

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 477 196**

51 Int. Cl.:

H03K 17/0814 (2006.01)

H03K 17/10 (2006.01)

H03K 17/78 (2006.01)

H03K 17/689 (2006.01)

H03K 17/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2010 E 10703833 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2532081**

54 Título: **Módulo de conmutación para uso en un dispositivo para limitar y/o cortar la corriente de una línea de transmisión o distribución de potencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2014

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**HÄFNER, JÜRGEN;
LUNDBERG, PETER;
SILJESTRÖM, ROLAND;
SCHLAPBACH, ULRICH y
BILJENGA, BO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 477 196 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

Módulo de conmutación para uso en un dispositivo para limitar y/o cortar la corriente de una línea de transmisión o distribución de potencia

5 La invención está relacionada con un módulo de conmutación que está dispuesto para ser usado en un dispositivo para limitar y/o cortar una corriente eléctrica que fluye a través de una línea de transmisión o distribución de potencia, donde el módulo de conmutación comprende al menos un elemento de conmutación por semiconductores de potencia, una unidad de puerta dispuesta para conectar y desconectar el al menos un conmutador de semiconductores de potencia, respectivamente, de acuerdo con una señal de control de conmutación, y un condensador de almacenamiento de energía, dispuesto para proporcionar potencia a una entrada de alimentación de potencia a la unidad de puerta.

10 La invención surge originalmente a partir del campo de los disyuntores de corriente continua de alta tensión (HVDC) y de los limitadores de corriente, es decir, dispositivos de conmutación que son capaces de limitar y/o cortar una corriente continua que fluye a través de una línea de transmisión de potencia, donde la línea está a un nivel de tensión por encima de 50 kV. Sin embargo, la invención es aplicable también a disyuntores para la distribución de potencia de CC de media tensión, es decir, una gama de tensiones de CC entre alrededor de 1 kV y 50 kV, y los modos de realización bidireccionales de la invención son aplicables incluso a disyuntores para la transmisión y distribución de potencia de CA a cualquier nivel de tensión.

15 En el documento EP 0867998 B1, se describe un disyuntor para CC de estado sólido, que comprende una conexión paralela de al menos un conmutador principal de semiconductores de potencia de una resistencia no lineal que trabaja como un elemento de detención de sobretensión. Cuando se acciona el disyuntor de CC para interrumpir una corriente de CC en una línea de transmisión o distribución de CC, el al menos un conmutador principal de semiconductores de potencia conmuta la corriente de CC en la resistencia no lineal, la cual reduce entonces la corriente de CC disipando la energía almacenada en la línea de CC. En el documento PCT/EP2009/065233, se presenta otro disyuntor para CC de estado sólido que contiene, en paralelo con la conexión paralela del conmutador principal por semiconductores de potencia y del elemento de detención de sobretensión, una conexión en serie de un conmutador mecánico de alta velocidad y al menos un conmutador auxiliar de semiconductores de potencia.

20 En la práctica, tales disyuntores de CC, con el fin de ser aplicables al nivel de tensión de los sistemas de transmisión y distribución de potencia de CC, necesitan contener un considerable número de conmutadores principales de semiconductores de potencia conectados en serie, ya que un solo conmutador de semiconductores de potencia tiene una especificación de tensión comparativamente bajo. El número de conmutadores principales de semiconductores de potencia conectados en serie puede alcanzar fácilmente varios cientos en el caso del nivel de tensión HVDC de varios cientos de kV.

25 Con respecto a la presente invención, tanto los conmutadores principales de semiconductores de potencia, así como posiblemente los conmutadores actuales de semiconductores de potencia auxiliares de un disyuntores de CC o limitadores de corriente de CC, representan cada uno de ellos un módulo de conmutación, es decir, comprenden, además de uno o varios elementos de conmutación de semiconductores de potencia, una unidad de puerta y un condensador de almacenamiento de energía. Tales módulos de conmutación están descritos en detalle por ejemplo en el documento EP 0 868 014 B1, donde el condensador de almacenamiento de energía está conectado a través de un convertidor de CC/CC, a la entrada de la fuente de alimentación de la unidad de puerta. La energía almacenada en el condensador es transformada a través del convertidor de CC/CC en la tensión de alimentación de CC requerida por la unidad de puerta para su funcionamiento normal de conexión y desconexión el al menos un elemento conmutador de semiconductores de potencia. El propio condensador de almacenamiento de energía está conectado al denominado circuito primario de alta tensión, es decir, está conectado al mismo circuito y por ello al mismo nivel de alta tensión que el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia de ese módulo de conmutación particular. Siempre que el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia esté en el estado de conmutación de bloqueo, es decir, no-conductor, se cargará el condensador de almacenamiento de energía.

30 Con respecto a los disyuntores de CC y a los limitadores de corriente de CC que contienen conmutadores principales de semiconductores de potencia, esta manera conocida de alimentar las unidades de puerta de los elementos de conmutación, se muestra problemática, ya que en condiciones de funcionamiento normal del disyuntor de CC o el limitador de corriente de CC se supone que son conductores durante un periodo de tiempo largo, preferiblemente un año o incluso más, sin ninguna necesidad de una operación de conmutación. Consecuentemente, al menos una parte de sus elementos de conmutación de semiconductores de potencia es permanentemente conductora, no ofreciendo con ello un estado de bloqueo que podría permitir la carga requerida o la recarga de los correspondientes condensadores de almacenamiento de energía. Esto hace difícil asegurar que se pueda suministrar suficiente energía a la unidad de puerta en el caso de que haya que accionar los elementos de conmutación de semiconductores de potencia. Además, al poner un disyuntor de CC en funcionamiento, significa normalmente que se desconecta después la correspondiente línea de transmisión o distribución de potencia de la

- 5 red de CC, dejando con ello al circuito primario con tensión cero. Consecuentemente, la carga o recarga de los condensadores de almacenamiento de energía de los módulos de conmutación de un disyuntor de CC, solamente es posible durante los raros y cortos periodos de tiempo en que el disyuntor está abierto. Si no se puede asegurar una carga repetitiva y regular de los condensadores de almacenamiento de energía, la fiabilidad del correspondiente disyuntor de CC o limitador de corriente de CC se reduce considerablemente.
- 10 Se conoce una solución diferente para proporcionar alimentación a las unidades de puerta de los conmutadores de semiconductores de potencia para aplicaciones de convertidores de media tensión, donde se utiliza una fuente de alimentación a través de transformadores de impulsos, es decir, la fuente de alimentación funciona independientemente del circuito primario. Sin embargo, esta solución no es aplicable a niveles de alta tensión, debido a razones de diseño y coste, ya que el aislamiento de cada transformador de impulsos necesita soportar al menos la tensión nominal de CC, lo cual significa para aplicaciones de alta tensión varios cientos de kV. En el caso de los disyuntores de CC de alta tensión, la fatiga de sobretensión durante la acción de apertura requiere incluso un nivel casi el doble de la tensión de CC.
- 15 Es un objeto de la presente invención presentar una solución para un módulo de conmutación para uso en un disyuntor de CC o un limitador de corriente de CC, en particular para aplicaciones HVDC, con el cual se aumenta la fiabilidad del módulo de conmutación y con ello del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC.
- 20 El objeto se consigue por medio de un módulo de conmutación que comprende además medios de transformación de potencia, dispuestos para recibir la potencia a través de una señal de potencia óptica, para transformar la señal de potencia óptica en una señal de potencia eléctrica y para proporcionar la señal de potencia eléctrica al condensador de almacenamiento de energía.
- 25 De acuerdo con la invención, la fuente de alimentación de la unidad de puerta se hace independiente de las condiciones de tensión en el circuito primario, proporcionando una fuente de potencia óptica al condensador de almacenamiento de energía. Por ello, la carga y recarga del condensador de almacenamiento de energía puede tener lugar regularmente a intervalos de tiempo predeterminados, de manera que siempre se puede asegurar que hay disponible suficiente potencia para que la unidad de puerta haga funcionar el correspondiente elemento o elementos de conmutación por semiconductores de potencia, siempre que se requiera. La operatividad y fiabilidad del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC que contienen tal módulo de conmutación se aumentan considerablemente. Como se usa una señal de potencia óptica, por ejemplo la luz, preferiblemente la luz de un láser, transmitida a través de un cable de fibra óptica, en lugar de una señal de potencia eléctrica, se supera el problema de aislamiento de la solución del transformador de impulsos antes descrita.
- 30 En un modo de realización preferido de la invención, la señal de potencia óptica es una señal de baja potencia de menos de 1 vatio. Como los equipos de baja potencia presentan normalmente una mayor fiabilidad en comparación con los equipos de niveles de potencia más altos, el uso de una fuente de alimentación de potencia óptica de baja potencia ayuda a aumentar la fiabilidad del módulo de conmutación más aún.
- 35 Si se utiliza una fuente de alimentación de potencia óptica, necesitan tomarse ciertas medidas para mantener la demanda de potencia interna de la unidad de puerta a un nivel bajo. Una forma preferida de conseguir esto es reducir el número de funciones realizadas por la unidad de puerta a un nivel mínimo.
- 40 Como se ha mencionado en la introducción, los disyuntores de CC de hoy día o los limitadores de corriente de CC que con aplicables a niveles de tensión media o alta de los sistemas de distribución y transmisión de potencia de CC, necesitan contener un considerable número de módulos de conmutación conectados en serie. En las conexiones en serie, la cuestión de una distribución igual de tensión durante los procesos dinámicos y transitorios es importante con el fin de evitar la fatiga por tensión no deseada en algunos de los módulos de conmutación, debida a las diferentes características de conmutación de los elementos de conmutación de los semiconductores de potencia de diferentes módulos de conmutación.
- 45 Una de las funciones que realizan las unidades de puerta conocidas en las válvulas convertidoras de alta tensión, en las que hay conectadas en serie varios módulos de conmutación de potencia y cada conmutador de semiconductores de potencia está equipado con su propia unidad de puerta, es asegurar una distribución igual de tensión entre los conmutadores conectados en serie durante los procesos dinámicos y transitorios.
- 50 La función no se realiza, de acuerdo con un modo de realización preferido de la invención, por la unidad de puerta, sino en lugar de eso por un circuito amortiguador RCD, que está combinado en el módulo de conmutación y está conectado en paralelo con al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia. El circuito amortiguador RCD comprende al menos una resistencia, al menos un condensador y al menos un diodo. Los amortiguadores RCD son conocidos en la técnica y están divulgados por ejemplo en el documento WO 96/27230. El amortiguador RCD puede estar dispuesto para ambos módulos de conmutación, unidireccional y bidireccional
- 55 (véase más adelante), donde el amortiguador RCD unidireccional comprende una conexión en serie de un diodo y un condensador para una dirección de corriente, con una resistencia en paralelo con el diodo, y el amortiguador RCD bidireccional comprende además una conexión en serie de un diodo y un condensador para la otra dirección de

