamente. Por lo tanto, un disyuntor de CC de alta tensión necesita actuar lo más rápido posible para interrumpir la duración del fallo o suprimir la corriente fallida en la mayor medida posible, para reducir los impactos del fallo en la red de transmisión de potencia de CA/CC. Como el disyuntor de CC de alta tensión está conectado en serie en la línea de transmisión de potencia, la dirección del flujo de potencia en la línea de transmisión de potencia es incierta, y la corriente puede fluir en una o dos direcciones. Por lo tanto, se requiere el disyuntor para tener la capacidad de interrumpir corrientes CC en dos direcciones.

25 La solicitud de patente china nº CN102780200A utiliza un disyuntor convencional de CC de alta tensión para interrumpir una corriente CC, donde la estructura del disyuntor convencional de CC de alta tensión está formada por tres partes: un disyuntor de CA, un bucle de oscilación LC, y un elemento de consumo de potencia. Después de que se abra el disyuntor de CA, se genera un arco. La tensión del arco oscila con el bucle de oscilación LC. Cuando el valor pico de la corriente de oscilación alcanza la amplitud de la corriente CC, la corriente CC puede cancelarse completamente, de manera que un punto de cruce cero aparezca a la entrada del disyuntor, lo que provoca que el arco se extinga, logrando de este modo un objetivo de desactivación de la corriente CC. Tal método de interrupción no incluye un dispositivo semiconductor de potencia, no es direccional, y por lo tanto puede interrumpir corrientes en dos direcciones, y tiene una pérdida pequeña durante un funcionamiento normal. Sin embargo, el disyuntor convencional de CC de alta tensión requiere un largo tiempo de extinción de arco de aproximadamente algunas decenas de milisegundos, y no puede cumplir el requisito de un aislamiento rápido del fallo en el sistema de transmisión de potencia de CC de múltiples extremos.

40 Para aislar rápidamente la corriente de CC fallida y mantener una elevada eficiencia de transmisión de potencia, la solicitud de patente china nº CN102687221A divulga un aparato y un método para cortocircuitar una corriente de una línea de distribución de potencia de una línea de transmisión de potencia, y una disposición de limitación de corriente, donde el aparato incluye un disyuntor primario, un interruptor de alta velocidad, un disyuntor auxiliar, y un elemento de consumo de energía de resistencia no lineal. En un modo de funcionamiento normal, la corriente de la línea fluye a través de un bucle auxiliar, con una pequeña pérdida de conducción; en un modo de fallo, la corriente se conmuta al disyuntor primario, y se absorbe finalmente por el elemento de consumo de potencia, interrumpiendo de este modo la corriente.

50 Después de que el aparato de interrupción de CC de alta tensión desactive la corriente fallida, el disyuntor primario soporta una tensión de algunos cientos de kilovoltios. El número de dispositivos semiconductores de potencia conectados en serie en una dirección de la corriente es de hasta algunos cientos. El dispositivo semiconductor de potencia puede conducirse en solamente una dirección; por lo tanto, con el fin de desactivar la corriente fallida en ambas direcciones de la corriente, la unidad de serie básica del disyuntor primario en el aparato de interrupción de CC de alta tensión adopta dos estructuras antiserie o antiparalelas de dispositivos semiconductores de potencia, y se dobla el número de dispositivos semiconductores de potencia en el disyuntor primario. Cuando se interrumpe la corriente en una primera dirección de la corriente, los dispositivos semiconductores de potencia en una segunda dirección de la corriente no tienen ningún efecto beneficioso para interrumpir la corriente o soportar la tensión, esto es, la tasa de utilización de los dispositivos semiconductores de potencia del disyuntor primario es solamente del 50 %. Como los costes de los dispositivos semiconductores de potencia representan una gran proporción del coste total del aparato, proporcionar la función de interrupción de corrientes en dos direcciones aumentará considerablemente los costes del dispositivo. La disposición de los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente en el disyuntor primario no tiene ningún efecto beneficioso, y la sobretensión y la sobrecorriente generadas cuando se desactiva la corriente en la primera dirección de la corriente tienen efectos adversos sobre los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente. Si los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente y los dispositivos semiconductores de potencia en la primera dirección de la corriente están conectados de una manera antiparalela, una sobretensión generada cuando la corriente se desactiva en la primera dirección de la corriente se aplicará a los dispositivos

5 semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente, y la tensión es una tensión inversa para los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente y provocará daños a los dispositivos; si los dispositivos semiconductores de potencia con diodos antiparalelos en la segunda dirección de la corriente y los dispositivos semiconductores de potencia con diodos antiparalelos en la primera dirección de la corriente están conectados de manera antiserie, una corriente abruptamente aumentada generada cuando la corriente se desactive en la primera dirección de la corriente fluirá a través de diodos de circulación libre en los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente, reduciendo la vida de servicio de los dispositivos.

10 La disposición de los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente tiene además un efecto adverso en el diseño estructural y en el diseño eléctrico del disyuntor primario. Las direcciones de disposición de los dispositivos semiconductores de potencia en la primera dirección de la corriente son consistentes, haciendo que el diseño eléctrico y el diseño estructural tengan consistencia. La disposición de los dispositivos semiconductores de potencia en la segunda dirección de la corriente destruye la consistencia original en la dirección de disposición, aumentando la dificultad en la configuración, la instalación y el cableado del dispositivo.

