

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 570**

51 Int. Cl.:
H02M 7/49 (2007.01)
H02H 7/122 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06828680 .6**
96 Fecha de presentación: **08.12.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **2100368**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2009**

54 Título: **ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE SEMICONDUCTORES PARA CONTROLAR CORTOCIRCUITOS EN EL LADO CC EN EL CASO DE CONVERTIDORES INDIRECTOS DE TENSIÓN.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.12.2011

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
**DOMMASCHK, Mike;
DORN, Jörg;
EULER, Ingo;
LANG, Jörg;
TU, Quoc-Buu y
WÜRFLINGER, Klaus**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 369 570 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

Elementos de protección de semiconductores para controlar cortocircuitos en el lado CC en el caso de convertidores indirectos de tensión

5 La invención se refiere a un dispositivo para convertir una corriente eléctrica con al menos un módulo de fase, que presenta una conexión de tensión alterna y al menos una conexión de tensión continua, en donde entre cada conexión de tensión continua y cada conexión de tensión alterna está configurado un ramal de módulo de fase y en donde cada ramal de módulo de fase dispone de un circuito en serie formado por submódulos, que en cada caso presentan al menos un semiconductor de potencia.

10 Un dispositivo de este tipo se conoce ya del documento DE 101 03 031 A1. Allí se describe tanto un convertidor indirecto de tensión clásico como un convertidor indirecto de tensión con acumuladores de energía distribuidos. Los convertidores indirectos de tensión con acumuladores de energía distribuidos o divididos, y con la capacidad de conectar tensiones escalonadas, reciben también el nombre de convertidores de potencia multi-nivel. El convertidor indirecto de tensión descrito está previsto para conectarse a una red de tensión alterna multifásica, en donde el convertidor de potencia está unido a un segundo convertidor a través de un circuito de tensión continua. El segundo
15 convertidor está conectado, en el lado de tensión alterna, a otra red de tensión alterna mono o multifásica. Para cada fase de la red de tensión alterna a conectar el convertidor dispone de un módulo de fase, que presenta una conexión de tensión alterna para conectar la fase de la red de tensión alterna y dos conexiones de tensión continua. Entre cada conexión de tensión continua y la conexión de tensión alterna se extienden ramales de módulo de fase, que para obtener tensiones elevadas se componen de un circuito en serie formado por semiconductores de potencia desconectables. En el caso de los semiconductores de potencia desconectables se trata por ejemplo de los llamados IGBTs, GTOs o IGCTs. Con ello está conectado en paralelo a cada semiconductor de potencia desconectable un diodo de funcionamiento libre en contrasentido. En el caso de convertidores indirectos de tensión clásicos está previsto en el circuito intermedio de tensión un condensador central como acumulador de energía.

25 En lugar de un acumulador de energía central también es posible sin embargo, conforme al documento DE 101 03 031 A1, distribuir capacidades entre submódulos conectados en serie. Los citados submódulos presentan después en cada caso un condensador en conexión en paralelo con semiconductores de potencia. Los semiconductores de potencia comprenden semiconductores de potencia desconectables y diodos de funcionamiento libre, que están conectados en antiparalelo a los semiconductores de potencia desconectables. Cada ramal de módulo de fase del convertidor de potencia se compone de este modo de un circuito en serie de submódulos con acumuladores de
30 energía propios.

En los convertidores indirectos de tensión ya conocidos se producen, en caso de cortocircuito en el circuito de tensión continua, elevadas corrientes de fallo en el convertidor que se limitan fundamentalmente mediante una inductividad, es decir por ejemplo mediante un devanado dispuesto sobre los módulos de fase en el lado de tensión alterna. La corriente de fallo que se produce durante el cortocircuito es impulsada por la tensión de red y normalmente se interrumpe mediante la apertura de un conmutador de potencia, que separa la tensión alterna del
35 convertidor. Sin embargo, determinadas formas constructivas de semiconductor pueden dañarse o destruirse ya de forma irreversible hasta la apertura del conmutador de potencia. Para evitar una destrucción de los semiconductores de potencia y en especial de los diodos de funcionamiento libre, hasta ahora se diseñaban los diodos de forma sobredimensionada para poder soportar durante un mayor periodo de tiempo una corriente de cortocircuito pronosticada. Sin embargo, una solución de este tipo no ha conducido a ningún resultado satisfactorio y es además costosa. Aparte de esto los semiconductores de potencia desconectables y los diodos de funcionamiento libre se ofrecen en el mercado normalmente juntos, por ejemplo en una carcasa común, de tal modo que un sobredimensionamiento de los diodos de funcionamiento libre hace necesaria una producción separada y costosa de los semiconductores de potencia.

45 El documento De 103 23 220 A1 describe un convertidor indirecto de tensión, a cuya entrada se aplica una tensión alterna. El convertidor citado presenta ramales de módulo de fase que se componen de un circuito en serie de submódulos. Los ramales de módulo de fase están unidos entre sí a través de un transformador de frecuencia intermedia. Cada submódulo dispone de un acumulador de energía, al que está conectado en paralelo un circuito formado por conmutadores semiconductores de potencia. El acumulador de energía y el circuito de semiconductores
50 de potencia forman un llamado circuito de puente integral. Para garantizar un descebado del submódulo, en el caso de fallar uno de los semiconductores de potencia, se propone conectar en paralelo al menos un elemento semiconductor electrónico al acumulador de energía.

El documento DE 103 33 798 A1 describe un procedimiento para cortocircuitar un convertidor indirecto de tensión de este tipo, en donde el descebado se realiza mediante activaciones convenientes de los conmutadores
55 semiconductores de potencia de los submódulos.