la corriente, teniendo de nuevo una resistencia en paralelo con el diodo.

5 Durante la desconexión del elemento de conmutación de semiconductores de potencia, la corriente a través del elemento de conmutación se conmuta a través de uno de los diodos del amortiguador, que se corresponde con la dirección de la corriente, en al menos un condensador del amortiguador. Como se ha descrito en la introducción anterior, un disyuntor de CC contiene típicamente un grupo de varios módulos de conmutación conectados en serie, que están conectados conjuntamente en paralelo con una resistencia no lineal que trabaja como un elemento de detención de sobretensión. Un limitador de corriente de CC contiene varios de esos grupos. Cuando se acciona un disyuntor de CC o un limitador de corriente de CC, los módulos de conmutación de estos grupos se desconectan simultáneamente. Consecuentemente, tiene lugar la misma conmutación de corriente en el circuito amortiguador para todos los módulos de conmutación conectados en serie por cada grupo. Como resultado, los condensadores del amortiguador de cada grupo se cargan hasta que la suma de las tensiones de los condensadores del amortiguador por cada grupo sea suficientemente alta para que el elemento de detención de cada grupo predomine sobre la corriente. Cuando los grupos de módulos de conmutación se conmutan de nuevo, los condensadores del amortiguador se descargan a través de las correspondientes resistencias del amortiguador. Esto conduce a ciertas pérdidas que, sin embargo, no tienen relevancia en aplicaciones del disyuntor de CC y del limitador de corriente de CC, debido a la rara ocasión de una actuación operativa.

10 Aparte de la distribución dinámica por igual de las tensiones, el amortiguador RCD tiene algunas ventajas adicionales. Debido a la presencia de al menos un condensador en el amortiguador RCD, se limita la tasa de aumento de la tensión a través del correspondiente al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia. Como resultado, dejan de ser un problema las características individuales de conmutación, como por ejemplo los retardos individuales de desconexión de los elemento de conmutación de semiconductores de potencia, que puede diferir entre módulos de conmutación conectados en serie.

20 Además, la tasa limitada de aumento de la tensión presenta su ventaja en relación con la conexión paralela descrita a continuación de los módulos IGBT o BIGT, ya que nuevamente los diferentes retardos de conmutación ya no son un problema principal, eliminando con ello el riesgo de las perjudiciales oscilaciones de alta frecuencia entre los módulos. En general, puede afirmarse que, debido al amortiguador RCD, se hace posible conectar los módulos IGBT o BIGT en serie y/o en paralelo entre sí, sin que al mismo tiempo se necesite proporcionar una unidad de puerta compleja y que demande potencia, para procurar una distribución uniforme de tensión y de posibles oscilaciones de alta frecuencia.

25 Una ventaja adicional del amortiguador RCD es que, cuando el elemento de semiconductores de potencia se desconecta, el condensador del amortiguador hace que la tensión comience en cero, es decir, se realiza la conmutación a tensión cero. Como resultado, se generan menores pérdidas instantáneas durante la desconexión y, por tanto, durante el funcionamiento del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC. Las pérdidas reducidas permiten corrientes de desconexión más altas y/o un mayor número de eventos repetitivos de conmutación, antes de que se alcance un límite térmico del elemento de conmutación de semiconductores de potencia.

30 En un modo de realización adicional, de la invención, la unidad de puerta está conectada a la puerta del elemento de conmutación de semiconductores de potencia a través de un puente en H que produce y entrega como salida la tensión bipolar de CC requerida para activar la puerta del al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, donde el puente en H es alimentado por una tensión unipolar de CC y entrega como salida una tensión bipolar simétrica de CC, por ejemplo, $\pm 15V$. De acuerdo con este modo de realización, la unidad de puerta puede funcionar internamente con una tensión unipolar de CC, opuesta a la unidad de puerta conocida por el documento EP 0 868 014 B1, que funciona internamente con tensiones bipolares de CC y por ello con dos fuentes de alimentación internas. Utilizando la tensión operativa unipolar de CC, se reduce la demanda interna de potencia de la puerta aún más, y hace más adecuada la utilización con un nivel de potencia de alimentación baja. Cuando se utilizan dos fuentes de alimentación internas en lugar de un puente en H, se pueden producir tensiones asimétricas de CC por la unidad de puerta, por ejemplo + 18V y - 5V.

35 En otro modo de realización de la invención, el módulo de conmutación comprende además un detector de señales de control que está dispuesto para separar una señal eléctrica de control a partir de una señal de potencia eléctrica recibida y para proporcionar la señal eléctrica de control a la unidad de puerta. En otras palabras, se incorpora una señal de control que comprende en particular la señal de control de la conmutación para iniciar la unidad de puerta para que conecte o desconecte el al menos uno de los elementos de conmutación de semiconductores de potencia, en la misma señal óptica que contiene también la señal de potencia y sigue contenida en la señal eléctrica de potencia, después de la transformación de la señal por los medios de transformación de potencia. De esta manera, se elimina la necesidad de un cable adicional de fibra óptica.

50 De acuerdo con un modo de realización adicional de la invención, la unidad de puerta del módulo de conmutación está dispuesta para generar información de estado sobre la funcionalidad del al menos uno de los elementos del módulo de conmutación, y el módulo de conmutación comprende medios adicionales de transformación de señales, dispuestos para transformar la información de estado en una señal de información óptica y enviar la señal de

información óptica a una unidad de control central. Que se envíe la información de estado ópticamente es debido al hecho de que los módulos de conmutación están en una aplicación de un disyuntor de CC o de un limitador de corriente de CC, dispuestos en un nivel de alta tensión de hasta varios cientos de kV. Al utilizar la comunicación óptica, se simplifica el diseño y se aumenta la fiabilidad del sistema de comunicaciones.

5 Al proporcionar información de estado a la unidad central de control, se hace posible que la unidad central de control se ocupe de cada módulo de conmutación conectado individualmente, por ejemplo devolviendo una señal de control para iniciar una rutina de prueba específica en el caso de que se informe sobre un estado sospechoso que requiera investigación adicional. La unidad central de control puede generar al mismo tiempo la señal de control antes mencionada, que inicia la conexión y desconexión del al menos un dispositivo de conmutación de semiconductores de potencia. En las aplicaciones del disyuntor de CC y de limitador del corriente de CC, la conmutación de los
10 módulos de conmutación puede ser retardada hasta decenas de microsegundos, hasta que haya listo un número suficiente de módulos de conmutación para la conmutación, ya que la operación real del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC necesita ocurrir menos instantáneamente que lo que se requiere por ejemplo en una aplicación de un convertidor. Como resultado, se puede asegurar que los módulos de conmutación se conectan o
15 desconectan lo más simultáneamente posible. En otras palabras, al intercambiar información de estado con la unidad central de control, se hace posible implementar un protocolo de saludo entre la unidad central de control y todos los módulos de conmutación del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC, donde el protocolo de saludo arma y sincroniza las unidades de puerta y envía la señal real de control de conexión o desconexión solamente cuando todos, o en caso de redundancia, suficientes módulos de conmutación están listos.

20 El al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia del módulo de conmutación puede ser de tipo y diseño diferente, dependiendo de los requisitos operativos y de coste del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC donde se haya de utilizar el módulo de conmutación. En lo que sigue, se describen brevemente algunos tipos preferidos, que son adecuados para ser utilizados en un disyuntor de CC o limitador del corriente de CC ya sean unidireccionales o bidireccionales. Con el fin de ser aplicables a un disyuntor de CC o a un limitador del corriente de CC bidireccionales, necesitan duplicarse los elementos de conmutación unidireccionales de semiconductores de potencia, y este duplicado necesita quedar dispuesto en la dirección opuesta a la corriente, es decir, en dirección anti-paralelo o anti-serie con respecto al elemento de conmutación de semiconductores de potencia original.