15 En la rama del disyuntor auxiliar de la solicitud de patente china nº CN102687221A, el interruptor mecánico ultrarápido está conectado en paralelo al disyuntor primario, el interruptor mecánico ultrarápido no puede aislar completamente el aparato para proteger el disyuntor primario, y el disyuntor primario no tiene puntos de interrupción obvios y es difícil de reparar y mantener.

20 Se conoce un aparato para limitar una corriente según el preámbulo de la reivindicación 1 por el documento US 2005/146814.

25 **Sumario de la invención**

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un aparato para limitar una corriente de una línea o para interrumpir una corriente, y un método de control del mismo, que sean adecuados para las corrientes de circuito en dos direcciones, y pueda reducir considerablemente los costes del aparato y reducir la dificultad en la configuración, instalación y cableado del dispositivo en el aparato bajo la premisa de garantizar una velocidad de interrupción alta y una pérdida baja.

Para lograr el objetivo anterior, la presente invención adopta la siguiente solución:

35 Un aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente, que incluye: una rama de interrupción de corriente, incluyendo la rama de interrupción de corriente una unidad de interrupción o al menos dos unidades de interrupción que están conectadas en serie, incluyendo cada unidad de interrupción un disyuntor de estado sólido de corriente continua (CC) y una resistencia no lineal conectados en paralelo; y

40 que incluye además una rama puente, incluyendo la rama puente dos brazos puente formados por cuatro ramas de conmutación de corriente idénticas, donde cada dos de cuatro ramas de conmutación de corriente están conectadas en serie, los dos brazos puente formados se conectan entonces en paralelo, ambos brazos puente se conectan en paralelo a la rama de interrupción de corriente, y los puntos medios de los dos brazos puente están conectados por separado a dos extremos de un circuito; cada rama de conmutación de corriente incluye al menos un interruptor de aislamiento de alta velocidad y al menos un interruptor semiconductor de potencia bidireccional que están

45 conectados en serie; y una dirección en la que una corriente entra desde el punto medio de un primer brazo puente y fluye secuencialmente a través de una primera rama de conmutación de corriente en el primer brazo puente, la rama de interrupción de corriente, y una cuarta rama de conmutación de corriente en un segundo brazo puente se define como una primera dirección de la corriente, una dirección en la que una corriente entra desde el punto medio del segundo brazo puente y fluye secuencialmente a través de una tercera rama de conmutación de corriente en el

50 segundo brazo puente, la rama de interrupción de corriente, y una segunda rama de conmutación de corriente en el primer brazo puente se define como una segunda dirección de la corriente, y una dirección de disposición de disyuntor de estado sólido de CC es la misma que la primera y segunda direcciones de la corriente.

55 El interruptor semiconductor de potencia bidireccional está formado por dos dispositivos semiconductores de potencia conectados en paralelo inverso, donde un segundo dispositivo semiconductor de potencia tiene capacidades de activación y desactivación; y un primer dispositivo semiconductor de potencia en la primera rama de conmutación de corriente, el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la segunda rama de conmutación de corriente, el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la tercera rama de conmutación de corriente, y un primer dispositivo semiconductor de potencia en la cuarta rama de conmutación de corriente están en la misma

60 dirección que la primera dirección de la corriente, y el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la primera rama de conmutación de corriente, un primer dispositivo semiconductor de potencia en la segunda rama de conmutación de corriente, un primer dispositivo semiconductor de potencia en la tercera rama de conmutación de corriente, y el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la cuarta rama de conmutación de corriente están en la misma dirección que la segunda dirección de la corriente.

65

Cada rama de conmutación de corriente incluye además al menos un segundo interruptor semiconductor de potencia bidireccional, donde el segundo interruptor semiconductor de potencia bidireccional tiene una misma estructura que la del interruptor semiconductor de potencia bidireccional, y está conectado en paralelo al interruptor semiconductor de potencia bidireccional.

5 El primer dispositivo semiconductor de potencia no tiene capacidades de activación y desactivación.

El disyuntor de estado sólido de CC está formado por al menos un dispositivo semiconductor de potencia conectado en serie.

10 Un método para controlar el aparato anterior para interrumpir una corriente, estando el aparato conectado en serie con un recorrido de la corriente de un circuito, caracterizado por que el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente está cerrado y los interruptores de aislamiento de alta velocidad y los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en las ramas de conmutación de corriente están cerrados, incluyendo el método de control las siguientes etapas:

15 si se recibe una señal de instrucción de desactivación de una corriente del circuito, determinar una dirección de la corriente del circuito; y

20 si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

25 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la segunda y tercera rama de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera rama de conmutación de corriente;

30 entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; y

desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta rama de conmutación de corriente, completando así el proceso entero de interrupción; o

35 si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

40 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la primera y cuarta rama de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

45 entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta rama de conmutación de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; y

50 desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera rama de conmutación de corriente, completando así el proceso entero de interrupción.