En un tipo unidireccional del al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, el elemento de conmutación comprende un primer módulo que contiene un primer IGBT o una primera conexión paralela de varios IGBT, así como un primer diodo o una primera conexión paralela de varios diodos, donde el diodo o diodos están conectados en anti-paralelo con el IGBT o en conexión paralela de IGBT. Si se utiliza uno de los diversos IGBT y diodos conectados en paralelo, dependerá del nivel de corriente que ha de conseguirse con el elemento de conmutación de semiconductores de potencia, es decir, cuanto mayor es el número de IGBT y diodos conectados en
30 paralelo, mayor es la especificación de corriente, donde todos los IGBT conectados en paralelo son controlados a través de la misma unidad de puerta.

Se puede conseguir un elemento de conmutación de semiconductores de potencia bidireccional conectando un número adecuado de los módulos anteriores en una conexión anti-paralela o anti-serie, donde es posible una conexión anti-paralela en el caso en que el IGBT tenga capacidad de bloqueo inverso. En otras palabras, el módulo de conmutación comprende entonces además al menos un segundo módulo conectado en anti-paralelo o anti-serie con el primer módulo, donde el segundo módulo contiene un segundo IGBT o una segunda conexión paralela de varios IGBT y un segundo diodo o segunda conexión paralela de varios diodos, donde el diodo o diodos están nuevamente conectados en anti-paralelo con el IGBT o en conexión paralela de IGBT.

El primer y segundo módulos pueden estar basados en la práctica en diferentes conceptos físicos de empaquetamiento de los chips del IGBT y de los diodos. Cada módulo se corresponde con un solo paquete que contiene una integración de IGBT y los correspondientes diodos en anti-paralelo, o bien todos los IGBT conectados en paralelo de la misma dirección de corriente están integrados en un paquete y todos los diodos conectados en paralelo de la misma dirección de corriente están integrados en otro paquete. Este último diseño superaría un problema que puede ocurrir con respecto al primer diseño. En el primer diseño, los diodos de diferentes paquetes pueden salir de diferentes ciclos de producción y por tanto pueden diferir ligeramente en sus características, tales como la caída de tensión directa. Como los diodos tienen un coeficiente de temperatura negativo, las caídas de tensión directa diferentes pueden conducir a un flujo de corriente no deseado entre los diodos, lo cual daría como resultado el denominado deriva térmica de los chips de diodos, es decir, un aumento de temperatura debido al flujo de corriente que aumenta el flujo de corriente aún más. Cuando todos los diodos en paralelo con la misma dirección de la corriente del elemento de conmutación de semiconductores de potencia están integrados en el mismo paquete, como se propone en el segundo diseño, se asegura que sus características coinciden lo más estrechamente posible entre sí, minimizando con ello el riesgo de la deriva térmica.

En un modo de realización especial del tipo antes descrito del elemento de conmutación de semiconductores de potencia, los diodos son diodos conmutados en línea. Normalmente, los denominados diodos de rápida recuperación

se utilizan como diodos anti-paralelo para IGBT, ya que son especialmente adecuados para aplicaciones de conmutación rápida a la que están normalmente destinados los IGBT. Sin embargo, en el caso de los disyuntores de CC y de los limitadores del corriente de CC, no se requieren actuaciones de conmutación rápida, de manera que pueden utilizarse en su lugar los diodos conmutados en línea, tales como los conocidos para las aplicaciones estándar del rectificador de 50 Hz. Como los diodos conmutados en línea tienen una caída de tensión baja en comparación con los diodos de rápida recuperación, pueden reducirse las pérdidas de los primero y segundo módulos descritos anteriormente. Además, los diodos conmutados en línea son menos costosos.

En un tipo unidireccional alternativo del elemento de conmutación de semiconductores de potencia, el elemento de conmutación comprende un primer módulo que contiene un primer IGBT de conducción inversa, de una primera conexión en paralelo de varios IGBT de conducción inversa. En un IGBT de conducción inversa, el IGBT y la función de diodos en anti-paralelo están directamente integrados en un chip común. Los IGBT de conducción inversa están descritos por ejemplo en la solicitud de patente europea 09159009.1 y son denominados también Transistor de Puerta Aislada en Bi-modo (BIGT). Como se ha mencionado anteriormente, una conexión en paralelo de varios de tales BIGT proporciona una mayor especificación de corriente del elemento de conmutación de semiconductores de potencia.

Se puede conseguir un elemento de conmutación de semiconductores de potencia bidireccional conectando dos o más módulos BIGT en conexión anti-serie. Consecuentemente, se sugiere que el anterior elemento de conmutación de semiconductores de potencia comprenda además un segundo módulo conectado en conexión anti-serie con el primer módulo, donde el segundo módulo contiene un segundo IGBT de conducción inversa o una segunda conexión en paralelo de varios IGBT de conducción inversa.

El uso de BIGT en lugar de IGBT y diodos independientes en anti-paralelo implica varias ventajas.

Una ventaja es que la caída de tensión directa del diodo integrado presenta un coeficiente de temperatura positivo, de manera que se evita el problema de una posible deriva térmica.

En el caso de un modo de realización especial de un disyuntor de CC bidireccional basado en BIGT, los elementos de conmutación de semiconductores de potencia comprenderían, cada uno de ellos, una conexión en anti-serie de dos BIGT, donde los dos BIGT están verticalmente integrados en el mismo y único paquete. En una aplicación típica de un disyuntor de CC bidireccional, la corriente fluye en la misma y única dirección durante un periodo de tiempo considerablemente largo, que en el caso de un IGBT común con diodos independientes significa que la zona de silicio de los elementos de conmutación de semiconductores de potencia del disyuntor de CC bidireccional, solamente se utiliza parcialmente. En oposición a eso, debido a la integración vertical, la zona de silicio de los paquetes BIGT bidireccionales se puede utilizar totalmente, dando como resultado un pequeño número de chips para la misma especificación de corriente, o bien en un aumento de la capacidad de corriente para un número dado de chips por paquete.

Una tercera ventaja es que la funcionalidad del diodo puede ser monitorizada más fácilmente en el caso de un BIGT que en el caso de IGBT y diodo independientes.

En general, es ventajoso proporcionar el módulo de conmutación con un medio adicional de monitorización de diodos, que esté dispuesto para efectuar una prueba de la funcionalidad de bloqueo del diodo o diodos en anti-paralelo y que por eso pueden indicar si el IGBT correspondiente del elemento de conmutación de semiconductores de potencia está disponible o no para un funcionamiento normal. Esto se recomienda porque puede suceder en raras ocasiones que el diodo, o diodos, en anti-paralelo se averían cuando el correspondiente IGBT está en el estado de desconexión o no conductor, lo cual puede tener serias consecuencias. En las aplicaciones de conmutación rápida, es posible probar la funcionalidad de bloqueo de los diodos frecuentemente cuando el correspondiente IGBT está en el estado de no conducción y no fluye corriente principal a través del diodo. Sin embargo, en un disyuntor de CC o en un limitador de corriente de CC, donde al menos una parte del IGBT está conectada continuamente, no es posible la misma manera para los diodos correspondientes. No obstante, es importante obtener información sobre los diodos defectuosos antes de abrir un disyuntor de CC o de poner en funcionamiento un limitador de corriente de CC, ya que tales diodos defectuosos podrían dar como resultado un daño fatal.

Por tanto, para los módulos de conmutación que contienen IGBT y diodos independientes, se sugiere proporcionar un medio de monitorización de diodos que esté adaptado para monitorizar la funcionalidad de bloqueo del diodo o diodos, siempre que el correspondiente IGBT esté desconectado y no fluya corriente principal a través del diodo o diodo a monitorizar. En otras palabras, se efectúa una prueba tan frecuentemente como sea posible, donde para algunas configuraciones de disyuntor de CC, esto puede significar que solamente se puede realizar una prueba durante el mantenimiento, mientras que para otras configuraciones, tales como el disyuntor de CC descrito en el documento PCT/EP2009/065233, la prueba se puede realizar continuamente para aquellos módulos de conmutación que no transporten la corriente principal. La prueba incluye simplemente la aplicación de una pequeña tensión positiva de prueba en la dirección directa del IGBT conectado, y la comprobación de si se mantiene esa tensión o si

disminuye y posiblemente incluso se interrumpe debido al fallo del diodo. Si ocurre esto último, se puede generar una información de fallo, por ejemplo por la unidad de puerta, y se puede enviar como una señal de información óptica a una unidad central de control. En relación con el anteriormente descrito amortiguador RCD, se hace posible una manera adicional de comprobar la funcionalidad de los diodos en anti-paralelo: en un disyuntor de CC o en un limitador de corriente de CC que contengan varios módulos de conmutación en una conexión en serie, esta prueba adicional se efectúa cuando se conecta el disyuntor de CC o el limitador de corriente de CC y la corriente fluye en dirección directa a través del IGBT conectado en serie. Para comprobar la funcionalidad de los diodos, se pueden ahora desconectar activamente uno o varios IGBT conectados en serie durante un periodo de tiempo muy corto, preferiblemente un par de microsegundos, hasta que la corriente que fluye a través del IGBT desconectado haya empezado a conmutarse al correspondiente circuito amortiguador RCD y hasta que la tensión a través del amortiguador RCD haya empezado a elevarse ligeramente. Tan pronto como se detecte la subida de tensión, se conmutan de nuevo el uno o varios IGBT, donde puede detectarse la subida de tensión de una manera sencilla comprobando si se ha excedido un límite de tensión predefinido, donde el límite de tensión reside en un nivel de tensión comparativamente bajo de preferiblemente cien V hasta unos pocos kV solamente. Si no se detecta una elevación de tensión, se genera una información de fallo. De esta manera, la comprobación de los diodos en los módulos de conmutación se hace posible sin interferir con el funcionamiento del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC.