Un método para controlar el aparato anterior para limitar una corriente, estando el aparato conectado en serie con un recorrido de la corriente de un circuito, caracterizado por que el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente está cerrado y el interruptor de aislamiento de alta velocidad y el interruptor semiconductor de potencia bidireccional en la rama de conmutación de corriente están cerrados, incluyendo el método las siguientes etapas:

60 si se recibe una señal de instrucción de limitación de una corriente del circuito, determinar una dirección de la corriente del circuito; y

si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

65 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la segunda y tercera rama de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera rama de conmutación de corriente; y

5 entonces, desactivar el al menos un disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la al menos una resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; o

si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

10 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la primera y cuarta rama de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

15 entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta rama de conmutación de corriente; y

entonces, desactivar el al menos un disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la al menos una resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente, limitando así la corriente del circuito.

20 Mediante la solución anterior, la presente invención es ventajosa en los siguientes aspectos:

25 Baja pérdida de conducción: cuando el circuito trabaja normalmente, la rama de conmutación de corriente puede sortear la rama de interrupción de corriente, y la corriente del circuito fluye a través de las ramas de conmutación de corriente formadas por interruptores de aislamiento de alta velocidad con una impedancia de casi cero y un pequeño número de dispositivos semiconductores de potencia con una baja caída de tensión de conducción. Como la rama de interrupción de corriente requiere una caída más alta de tensión de conducción, casi no fluye corriente a través de la rama de interrupción de corriente, y por lo tanto, la pérdida total del aparato es bastante baja.

30 En comparación con el disyuntor convencional de CC de alta tensión, se aumenta la velocidad de interrupción. El dispositivo semiconductor de potencia que se utiliza como una unidad para implementar la interrupción de la corriente tiene una alta velocidad. En general, la velocidad de interrupción del dispositivo semiconductor de potencia es solo de unas pocas decenas de milisegundos y puede ignorarse. El tiempo total de interrupción del aparato se determina principalmente por el tiempo de interrupción del interruptor de aislamiento de alta velocidad. Actualmente, el tiempo de interrupción de la alta velocidad puede alcanzar 1-3 ms. Por lo tanto, puede predecirse que el tiempo total de interrupción del aparato es de aproximadamente 3-5 ms, que es mucho más rápido que la velocidad de interrupción del disyuntor convencional de CC de alta tensión.

40 La interrupción de corrientes en dos direcciones se logra con bajos costes. La rama de interrupción de corriente en la presente invención está formada por dispositivos de interrupción de potencia conectados en serie en una misma dirección que la corriente, y la rama de conmutación de corriente provoca corrientes del circuito que están en dos direcciones para fluir a través de la rama de interrupción de corriente en una misma dirección. Cuando la corriente del circuito está en la primera dirección de la corriente, los dispositivos semiconductores (7) de potencia en las ramas de conmutación (A, D) de corriente están en la misma dirección que la primera dirección de la corriente, se desactivan los dispositivos semiconductores (8) de potencia en las ramas de conmutación (B, C) de corriente, de manera que los dispositivos semiconductores (7) de potencia en las ramas de conmutación de corriente (A, D) están en una dirección inversa a la primera dirección de la corriente, y están en un estado de corte inverso, y la dirección de la corriente que fluye a través de la rama de interrupción de corriente es desde un nodo (1) a un nodo (2). Cuando la corriente del circuito está en la segunda dirección de la corriente, las ramas de conmutación (B, C) de corriente están en la misma dirección que la segunda dirección de la corriente, y los dispositivos semiconductores (8) de potencia en las ramas de conmutación (A, D) de corriente se desactivan, de manera que los dispositivos semiconductores (7) de potencia en las ramas de conmutación (A, D) de corriente están en una dirección inversa a la segunda dirección de la corriente, y están en un estado de corte inverso, y la dirección de la corriente que fluye a través de la rama de interrupción de corriente es desde el nodo (1) al nodo (2). Puede verse que cuando las corrientes del circuito tienen diferentes direcciones, las corrientes fluyen a través de la rama de interrupción de corriente en la misma dirección. La rama de conmutación de corriente incluye un pequeño número de dispositivos semiconductores de potencia y cuatro grupos de interruptores de aislamiento de alta velocidad. Como el número de dispositivos semiconductores de potencia es pequeño, los costes son bajos. Los interruptores de aislamiento de alta velocidad están abiertos cuando no hay corriente, no hay necesidad de extinguir un arco, y solo se proporciona la función de aislar la tensión, de manera que los costes son bajos. Por lo tanto, en comparación con la solicitud de patente china nº CN102687221A, los costes totales se reducen considerablemente, y mejora la eficiencia de utilización de los dispositivos semiconductores de potencia en el aparato; asimismo, se evita el defecto de la solicitud de patente china nº CN102687221A al implementar la función bidireccional.

65 Buena función de aislamiento y mantenimiento: los interruptores de aislamiento de alta velocidad en las ramas de conmutación de corriente en la presente invención se abren después de que la corriente se interrumpa, de manera

que todos los dispositivos semiconductores de potencia en el aparato están completamente aislados, esto es seguro y fiable y facilita la reparación y el mantenimiento, y no es necesario configurar ningún interruptor de cuchilla adicional de aislamiento para el aparato, de manera que se ahorran los costes.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática que ilustra la conexión de un aparato según la presente invención;

10 La Figura 2 ilustra una correspondencia entre la primera dirección de la corriente y la dirección del dispositivo semiconductor de potencia;

La Figura 3 ilustra una correspondencia entre la segunda dirección de la corriente y la dirección del dispositivo semiconductor de potencia; y

15 La Figura 4 ilustra una rama de conmutación de corriente en un modo normal.

Descripción detallada de la invención

20 Tal como se muestra en la Figura 1, un aparato 20 para limitar una corriente de un circuito 44 o para interrumpir una corriente según la presente invención incluye una rama de interrupción de corriente 29 y una rama puente, que se describirán respectivamente a continuación.

25 La rama de interrupción de corriente 29 incluye al menos una unidad de interrupción conectada en serie, y dos extremos de la rama de interrupción de corriente 29 son un nodo 1 y un nodo 2 respectivamente. Cada unidad de interrupción incluye un disyuntor de estado sólido de CC 9 y una resistencia no lineal 13 conectados en paralelo, el disyuntor de estado sólido de CC 9 está formado por al menos un dispositivo semiconductor 5 de potencia conectado en serie, y una dirección de disposición del disyuntor de estado sólido de CC 9 es la misma que una dirección de corriente desde el nodo 1 al nodo 2.

30 La rama puente incluye dos brazos puente formados por cuatro ramas de conmutación de corriente idénticas A, B, C, y D, donde una relación específica de conexión es tal que: las ramas de conmutación de corriente A y B están conectadas en serie para formar un primer brazo puente, estando el punto medio 3 del brazo puente conectado a un extremo del circuito 44; las ramas de conmutación de corriente C y D están conectadas en serie para formar un segundo brazo puente, estando el punto medio del brazo puente 4 conectado al otro extremo del circuito 44; y los dos brazos puente se conectan entonces en paralelo, y ambos brazos puente se conectan en paralelo a la rama de interrupción de corriente 29.

35 Cada rama de conmutación de corriente incluye al menos un interruptor de aislamiento de alta velocidad 6 y al menos un interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10 que están conectados en serie. Los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente A y D incluyen cada uno un dispositivo semiconductor de potencia 7 en una primera dirección de corriente 14 y un dispositivo semiconductor de potencia 8 en una segunda dirección de corriente 15 que están conectados en paralelo, se muestra una correspondencia entre la dirección de corriente y la dirección del dispositivo semiconductor de potencia en la Figura 2, y el dispositivo semiconductor de potencia 8 tiene capacidades de activación y desactivación. Los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente B y C incluye cada uno un dispositivo semiconductor de potencia 7 en la segunda dirección de corriente 15 y un dispositivo semiconductor de potencia 8 en la primera dirección de corriente 14 que están conectados en paralelo, se muestra una correspondencia entre la dirección de corriente y la dirección del dispositivo semiconductor de potencia en la Figura 3, y el dispositivo semiconductor de potencia 8 tiene capacidades de activación y desactivación.

40 En la práctica, las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D pueden incluir cada una además al menos un interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10, esto es conectados en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas anteriores de conmutación de corriente A, B, C, y D. Al establecer tal estructura con múltiples ramas conectadas en paralelo, la capacidad de soportar la corriente del aparato 20 puede aumentarse.

45 Cada rama de conmutación de corriente tiene una resistencia en encendido más pequeña que la de la rama de interrupción de corriente 29. El término "resistencia en encendido" se refiere a una resistencia a una corriente que fluye a través de un dispositivo semiconductor de potencia conducida. En otras palabras, la rama de conmutación de corriente tiene una caída de tensión de conducción menor que la de la rama de interrupción de corriente 29.

50 En el aparato 20, la rama de interrupción de corriente 29 tiene una capacidad más alta para bloquear la tensión que la de la rama de conmutación de corriente, y la rama de interrupción de corriente 29 es capaz de interrumpir una corriente de circuito unidireccional. Como se genera una tensión de interrupción más alta entre los dos extremos de la rama de interrupción de corriente 29, esto es, entre el nodo 1 y el nodo 2 después de que se interrumpe la corriente, por ejemplo, puede generarse una tensión alta de cientos a miles de voltios en un sistema de transmisión

de potencia de CC de alta tensión, la rama de interrupción de corriente 29 incluye varios dispositivos semiconductores 5 de potencia conectados en serie, que trabajan al mismo tiempo para soportar uniformemente la tensión de interrupción. Por lo tanto, la rama de interrupción de corriente 29 tiene una capacidad más alta para bloquear la tensión que la de la rama de conmutación de corriente.