Como queda claro a partir de lo anterior, es generalmente difícil generar información fiable sobre la capacidad de bloqueo de los diodos para la configuración del módulo de conmutación con IGBT y diodos independientes. En oposición a eso, es posible detectar un fallo de la función de diodos integrados en un BIGT durante el estado de conexión y de desconexión del correspondiente IGBT. La posible detección de una función de fallo o de un diodo con fallo en un BIGT durante prácticamente todos los estados operativos del BIGT en las aplicaciones del disyuntor de CC, es debida al hecho de que puede observarse una función de diodo integrado defectuoso por un claro deterioro o incluso ruptura de la tensión de puerta-emisor del correspondiente IGBT. Por tanto, se puede utilizar un aumento de la corriente de fuga de puerta-emisor como indicación o para monitorizar un daño irreversible de una función de diodo o del IGBT o del BIGT. Consecuentemente, los medios de monitorización de diodos sugeridos para un módulo de conmutación que contenga el BIGT, están adaptados para supervisar la funcionalidad de bloqueo de la función del diodo o las funciones del diodo del IGBT de conducción inversa, generando una información de fallo en el caso de que se interrumpa la tensión puerta-emisor a través del IGBT de conducción inversa conectado o desconectado. Debido a la posibilidad de efectuar la prueba tanto en el estado de conexión como de desconexión del BIGT, existen muchas más posibilidades de obtener una información de la capacidad de bloqueo de la función de diodo del BIGT, en comparación con la solución con IGBT y diodo independientes, aumentando por ello la fiabilidad del disyuntor de CC o del limitador de corriente de CC considerablemente.

Aparte de la distribución dinámica de tensiones estudiada anteriormente en conexión con el amortiguador RCD, también es ventajoso que la distribución de tensión en régimen permanente de los módulos de conmutación conectados en serie se mantenga lo más igualada posible, con el fin de evitar el aumento de la fatiga por tensión en algunos de los módulos. De acuerdo con un modo de realización adicional de la invención, se sugiere por tanto una resistencia no lineal limitadora de tensión que se conecte en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia. Tal resistencia no lineal limitadora de tensión no solamente asegura una distribución de tensión en régimen permanente igualada, sino que además limita las sobretensiones cuando el elemento de detención de un grupo de módulos de conmutación conectados en serie predomine sobre la corriente de los circuitos amortiguadores de ese grupo. El elemento de detención de un grupo de módulos de conmutación conectados en serie será denominado en lo que sigue elemento principal de detención. Otras ventajas de la resistencia no lineal limitadora de tensión en un módulo de conmutación son que permite una reducción de tamaño del condensador del amortiguador de ese módulo, que permite mayores tolerancias del condensador entre diferentes módulos y que simplifica el diseño mecánico del camino de conmutación de corriente para el elemento principal de detención.

Se explicará ahora la invención y su modo de realización con referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

La figura 1 muestra un primer elemento base que contiene elementos de conmutación de semiconductores de potencia dispuestos para aplicaciones unidireccionales,

La figura 2 muestra un segundo elemento base que contiene elementos de conmutación de semiconductores de potencia dispuestos para aplicaciones bidireccionales,

La figura 3 muestra un tercer elemento base que contiene elementos de conmutación de semiconductores de potencia dispuestos para aplicaciones bidireccionales,

La figura 4 muestra un cuarto elemento base que contiene elementos de conmutación de semiconductores de potencia dispuestos para aplicaciones bidireccionales,

La figura 5 muestra un primer ejemplo de un disyuntor de CC,

La figura 6 muestra un segundo ejemplo de un disyuntor de CC,

La figura 7 muestra un ejemplo de un limitador de corriente de CC,

La figura 8 muestra un primer modo de realización de un módulo de conmutación,

La figura 9 muestra un segundo modo de realización de un módulo de conmutación,

5 La figura 10 muestra un tercer modo de realización de un módulo de conmutación,

La figura 11 muestra un cuarto modo de realización de un módulo de conmutación,

La figura 12 muestra una configuración de una unidad central de control y de los módulos de conmutación de un disyuntor de CC,

10 La figura 13 muestra una configuración de elementos de conmutación de semiconductores de potencia de un módulo de conmutación.

La figura 1 muestra un primer elemento 6a de base que contiene elementos de conmutación de semiconductores de potencia dispuestos para aplicaciones unidireccionales. Los elementos de conmutación de semiconductores de potencia son un IGBT 1 de una primera dirección 4 de corriente y un diodo 2 de libre accionamiento conectado en anti-paralelo con el IGBT 1.

15 En la figura 2, se puede observar un segundo elemento 6b de base que comprende una conexión en paralelo del IGBT 1 de la primera dirección 4 de corriente y de un IGBT 3 de una segunda dirección opuesta 5 de corriente. Consecuentemente el segundo elemento 6b de base es adecuado para aplicaciones bidireccionales.

20 En la figura 3, se ilustra un tercer elemento 6c de base que comprende una conexión en serie del IGBT 1 de la primera dirección de corriente y del IGBT 3 de la segunda dirección opuesta de corriente que, en otras palabras, es una conexión anti-serie de dos IGBT. Cada IGBT tiene un diodo 2 y 7 de libre accionamiento, respectivamente, conectados en anti-paralelo. El elemento 6c de base es adecuado para aplicaciones bidireccionales.

25 En la figura 4 se ilustra un cuarto elemento 6d de base. Comprende como elementos de conmutación de semiconductores de potencia un IGBT de conducción inversa de la primera dirección de corriente, que es denominado también un BIGT 8 (Transistor de Puerta Aislada en Bi-modo), y en serie con el BIGT 8, un IGBT de conducción inversa de la segunda dirección de corriente, denominado BIGT 9. El BIGT 8 y el 9 están consecuentemente conectados de una manera anti-serie, lo que significa que también el cuarto elemento 6d de base es adecuado para aplicaciones bidireccionales.

30 Los elementos de base 6a - 6d pueden ser utilizados en un disyuntor 14 de CC, de acuerdo con el ejemplo representado en la figura 5. El disyuntor 14 de CC es adecuado para aplicaciones de media o alta tensión, y está conectado en serie con una línea 13 de distribución de CC o transmisión de potencia. En el caso de que la corriente primaria de la línea 13 necesite ser interrumpida solamente en una dirección, se pueden utilizar elementos 6a de base, mientras que en el caso en que la corriente primaria de la línea 13 necesite ser interrumpida en ambas direcciones posibles, han de utilizarse los elementos 6b o 6c o 6d de base. El disyuntor 14 de CC comprende un disyuntor principal 10 que contiene una conexión en serie de varias decenas hasta varios cientos de elementos 6 de base, dependiendo del nivel de tensión, así como una resistencia no lineal, que es denominada también elemento principal 11 de detención y que está conectada en paralelo con el disyuntor principal 10. En serie con el disyuntor 14 de CC, hay dispuesto un reactor 12 para limitar la corriente en la línea 13. En condiciones operativas normales de la línea 13, todos los IGBT o BIGT de los elementos 6 de base están conectados, es decir, el disyuntor 14 de CC conduce la corriente primaria de la línea 13. En el caso en que haya que interrumpir la corriente primaria, por ejemplo si ha ocurrido una avería en la línea 13, todos los IGBT o BIGT han de desconectarse simultáneamente, con el fin de que la corriente primaria se conmute al elemento principal 11 de detención, que reducirá la corriente a cero.

35 En la figura 6 se ilustra otro ejemplo de un disyuntor 17 de CC, para el cual se pueden utilizar los elementos 6a - 6d de base. Además del disyuntor principal 10 y del elemento principal 11 de detención, se ha dispuesto una conexión serie de un interruptor 15 de alta velocidad y un disyuntor auxiliar 16 conectados en paralelo con el disyuntor principal 10 y con el elemento principal 11 de detención. El disyuntor auxiliar 16 contiene solamente un elemento 6 de base. El interruptor 15 de alta velocidad es un interruptor mecánico. En serie con el disyuntor 17 de CC, se coloca de nuevo un reactor 12 para limitar la tasa de corriente.

40 Es interesante observar que en el caso de los elementos 6 de base utilizados en configuraciones del disyuntor de CC de las figuras 5 y 6 sean elementos de base bidireccionales del tipo 6b, 6c o 6d, las mismas configuraciones son también adecuadas para ser utilizadas como disyuntores de CA para las líneas de distribución o transmisión de potencia de CA.

En la figura 7, se ilustra un ejemplo de limitador 18 de corriente de CC, donde el limitador 18 de corriente de CC

comprende una conexión en serie de múltiples disyuntores 14 de CC. En otras palabras, el limitador 18 de corriente de CC contiene múltiples grupos de elementos 6 de base conectados en serie, donde cada grupo comprende, en paralelo con los elementos 6 de base, un elemento principal 11 de detención. El limitador 18 de corriente de CC está conectado en serie con un reactor 12 de limitación de la tasa de corriente y con una línea 13 de distribución o transmisión de potencia de CC. En el caso en que haya de limitarse o reducirse que la corriente primaria de la línea 13, se abre un número adecuado de disyuntores 14 de CC, de manera que las correspondientes resistencias no lineales pueden disipar la cantidad de energía eléctrica no deseada. En su forma más reducida, un limitador de corriente de CC debe contener dos disyuntores 14, denominados en lo que sigue un primer y un segundo disyuntores. El nivel de protección del elemento principal de detención del primer disyuntor se corresponde con el nivel nominal de tensión de CC de la línea 13. Cuando hay que limitar o reducir la corriente a través de la línea 13, el primer disyuntor estaría abierto. El nivel de protección del elemento principal de detención del segundo disyuntor puede fijarse en un valor por debajo del nivel nominal de tensión de CC de la línea 13, por ejemplo un 50% por debajo. Después de que se haya abierto el primer disyuntor, se puede utilizar el segundo disyuntor para interrumpir la corriente en la línea 13, abriendo también el segundo disyuntor.

Se explicará ahora la invención con más detalles con respecto a las figuras 8 a 12. Con el fin de operar con los elementos 6 de base en un disyuntor de CC o un limitador de corriente de CC, se requieren las denominadas unidades de puerta que hacen que el correspondiente IGBT o BIGT se conecten o desconecten, de acuerdo con una señal de control generada por una unidad central de control dependiendo de estado de la línea 13. Consecuentemente, los elementos 6 de base de los disyuntores 14 o 17 de CC o del limitador 18 de corriente de CC, contienen realmente más que simplemente los elementos de conmutación de semiconductores de potencia. En realidad, cada elemento 6 de base puede ser sustituido por un módulo 38 de conmutación, donde el módulo 38 de conmutación comprende, entre otras cosas, una unidad 31 de puerta. Se describirán ahora distintos modos de realización del módulo 38 de conmutación, donde para cada modo de realización, los elementos de conmutación de semiconductores de potencia realmente ilustrados pueden ser sustituidos por los elementos de conmutación de semiconductores de potencia que pertenecen a otro de los elementos de base adecuados 6a - 6d, y también por combinaciones de ellos como se explica a continuación.

En la figura 8 se representa un primer modo de realización 38a del módulo de conmutación, y comprende, además un IGBT 1 y un diodo anti-paralelo 2, un primer modo de realización 30a de un módulo de activación de puerta conectado a la puerta del IGBT 1. El módulo 30a de activación de la puerta comprende medios de transformación de potencia en forma de fotodiodo 20, un convertidor 22 de CC/CC, un condensador 25 de almacenamiento de energía y una unidad 31 de puerta. El fotodiodo 20 está dispuesto para recibir una señal óptica de potencia, para transformar la señal óptica de potencia en una señal de potencia eléctrica y para proporcionar la señal de potencia eléctrica a través del convertidor 22 de CC/CC al condensador 25 de almacenamiento de energía, cargando o recargando por ello al condensador 25 de almacenamiento de energía desde una fuente de alimentación que es independiente del estado de la condición de conmutación del circuito, denominado también circuito primario, donde el IGBT 1 y el diodo 2 son una parte del mismo. La señal óptica de potencia es por eso una señal de baja potencia de menos de 1 vatio.

El condensador 25 de almacenamiento de energía está conectado a una entrada 29 de la fuente de alimentación de la unidad 31 de puerta, para alimentar a un módulo 28 activador de la puerta y de supervisión, con la energía requerida para activar la puerta del IGBT 1. La unidad de puerta contiene, además del módulo 28 activador de la puerta y de supervisión, un módulo 27 de control de la unidad de puerta. El módulo 27 de control de la unidad de puerta recibe una señal eléctrica de control desde un detector 23 de señales de control, donde el detector 23 de señales de control está dispuesto para separar la señal eléctrica de control de la señal de potencia eléctrica que es entregada por el fotodiodo 20. Consecuentemente, la señal óptica de potencia recibida por el fotodiodo 20 contiene también una señal de información óptica que, tras la transformación en una señal eléctrica, sigue todavía presente. El fotodiodo 20 está conectado a través de un primer cable 51 de fibra óptica a una unidad central 50 de control (véase la figura 12).

El módulo 27 de control de la unidad de puerta procesa la señal eléctrica de control y entrega una señal resultante de conexión o desconexión al módulo 28 activador de la puerta y de supervisión, el cual origina consecuentemente que el IGBT 1 se conecte o desconecte. El módulo 27 de control de la unidad de puerta recibe además información diferente, tal como la información entregada por el módulo 28 activador de la puerta y de supervisión sobre el estado del IGBT 1 y la información entregada por una unidad 26 de supervisión de potencia sobre el estado de los elementos implicados en la fuente de alimentación del módulo 28 activador de la puerta y de supervisión, es decir, información sobre el estado del condensador 25 de almacenamiento de energía y del convertidor 22 de CC/CC. La información diferente es procesada por el módulo 27 de control de la unidad de puerta y después proporcionada como información de estado a través de un módulo 24 de transmisión de señales a un medio de transformación de señales, el cual en este ejemplo es un diodo 21 de emisor de luz. El diodo 21 emisor de luz está conectado a través de un segundo cable 52 de fibra óptica a la unidad central 50 de control (véase la figura 12), la cual, en reacción a la información de estado recibida, puede adaptar la señal de control enviada a través de la señal óptica de potencia al fotodiodo 20.

En la figura 9 se ilustra un segundo modo de realización 38b del módulo de conmutación, donde el segundo modo de realización 38b contiene el mismo módulo 30a de activación de puerta, como el primer modo de realización 38a. Se ilustra aquí un detalle del módulo 28 activador de la puerta y de supervisión que no está ilustrado en la figura 8. Por la figura 9, puede observarse que el módulo 28 activador de la puerta y de supervisión y por ello la unidad 31 de puerta, está conectado a través de un puente en H con la puerta de al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, que en este caso es un IGBT 1 con un diodo anti-paralelo 2, donde el puente en H es alimentado por una tensión unipolar de 15V de CC y entrega una tensión bipolar de $\pm 15V$ de CC. Consecuentemente, la demanda de potencia interna de la unidad 31 de puerta se reduce en cierta medida.

Además del primer modo de realización 38a, el segundo modo de realización 38b del módulo de conmutación contiene una resistencia 32 no lineal, limitadora de tensión, en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, así como un circuito amortiguador RCD consistente en una conexión en serie de un diodo 33 y un condensador 34, así como una resistencia 35 en paralelo con el diodo 33, donde el propio circuito amortiguador RCD está conectado también en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia. La orientación del diodo 33 es la misma que la orientación del IGBT 1. El circuito amortiguador RCD es principalmente responsable de la distribución dinámica de tensiones por igual en una conexión en serie de diversos módulos 38 de conmutación, como sería aplicable por ejemplo a los disyuntores 14 y 17 de CC o al limitador 18 de corriente de CC, cuando los elementos 6 de base son sustituidos por módulos 38 de conmutación. La resistencia 32 no lineal limitadora de tensión asegura principalmente una distribución de tensiones en régimen permanente por igual en tal conexión en serie de los módulos 38 de conmutación.

En el tercer modo de realización 38c del módulo de conmutación de acuerdo con la figura 10, además del IGBT 1 y del diodo 2 del primer y segundo modos de realización, 38a y 38b respectivamente, que juntos forman un primer módulo referenciado con la letra a, hay conectado un segundo módulo referenciado con la letra b, que contiene un segundo IGBT 1 y un segundo diodo anti-paralelo 2, en conexión anti-serie con el primer módulo. Consecuentemente, el módulo 38c de conmutación puede ser aplicado a un disyuntor de CC bidireccional o a un limitador de corriente de CC bidireccional.

Como ya se ha descrito, son posibles otras combinaciones alternativas de IGBT y diodos. En la figura 13 se ilustra un ejemplo, donde ambos modos primero y segundo comprenden no solamente uno sino dos IGBT 1a y 1b conectados en paralelo y los correspondientes diodos en anti-paralelo 2a y 2b, respectivamente. El empaquetamiento físico de los dos módulos puede ser en forma de un paquete para cada pareja de IGBT y el correspondiente diodo, o bien en forma de un primer paquete con todos los IGBT 1a de la primera dirección de corriente, un segundo paquete con todos los IGBT 1b de la segunda dirección de corriente, y un tercer y un cuarto paquetes con todos los diodos 2a y 2b, respectivamente, y también de acuerdo con su dirección de corriente. Este último tipo de empaquetamiento, que proporciona una reducción considerable del riesgo de deriva térmica, como se ha descrito anteriormente, está representado en la figura 13 por medio de líneas de puntos.

El tercer modo de realización 38c del módulo de conmutación comprende, aparte del primer y segundo módulos de IGBT y diodos, un segundo modo de realización 30b del módulo de activación de la puerta, donde este segundo modo de realización 30b comprende dos unidades adicionales no contenidas en el primer modo de realización 30a. Una de las unidades adicionales es un medio 37 de supervisión de diodos, cuya tarea es monitorizar la funcionalidad de bloqueo de los diodos 2 en el primer módulo. La monitorización se hace aplicando una tensión positiva de prueba en dirección de avance del IGBT 1a o 1b, respectivamente, siempre que estén desconectados y cuando no fluye la corriente principal a través de los correspondientes diodos. Comprobando si se mantiene o no la tensión de prueba, se puede reconocer un diodo que falle o que haya fallado, 2a o 2b, respectivamente. Tomando el ejemplo del disyuntor 17 de CC, la monitorización de diodos se puede realizar para los diodos del disyuntor principal 10 durante el funcionamiento normal, ya que la corriente principal o primaria fluye durante ese tiempo a través del disyuntor auxiliar 16 y del conmutador 15 de alta velocidad.