5 En la presente invención, cada una de las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D tiene dos modos operativos, que incluyen un modo normal y un modo de interrupción. En el modo normal, esto es, durante el funcionamiento normal del sistema, una corriente normal del circuito fluye a través del aparato 20; en este caso, los dispositivos semiconductores de potencia 8 de las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D pueden controlarse para entrar en un estado activado, y la corriente normal del circuito fluye a través de las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D. Tal como se muestra en la Figura 4, una corriente normal del circuito fluye a través de las ramas de conmutación de corriente A y C y la rama de conmutación de corriente B y D, y como las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D tiene una caída de tensión de conducción más baja que la de la rama de interrupción de corriente 29, la rama de interrupción de corriente 29 se sortea, casi no fluye corriente a través de la rama de interrupción de corriente 29, las ramas de conmutación de corriente A y C y las ramas de conmutación de corriente B y D soportan uniformemente la corriente del circuito, y pueden fluir ambas corrientes en dos direcciones. Cuando la corriente del circuito está en la primera dirección de corriente 14, parte de la corriente fluye a través del dispositivo semiconductor de potencia 7 de la rama de conmutación de corriente A y el dispositivo semiconductor de potencia 8 de la rama de conmutación de corriente C, y la otra parte de la corriente fluye a través del dispositivo semiconductor de potencia 8 de la rama de conmutación de corriente B y el dispositivo semiconductor de potencia 7 de la rama de conmutación de corriente D; cuando la corriente del circuito está en la segunda dirección de corriente 15, parte de la corriente fluye a través del dispositivo semiconductor de potencia 8 de la rama de conmutación de corriente A y el dispositivo semiconductor de potencia 7 de la rama de conmutación de corriente C, y la otra parte de la corriente fluye a través del dispositivo semiconductor de potencia 7 de la rama de conmutación de corriente B y el dispositivo semiconductor de potencia 8 de la rama de conmutación de corriente D. Como la rama de conmutación de corriente puede implementarse utilizando un pequeño número de dispositivos y tiene una pequeña resistencia en encendido, el aparato 20 conectado al circuito 44 genera una pequeña pérdida adicional.

30 En el modo de interrupción, los dispositivos semiconductores de potencia 8 en las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D pueden desactivarse selectivamente según la dirección de la corriente del circuito 44. Después de que el dispositivo semiconductor de potencia 8 se desactive, el interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10 se vuelve un dispositivo semiconductor de potencia que solo tiene una capacidad de conducción unidireccional. Mediante la propiedad de conducción unidireccional del dispositivo semiconductor de potencia, las corrientes del circuito que tienen dos direcciones fluyen a través de la rama de interrupción de corriente 29 en una misma dirección. De esta manera, los dispositivos semiconductores 5 de potencia en la rama de interrupción de corriente 29 pueden tener solo una dirección de disposición, y el número de dispositivos semiconductores de potencia se reduce a la mitad. La función principal de los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 es aislar la tensión. Se genera una tensión alta de interrupción entre el nodo 1 y el nodo 2 después de que la rama de interrupción de corriente 29 interrumpa la corriente, la tensión se aplica a las ramas de conmutación de corriente, los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 pueden soportar una tensión alta de interrupción, y los dispositivos semiconductores de potencia en las ramas de conmutación de corriente solo necesitan soportar una pequeña tensión de interrupción.

45 Para resumir, durante el funcionamiento normal, las ramas de conmutación de corriente pueden sortear la rama de interrupción de corriente 29, para reducir la pérdida de funcionamiento del aparato 20; cuando la corriente necesita desactivarse, las ramas de conmutación de corriente proporcionan una función de conmutación de corriente para transferir una corriente que es en una dirección a la rama de interrupción de corriente 29; la interrupción puede implementarse simplemente controlando el apagado y encendido de los dispositivos semiconductores de potencia 8, y no requiere costes adicionales de material.

La presente invención proporciona además un método para controlar el aparato 20 para interrumpir una corriente, estando el aparato 20 conectado en serie con un recorrido de la corriente de un circuito 44, donde el disyuntor de estado sólido de CC 9 en la rama de interrupción de corriente 29 está cerrado y los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 y los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D están cerrados, incluyendo el método de control las siguientes etapas:

si se recibe una señal de instrucción de desactivación de una corriente del circuito 44, determinar una dirección de la corriente del circuito 44; y

si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de corriente 14, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia 8 de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente B y C, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente 29;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente B y C, donde y cuando la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de corriente 14, tal como se muestra en la Figura 2, las ramas de conmutación de corriente B y C soportan una tensión alta de interrupción generada cuando la rama de interrupción de corriente 29 interrumpe la corriente, y por lo tanto, antes de que la rama de interrupción de corriente 29 interrumpa la corriente, los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 de las ramas de conmutación de corriente B y C deben estar separados para evitar que los dispositivos semiconductores de potencia de las ramas se dañen debido a la alta tensión de interrupción; y las ramas de conmutación de corriente A y D están conectadas en serie con la rama de interrupción de corriente 29, tiene una corriente de interrupción que fluye a su través pero no soporta la alta tensión de interrupción, y debe mantenerse en un estado cerrado;

entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC 9 en la rama de interrupción de corriente 29, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal 13 en la rama de interrupción de corriente 29; y

desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente A y D, completando así el proceso entero de interrupción; o

si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de corriente 15, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia 8 de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente A y D, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente 29;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente A y D, donde y cuando la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de corriente 15, tal como se muestra en la Figura 3, las ramas de conmutación de corriente A y D soportan una tensión alta de interrupción generada cuando la rama de interrupción de corriente 29 interrumpe la corriente, y por lo tanto, antes de que la rama de interrupción de corriente 29 interrumpa la corriente, los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 de las ramas de conmutación de corriente A y D deben separarse para evitar que los dispositivos semiconductores de potencia de las ramas se dañen debido a la alta tensión de interrupción; y las ramas de conmutación de corriente B y C están conectadas en serie con la rama de interrupción de corriente 29, tiene una corriente de interrupción que fluye a su través pero no soporta la alta tensión de interrupción, y debe mantenerse en un estado cerrado;

entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC 9 en la rama de interrupción de corriente 29, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal 13 en la rama de interrupción de corriente 29; y

desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente B y C, completando así el proceso entero de interrupción.