La otra unidad adicional del segundo modo de realización 30b de la unidad de activación de puerta, es un circuito auxiliar 36 de recarga, que además de la fuente de alimentación óptica proporciona energía al condensador 25 de almacenamiento de energía siempre que sea posible, y que toma su energía desde el circuito primario donde están conectados el IGBT 1 y los diodos 2. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, las ocasiones para recargarse desde el circuito primario, es decir, las ocasiones en las que el IGBT 1 está desconectado en una aplicación de un disyuntor de CC o de un limitador de corriente de CC, son normalmente muy raras. Tanto la monitorización como la recarga auxiliar son iniciadas por una correspondiente señal de inicio enviada desde el módulo 28 activador de la puerta y de supervisión hacia el medio 37 de supervisión de diodos y hacia el circuito auxiliar 36 de recarga, respectivamente. Estas señales de inicio pueden ser generadas internamente en el módulo de conmutación por el módulo 27 de control de la unidad de puerta o bien por el propio circuito auxiliar 36 de recarga en el caso de que sea suficientemente inteligente para adaptarse a las condiciones del circuito primario, o pueden ser enviadas en forma de una correspondiente señal de control a través del primer cable 51 de fibra óptica desde la unidad central 50 de control (véase la figura 12) hacia el módulo de conmutación y después ser transmitidas a través del detector 23 de la señal de control, del módulo 27 de control de la unidad de puerta y del módulo 28 activador de la puerta y de supervisión hacia el medio 37 de monitorización de diodos y del circuito auxiliar 36 de recarga,

respectivamente.

En la figura 11 se representa un cuarto modo de realización 38d del módulo de conmutación. En este caso, el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia es una conexión en anti-serie de dos IGBT de conducción inversa, de acuerdo con el cuarto elemento 6d de base, o en otras palabras, una conexión en serie de un BIGT 8 de una primera dirección de corriente y un BIGT 9 de una segunda dirección de corriente. Como resultado, el módulo de conmutación es adecuado para aplicaciones bidireccionales. En paralelo con los BIGT 8 y 9 en anti-serie, hay dispuesta de nuevo una resistencia no lineal 32 limitadora de tensión y, en paralelo con esta resistencia 32, hay conectado un circuito amortiguador RCD bidireccional. El circuito amortiguador RCD bidireccional contiene una primera conexión en paralelo de un primer diodo 42 y una primera resistencia 40, donde el primer diodo 42 es de la primera dirección de corriente, una segunda conexión en paralelo de un segundo diodo 45 y una segunda resistencia 41, donde el segundo diodo 45 es de la segunda dirección de corriente, un condensador común 46 conectado en serie con la primera y segunda conexiones paralelas de corriente y entre ellas, un tercer diodo 44 conectado entre el cátodo del segundo diodo 45 y el cátodo del primer diodo 42 y que tiene esa dirección, y un cuarto diodo 43 conectado entre el ánodo del segundo diodo 45 y el ánodo del primer diodo 42 y que tiene esa dirección. El módulo de activación de la puerta del cuarto modo de realización 38d del módulo de conmutación es de un tercer modo de realización 30c, que contiene básicamente los mismos elementos que el segundo modo de realización 30b, pero donde la función de los medios de monitorización de diodos difieren de los medios 37 de monitorización de diodos de la figura 10, en cuanto que la funcionalidad de bloqueo de las funciones integradas del diodo del BIGT 8 y 9 se monitoriza conjuntamente con la funcionalidad del IGBT de los BIGT 8 y 9, respectivamente. La monitorización se realiza tanto durante el estado de conexión como de desconexión del IGBT del respectivo BIGT, independientemente de la corriente principal o primaria. Si la tensión puerta-emisor a través del IGBT de conducción inversa conectado o desconectado se deteriora o se interrumpe, lo cual se detecta mediante la detección de un aumento de la corriente de fuga de puerta-emisor, se genera una información de fallo.

La configuración de una unidad central 50 de control y de varios módulos de conmutación de un disyuntor de CC, donde los módulos de conmutación consisten en una unidad 30 de activación de la puerta, un IGBT 1 y un diodo anti-paralelo 2, ya ha sido mencionada anteriormente. El disyuntor de CC comprende además un elemento principal 11 de detención. Los módulos de conmutación del disyuntor de CC pueden ser realmente de cualquiera de los cuatro tipos, 38a - 38d, como se ha descrito anteriormente, o de cualquier otra combinación de los posibles modos de realización de los elementos principales de un módulo de conmutación, donde los elementos principales son el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, la unidad de activación de la puerta, el circuito amortiguador RCD opcional y la resistencia opcional no lineal y limitadora de tensión. Como puede verse en la figura 12, entre la unidad central 50 de control y cada unidad 30 de activación de la puerta, hay dispuestos dos cables 51 y 52 de fibra óptica, donde el primer cable 51 de fibra óptica se usa para transmitir una señal de potencia óptica desde la unidad central 50 de control hacia la respectiva unidad 30 de activación de la puerta, y donde la señal de potencia óptica contiene además una o varias señales de control. El segundo cable 52 de fibra óptica se usa para la transmisión de la información de estado en forma de señal de información óptica desde la unidad 30 de activación de la puerta hacia la unidad central 50 de control.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (14, 17, 18) para limitar y/o cortar una corriente eléctrica que fluye a través de una línea (13) de transmisión o distribución de potencia, comprendiendo el dispositivo al menos un módulo de conmutación que comprende:

- 5 • al menos un elemento (1, 2; 8, 9) de conmutación de semiconductores de potencia;
- una unidad (31) de puerta dispuesta para conectar y desconectar el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, respectivamente, de acuerdo con una señal de control de conmutación, y
- un condensador (25) de almacenamiento de energía, dispuesto para proporcionar alimentación a una entrada (29) de la fuente de alimentación de la unidad de puerta,
- 10 • medios (20) de transformación de potencia dispuestos para recibir una señal óptica de potencia, para transformar la señal óptica de potencia en una señal de potencia eléctrica y para proporcionar la señal de potencia eléctrica al condensador de almacenamiento de energía, donde
- el módulo de conmutación está dispuesto para separar una señal eléctrica de control de la señal óptica de potencia y para proporcionar la señal eléctrica de control a la unidad (31) de puerta, donde la señal eléctrica de control comprende dicha señal de control de la conmutación.
- 15

2. Un dispositivo (14, 17, 18) para limitar y/o cortar una corriente eléctrica que fluye a través de una línea (13) de transmisión o distribución de potencia, comprendiendo el dispositivo al menos un módulo de conmutación que comprende:

- 20 • al menos un elemento (1, 2; 8, 9) de conmutación de semiconductores de potencia y al menos un diodo (2, 7) o función (8, 9) de diodo, donde el diodo o función de diodo está en anti-paralelo con un elemento de conmutación de semiconductores de potencia;
- una unidad (31) de puerta dispuesta para conectar y desconectar el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, respectivamente, de acuerdo con una señal de control de conmutación, y
- 25 • un condensador (25) de almacenamiento de energía, dispuesto para proporcionar alimentación a una entrada (29) de la fuente de alimentación de la unidad de puerta,
- medios (20) de transformación de potencia dispuestos para recibir una señal óptica de potencia, para transformar la señal óptica de potencia en una señal de potencia eléctrica y una señal eléctrica de control para proporcionar una señal de potencia eléctrica al condensador de almacenamiento de energía, y
- 30 • medios (37) de monitorización de diodos adaptado para monitorizar la funcionalidad de bloqueo de dicho diodo (o diodos) o función (o funciones) de diodo siempre que el (los) correspondiente(s) elemento(s) de conmutación de semiconductores de potencia estén conectados o desconectados y no fluya corriente principal a través del diodo (o diodos) o función (o funciones) de diodo a monitorizar, donde durante la monitorización se aplica una tensión positiva de prueba a la dirección de avance del (de los) elemento(s) de conmutación y se genera una información de fallo en el caso de que la tensión de prueba no se mantenga.