La presente invención además proporciona un método para controlar el aparato 20 para limitar una corriente en un circuito 44, estando el aparato 20 conectado en serie con un recorrido de la corriente del circuito 44, donde el disyuntor de estado sólido de CC 9 en la rama de interrupción de corriente 29 está cerrado y los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 y los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D están cerrados, incluyendo el método de control las siguientes etapas:

si se recibe una señal de instrucción de limitación de una corriente del circuito 44, determinar una dirección de la corriente del circuito 44; y

si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de corriente 14, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia 8 de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente B y C, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente 29;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente B y C; y

entonces, desactivar un número particular de disyuntores de estado sólido de CC 9 (al menos un disyuntor de estado sólido de CC 9) en la rama de interrupción de corriente 29, para conmutar la corriente a un número particular de resistencias no lineales 13 (al menos una resistencia no lineal 13) en la rama de interrupción de

corriente 29; o

si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de corriente 15, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

5 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia 8 de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10 en las ramas de conmutación de corriente A y D, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente 29;

10 entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad 6 en las ramas de conmutación de corriente A y D; y

15 entonces, desactivar un número particular de disyuntores de estado sólido de CC 9 (al menos un disyuntor de estado sólido de CC 9) en la rama de interrupción de corriente 29, para conmutar la corriente a un número particular de resistencias no lineales 13 (al menos una resistencia no lineal 13) en la rama de interrupción de corriente 29, limitando así la corriente del circuito 44.

El número particular se determina por un valor de corriente inicial y un valor límite objetivo.

20 Se describe una implementación específica del aparato de la presente invención a través de una realización:

El aparato 20 está diseñado para ser capaz de limitar o para interrumpir corrientes en dos direcciones de un circuito de transmisión de potencia de CC 44 de alta tensión de 6200 kV, con una capacidad de interrupción de corriente de 2 kA, y que tiene una capacidad de limitación de corriente.

25 Tal como se muestra en la Figura 1, el aparato 20 incluye una rama de interrupción de corriente 29 y ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D. La rama de interrupción de corriente 29 incluye dos estructuras formadas cada una por un disyuntor de estado sólido de CC 9 y una resistencia no lineal 13 que están conectados en paralelo, donde el disyuntor de estado sólido de CC 9 incluye al menos un dispositivo semiconductor 5 de potencia en una
30 dirección. En esta realización, la rama de interrupción de corriente 29 debería ser capaz de soportar una tensión de interrupción de al menos 400 kV, y considerando un cierto margen, está diseñado para interrumpir 600 kV; dos IGBT de 4,5 kV/1,6 kA están conectados en paralelo para servir como un dispositivo unitario, y considerando tensiones no uniformes que pueden ocurrir en el momento de la desactivación, se necesitan establecer algunos márgenes para el diseño de la resistencia a la tensión de los dispositivos; un total de 200 dispositivos unitarios necesitan estar
35 conectados en serie, estando divididos en dos grupos, cada disyuntor de estado sólido de CC 9 incluye 100 dispositivos unitarios conectados en serie, y todos los IGBT tienen la misma dirección de disposición.

40 El aparato 20 incluye además ramas de conmutación de corriente A, B, C, y D, donde las ramas de conmutación de corriente A y B forman un primer brazo puente cuyo punto medio 3 está conectado a un extremo del circuito 44, y las ramas de conmutación de corriente C y D forman un segundo brazo puente cuyo punto medio 4 está conectado al otro extremo del circuito 44, y ambos brazos puente están conectados en paralelo a la rama de interrupción de corriente 29.

45 El aparato 20 requiere un total de cuatro ramas de conmutación de corriente, teniendo cada rama los mismos dispositivos. Cada rama incluye al menos un interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10 y al menos un interruptor de aislamiento de alta velocidad 6, y se requiere el interruptor de aislamiento de alta velocidad 6 para ser capaz de soportar una tensión de interrupción de 600 kV y proporcionar una acción rápida.

50 El interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10 está formado por una unidad IGBT con un diodo antiparalelo. El interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10 solamente necesita soportar una tensión de interrupción muy pequeña. Una unidad IGBT de 4,5 kV/1,6 kA con un diodo antiparalelo puede utilizarse para formar un interruptor semiconductor de potencia bidireccional 10, y se requieren un total de tres interruptores semiconductores de potencia bidireccional 10, y las direcciones de disposición del dispositivos se muestran en la
55 Figura 2 y la Figura 3.