35 3. Un dispositivo (14, 17, 18) para limitar y/o cortar una corriente eléctrica que fluye a través de una línea (13) de transmisión o distribución de potencia, comprendiendo el dispositivo una conexión en serie de un primer módulo de conmutación y al menos un módulo de conmutación adicional, donde el primer módulo de conmutación comprende:

- 40 • al menos un elemento (1, 2; 8, 9) de conmutación de semiconductores de potencia y al menos un diodo (2, 7) o función (8, 9) de diodo, donde el diodo o función de diodo está en anti-paralelo con un elemento de conmutación de semiconductores de potencia;
- una unidad (31) de puerta dispuesta para conectar y desconectar el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, respectivamente, de acuerdo con una señal de control de conmutación, y
- un condensador (25) de almacenamiento de energía, dispuesto para proporcionar alimentación a una entrada (29) de la fuente de alimentación de la unidad de puerta,
- 45 • medios (20) de transformación de potencia dispuestos para recibir una señal óptica de potencia, para transformar la señal óptica de potencia en una señal de potencia eléctrica y una señal eléctrica de control para proporcionar una señal de potencia eléctrica al condensador de almacenamiento de energía;
- un circuito amortiguador RCD conectado en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de

semiconductores de potencia, donde el circuito amortiguador RCD comprende al menos una resistencia (35; 40, 41), al menos un condensador (34; 46) y al menos un diodo (33; 42, 45), estando el diodo y el condensador conectados en serie entre sí y estando la resistencia conectada en paralelo con el diodo, y

- 5 • medios (37) de monitorización de diodos adaptados para monitorizar la funcionalidad de bloqueo del diodo (o diodos) o función (o funciones) de diodo en el módulo (38) de conmutación, cuando el dispositivo está conectado y cuando fluye una corriente en la dirección de avance a través de los elementos de conmutación de potencia tanto del primer módulo como del al menos un módulo de conmutación adicional, desconectando activamente el módulo (38) de conmutación durante un corto periodo de tiempo, y volviéndolo a conectar después nuevamente y generando una información de fallo si la tensión a través del correspondiente circuito amortiguador RCD no excede de un límite predefinido de tensión dentro del corto periodo de tiempo.
- 10
- 4. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, donde la señal de potencia óptica es una señal de potencia baja de menos de 1 vatio.
- 5. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad (31) de puerta está dispuesta para generar información de estado sobre la funcionalidad del al menos uno de los elementos del módulo de conmutación, y donde el módulo de conmutación comprende además medios (21) de transformación de la señal, dispuestos para transformar la información de estado en una señal de información óptica y para enviar la señal de información óptica a una unidad central (50) de control.
- 15
- 6. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende como el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia un primer módulo que contiene un primer IGBT (1) de una primera conexión paralela de varios IGBT (1a) y un primer diodo (2) de una primera conexión paralela (1b) de varios diodos, donde el diodo o diodos están conectados en anti-paralelo con el IGBT o la conexión paralela de IGBT.
- 20
- 7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el módulo de conmutación comprende además un segundo módulo conectado en anti-paralelo o en una conexión anti-serie con el primer módulo, conteniendo el segundo módulo un segundo IGBT o una segunda conexión paralela (1b) de varios IGBT y un segundo diodo o una segunda conexión paralela (2b) de varios diodos, donde el diodo o diodos están conectados en anti-paralelo con el IGBT o con la conexión paralela (1b) de IGBT.
- 25
- 8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, donde los diodos son diodos conmutados en línea.
- 9. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, que comprende como el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia un primer módulo que contiene un primer IGBT (8) de conducción inversa de una primera conexión paralela de varios IGBT de conducción inversa.
- 30
- 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un segundo módulo conectado en conexión anti-serie con el primer módulo, conteniendo el segundo módulo un segundo IGBT (9) de conducción inversa o una segunda conexión paralela de varios IGBT de conducción inversa.
- 35
- 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el primer y segundo módulos están integrados en un solo paquete de semiconductores, y donde el paquete está provisto de un terminal de puerta común y de un terminal de emisor común, estando conectados los terminales a las puertas y a los emisores, respectivamente, de todos los IGBT (8) de conducción inversa del paquete.
- 40
- 12. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 -11, en el que el módulo de conmutación comprende además una resistencia no lineal (32) limitadora de tensión, en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia.
- 13. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, en el que el módulo de conmutación comprende además un circuito auxiliar (36) de recarga adaptado para recibir energía eléctrica desde el circuito primario, donde el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia está conectado, y para proporcionar la energía eléctrica al condensador (25) de almacenamiento de energía.
- 45
- 14. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2 o las reivindicaciones 4 - 13, que comprende además un circuito amortiguador RCD conectado en paralelo con el al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia, donde el circuito amortiguador RCD comprende al menos una resistencia (35; 40, 41), al menos un condensador (34, 46) y al menos un diodo (33; 42, 45), estando conectados el diodo y el condensador en serie entre sí y estando conectada la resistencia en paralelo con el diodo.
- 50
- 15. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 14, donde la unidad (31) de puerta está conectada a la puerta del al menos un elemento de conmutación de semiconductores de potencia (1, 2; 8, 9) a

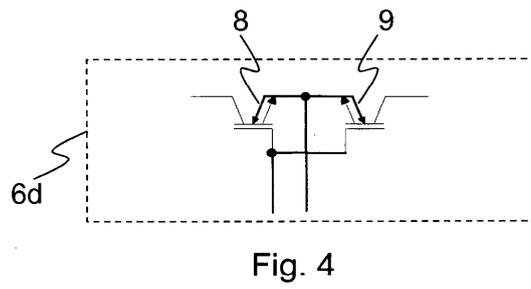
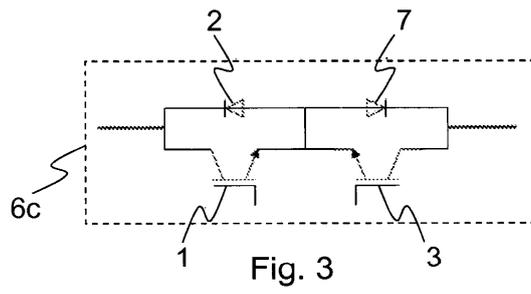
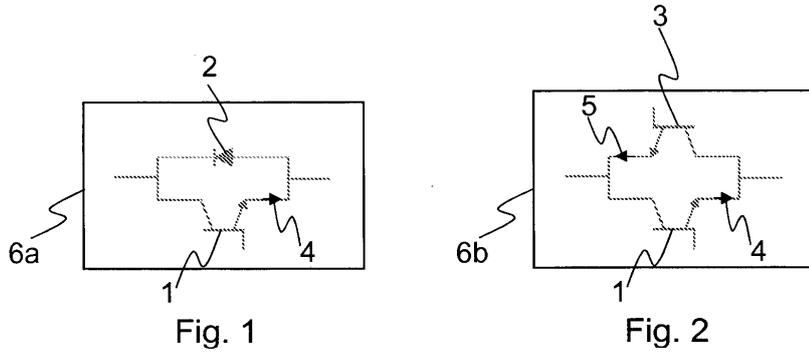
través de un puente en H, donde el puente en H está alimentado por una tensión unipolar de CC y el cual entrega una tensión bipolar de CC.

5 16. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 -15, en el que el módulo de conmutación está configurado además para separar una señal eléctrica de control a partir de la señal óptica de potencia y para proporcionar la señal eléctrica de control a la unidad (31) de puerta.

17. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 4 - 16, que comprende además unos medios (37) de monitorización de diodos, adaptados para monitorizar la funcionalidad de bloqueo de los diodos o la función de diodo, respectivamente, en el primer y/o el segundo módulos.

10 18. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 17 y cualquiera de las reivindicaciones 9 - 11, donde los medios (37) de monitorización de diodos están adaptados para monitorizar la funcionalidad de bloqueo de la función de diodo o las funciones de diodo del IGBT (8, 9) de conducción inversa, junto con la monitorización de la funcionalidad del propio IGBT correspondiente, generando una información de fallo en caso de que la tensión de puerta-emisor a través del IGBT conectado o desconectado se deteriore o se interrumpa.

15 19. Módulo (38) de conmutación de acuerdo con la reivindicación 18, en el que se detecta el deterioro o interrupción de la tensión de puerta-emisor, detectando un aumento de la corriente de fuga de puerta-emisor del IGBT (8, 9) de conducción inversa.



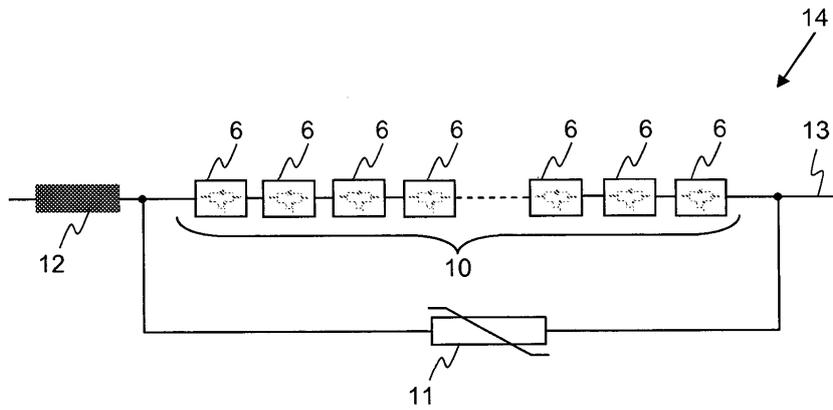


Fig. 5

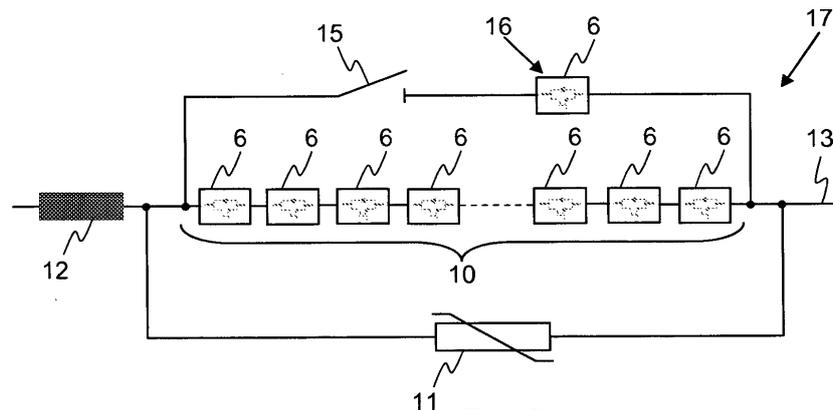


Fig. 6

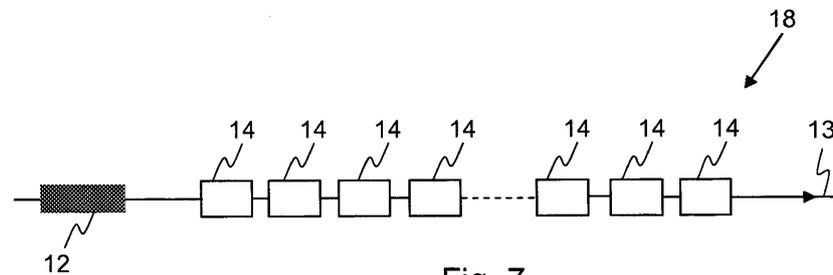


Fig. 7

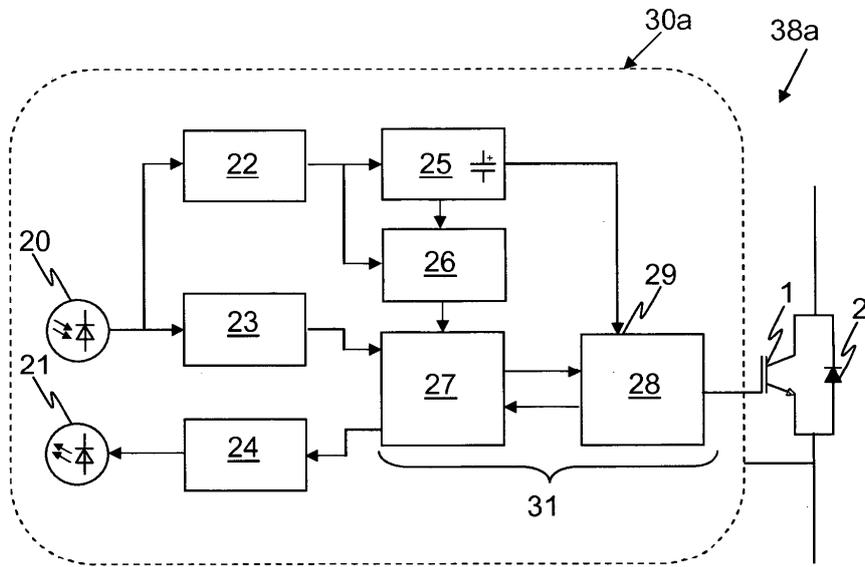


Fig. 8

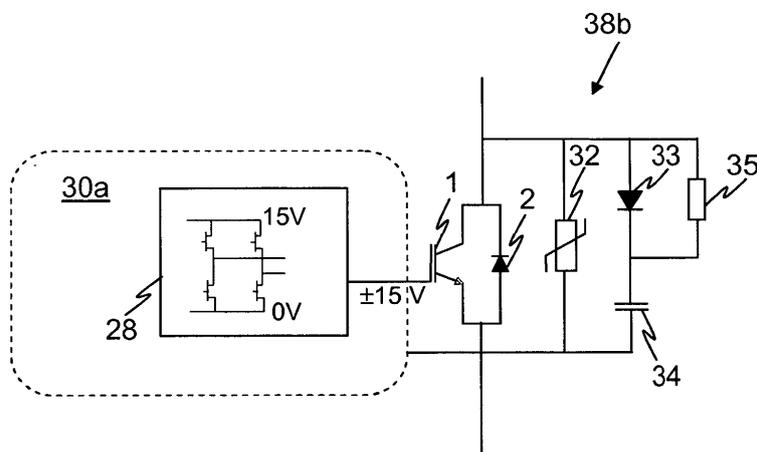


Fig. 9

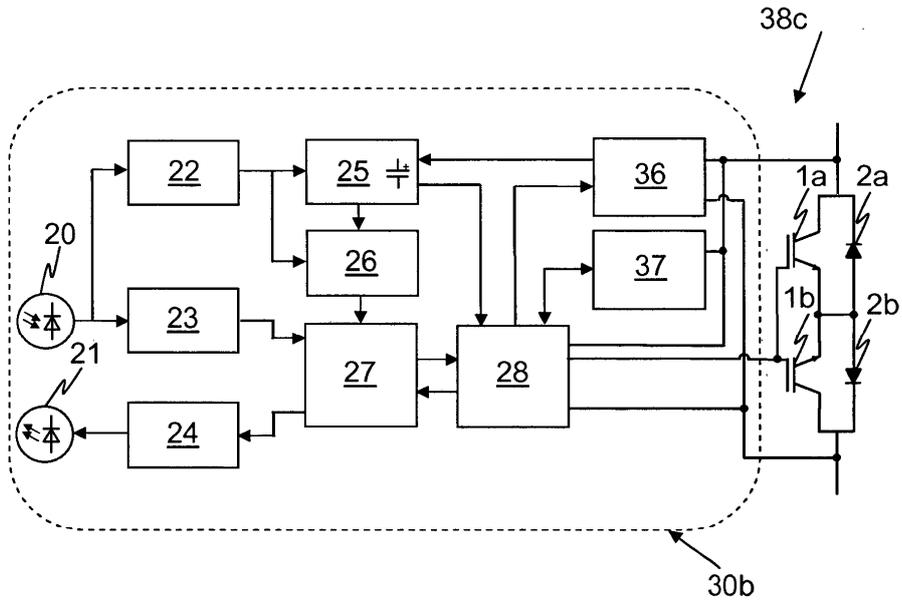


Fig. 10

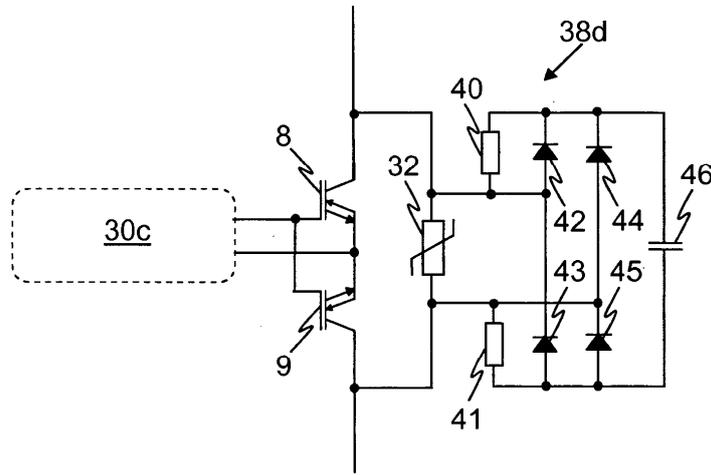


Fig. 11

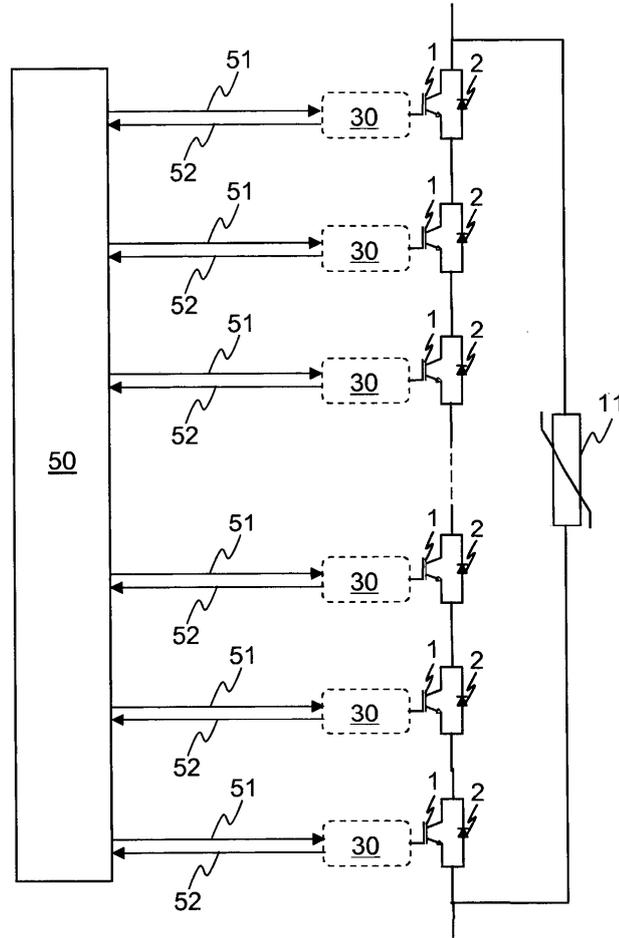


Fig. 12

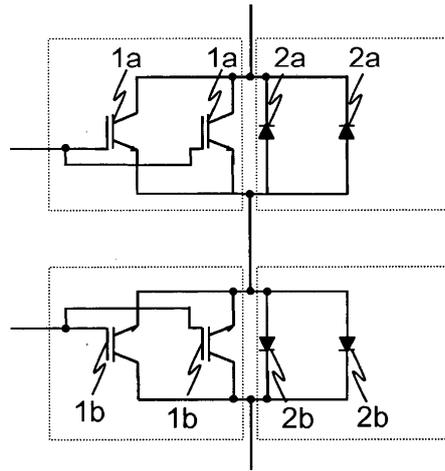


Fig. 13