60 Las realizaciones anteriores se utilizan para describir las soluciones técnicas únicamente de la presente invención, y no están destinadas a limitar la presente invención. Después de la lectura de esta solicitud, los expertos en la técnica pueden hacer varias variaciones o modificaciones a la presente invención basadas en las realizaciones anteriores, pero todas dichas variaciones o modificaciones caen dentro del alcance de la protección de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (20) para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente, que comprende: una rama de interrupción de corriente (29), comprendiendo la rama de interrupción de corriente una unidad de interrupción o al menos dos unidades de interrupción que están conectadas en serie, comprendiendo cada unidad de interrupción un disyuntor de estado sólido de corriente continua (CC) (9) y una resistencia no lineal (13) conectadas en paralelo, que comprende además una rama puente, comprendiendo la rama puente dos brazos puente formados por cuatro ramas de conmutación de corriente (A, B, C, D) idénticas, en donde cada dos de las cuatro ramas de conmutación de corriente están conectadas en serie, los dos brazos puente formados se conectan entonces en paralelo, los dos brazos puente están conectados en paralelo a la rama de interrupción de corriente, y los puntos medios (3, 4) de los dos brazos puente están conectados por separado a dos extremos de un circuito (44), **caracterizado por que** cada rama de conmutación de corriente comprende al menos un interruptor de aislamiento de alta velocidad (6) y al menos un interruptor semiconductor de potencia bidireccional (10) que están conectados en serie; y una dirección en la que una corriente entra desde el punto medio de un primer brazo puente y fluye secuencialmente a través de una primera rama de conmutación de corriente en el primer brazo puente, la rama de interrupción de corriente, y una cuarta rama de conmutación de corriente en un segundo brazo puente se define como una primera dirección de corriente (14), una dirección en la que una corriente entra desde el punto medio del segundo brazo puente y fluye secuencialmente a través de una tercera rama de conmutación de corriente en el segundo brazo puente, la rama de interrupción de corriente, y una segunda rama de conmutación de corriente en el primer brazo puente se define como una segunda dirección de corriente (15), y una dirección de disposición del disyuntor de estado sólido de CC es el mismo que la primera y segunda direcciones de la corriente.
2. El aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente según la reivindicación 1, **caracterizado por que:** el interruptor semiconductor de potencia bidireccional (10) está formado por dos dispositivos semiconductores de potencia (7, 8) conectados en paralelo inverso, en donde un segundo dispositivo semiconductor de potencia tiene capacidades de activación y desactivación; y un primer dispositivo semiconductor de potencia en la primera rama de conmutación de corriente, el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la segunda rama de conmutación de corriente y un primer dispositivo semiconductor de potencia en la cuarta rama de conmutación de corriente están en la misma dirección que la primera dirección de la corriente, y el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la primera rama de conmutación de corriente, un primer dispositivo semiconductor de potencia en la segunda rama de conmutación de corriente, un primer dispositivo semiconductor de potencia en la tercera rama de conmutación de corriente y el segundo dispositivo semiconductor de potencia en la cuarta rama de conmutación de corriente están en la misma dirección que la segunda dirección de la corriente.
3. El aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente según la reivindicación 2, **caracterizado por que** cada rama de conmutación de corriente comprende además al menos un segundo interruptor semiconductor de potencia bidireccional, en donde el segundo interruptor semiconductor de potencia bidireccional tiene una misma estructura que la del interruptor semiconductor de potencia bidireccional y está conectado en paralelo al interruptor semiconductor de potencia bidireccional.
4. El aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el primer dispositivo semiconductor de potencia no tiene capacidades de activación y desactivación.
5. El aparato para limitar una corriente de un circuito o para interrumpir una corriente según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el disyuntor de estado sólido de CC está formado por al menos un dispositivo semiconductor de potencia conectado en serie.
6. Un método para controlar el aparato según la reivindicación 2 para interrumpir una corriente, estando el aparato conectado en serie con un recorrido de la corriente de un circuito, **caracterizado por que** el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente está cerrado y el interruptor de aislamiento de alta velocidad y el interruptor semiconductor de potencia bidireccional en la rama de conmutación de corriente están cerrados, comprendiendo el método de control las siguientes etapas:
- si se recibe una señal de instrucción de desactivación de una corriente del circuito, determinar una dirección de la corriente del circuito; y
 - si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:
 - desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la segunda y tercera ramas de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;
 - entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera ramas de conmutación de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; y desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta ramas de conmutación de corriente, completando así el proceso entero de interrupción; o

5 si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

10 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la primera y cuarta ramas de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta ramas de conmutación de corriente;

15 entonces, desactivar al mismo tiempo el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; y

desactivar los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera ramas de conmutación de corriente, completando así el proceso entero de interrupción.

20 7. Un método para controlar el aparato según la reivindicación 2 para limitar una corriente, estando el aparato conectado en serie a un recorrido de la corriente de un circuito, **caracterizado por que** el disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente está cerrado y los interruptores de aislamiento de alta velocidad y los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en las ramas de conmutación de corriente están cerrados, comprendiendo el método las siguientes etapas:

25 si se recibe una señal de instrucción de limitación de una corriente del circuito, determinar una dirección de la corriente del circuito; y

si la dirección de la corriente del circuito es la primera dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

30 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la segunda y tercera ramas de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la segunda y tercera ramas de conmutación de corriente; y

35 entonces, desactivar el al menos un disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la al menos una resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente; o

si la dirección de la corriente del circuito es la segunda dirección de la corriente, llevar a cabo las siguientes operaciones en secuencia:

40 desactivar al mismo tiempo los segundos dispositivos semiconductores de potencia de los interruptores semiconductores de potencia bidireccional en la primera y cuarta ramas de conmutación de corriente, para conmutar la corriente a la rama de interrupción de corriente;

entonces, desactivar al mismo tiempo los interruptores de aislamiento de alta velocidad en la primera y cuarta ramas de conmutación de corriente; y

45 entonces, desactivar el al menos un disyuntor de estado sólido de CC en la rama de interrupción de corriente, para conmutar la corriente a la al menos una resistencia no lineal en la rama de interrupción de corriente, limitando así la corriente del circuito.

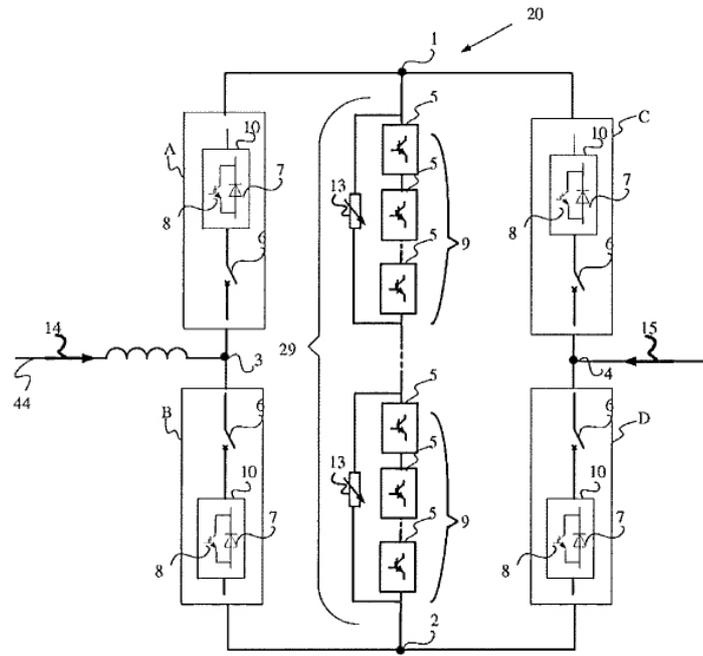


Figura 1

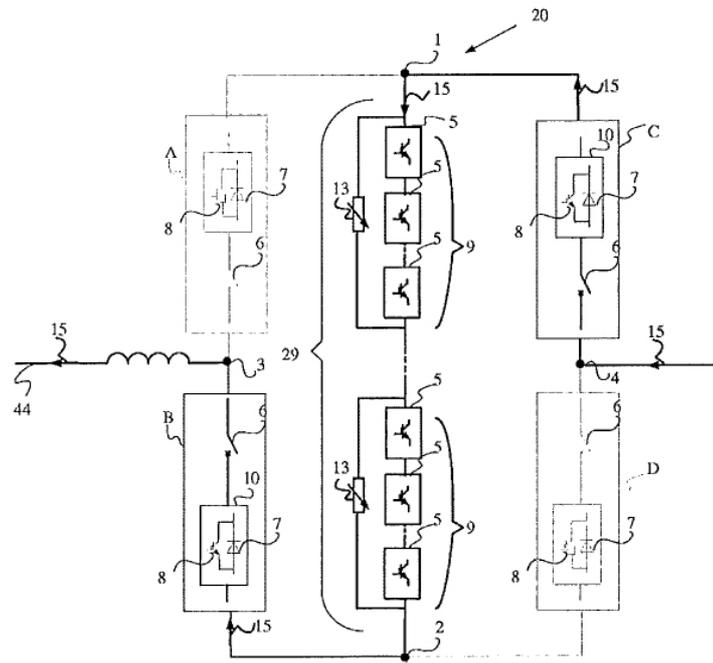


Figura 3

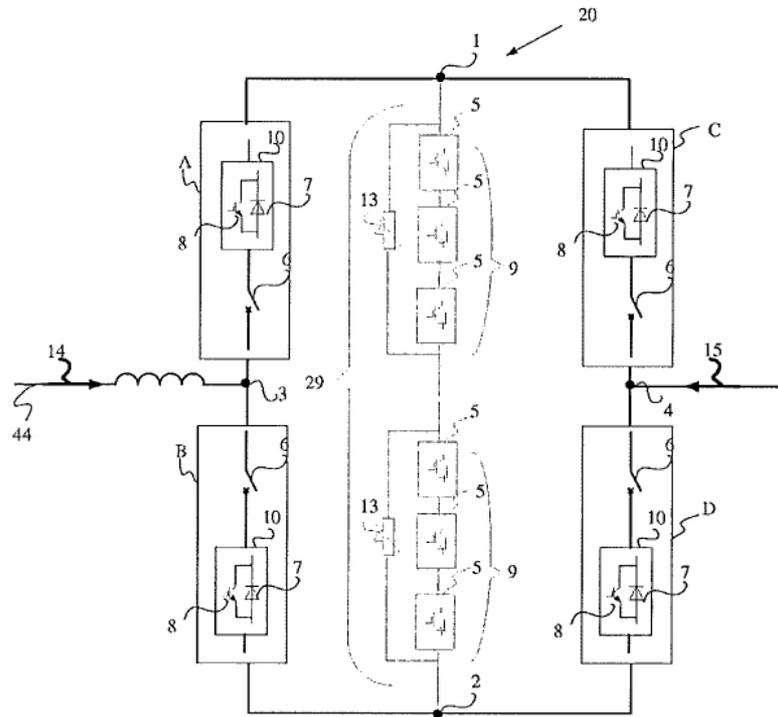


Figura 4