La tarea de la invención consiste por ello en proporcionar un dispositivo de la clase citada al comienzo, que pueda soportar incluso corrientes de cortocircuito elevadas durante un periodo de tiempo suficiente.

La invención resuelve esta tarea mediante medios de protección de semiconductores en conexión en serie y/o en paralelo con al menos uno de los semiconductores de potencia, en donde cada submódulo presenta un semiconductor de potencia desconectable al que está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre en contrasentido, en donde los medios de protección de semiconductores comprenden un elemento de protección que está conectado en paralelo al diodo de funcionamiento libre en contrasentido.

Conforme a la invención están previstas una o varias piezas constructivas para proteger los semiconductores de potencia. Estas piezas constructivas se engloban dentro del término medio de protección de semiconductores. Una pieza constructiva de este tipo es por ejemplo una unidad en conexión en paralelo con uno de los semiconductores de potencia. Aparte de esto, los medios de protección de semiconductores comprenden sin embargo también medios limitadores de corriente, que están diseñados para limitar el flujo de corriente a través de los ramales de módulo de fase. El término semiconductor de potencia comprende aquí tanto los semiconductores de potencia desconectables, es decir IGBTs, GTOs, IGCTs, etc., como los diodos de funcionamiento libre conectados normalmente en paralelo a los semiconductores de potencia desconectables.

Conforme a la invención cada submódulo presenta al menos un semiconductor de potencia desconectable, al que está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre en contrasentido, en donde los medios de protección de semiconductores comprenden un elemento de protección que está conectado en paralelo al diodo de funcionamiento libre en contrasentido. De este modo, al diodo de funcionamiento libre protegido, en el caso de un cortocircuito en el circuito de tensión continua, ya no se le aplica toda la corriente de cortocircuito.

El elemento de protección es ventajosamente otro diodo de funcionamiento libre, que presenta una resistencia a la corriente adaptada a la corriente de cortocircuito que se espera. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso, al verdadero diodo de funcionamiento libre se le conecta en paralelo otro diodo de funcionamiento libre. El flujo de corriente en caso de cortocircuito es asumido por lo tanto por ambos diodos de funcionamiento libre. La curva característica estática de paso del diodo de funcionamiento libre que sirve de elemento de protección está diseñada de tal modo, en relación con el diodo de funcionamiento libre ya integrado, que el elemento de protección en caso de fallo asume una parte importante de la corriente de fallo y, de este modo, descarga el diodo de funcionamiento libre integrado. Asimismo la resistencia a la sobrecorriente momentánea del diodo de funcionamiento libre que actúa como elemento de protección está adaptada a las cargas que se esperan. En funcionamiento normal se divide la corriente, que fluye por el ramal de módulo de fase respectivo, entre el diodo de funcionamiento libre integrado y el diodo de funcionamiento libre que actúa como elemento de protección, en donde la citada división depende de la curva característica estática de paso de los dos diodos de funcionamiento libre. De este modo se cargan también ambos diodos de funcionamiento libre al conmutar la corriente en funcionamiento normal, por lo que el diodo de funcionamiento libre que actúa como elemento de protección presenta requisitos con relación al comportamiento de desconexión específico.

En el ejemplo de ejecución de la invención que difiere de esto el elemento de protección es un tiristor. Éste está desconectado en funcionamiento normal, de tal modo que es imposible un flujo de corriente a través del tiristor. Mediante un sensor de tensión o corriente en el circuito de tensión continua, en la conexión de corriente alterna o mediante la medición de la corriente de ramal, a través del ramal de módulo de fase, puede detectarse un cortocircuito. La forma y manera de comprobación del cortocircuito, sin embargo, es la que se quiera en el marco de la invención. En el caso de una configuración de la invención está unido o están unidos varios de los citados sensores de medición a una unidad de valoración, que con base en una lógica implementada en la misma determina el caso de cortocircuito y a continuación genera una señal para encender el o los tiristores. Para esto la unidad de valoración compara por ejemplo la corriente medida con una corriente umbral y determina, en el caso de que se supere prolongadamente la corriente umbral, el caso de cortocircuito. A continuación se pasan los semiconductores de potencia desconectables, dentro de un periodo de tiempo en un orden de magnitud de microsegundos, a su posición de bloqueo. La corriente de cortocircuito ya sólo puede fluir después a través de los diodos de funcionamiento libre conectados en paralelo. Mediante una señal que se conecta de la unidad de valoración se pasa el tiristor de su posición de bloqueo a su posición de paso, en la que se hace posible un flujo de corriente a través del tiristor. La corriente de cortocircuito fluye por ello después tanto a través del tiristor como a través del diodo de funcionamiento libre integrado. La curva característica estática de paso del tiristor está configurada de tal modo, que éste asume una parte importante de la corriente de cortocircuito de fallo, de tal modo que se descarga el diodo de funcionamiento libre integrado. La conexión periódica de los semiconductores de potencia desconectables, que están situados en paralelo al tiristor que actúa de elemento de protección, no debe conducir en funcionamiento normal a un encendido indeseado del tiristor. Un autoencendido del tiristor se dispararía por ejemplo mediante una excesiva divisibilidad de tensión. El tiristor tiene que disponer por lo tanto de una llamada capacidad du/dt suficiente.

Los medios de protección de semiconductores comprenden ventajosamente inductividades, que están dispuestas en cada módulo de fase. La disposición de las inductividades dentro del módulo de fase es básicamente cualquiera. De este modo, por ejemplo, cada módulo de fase está unido a través de las inductividades a una o cada una de las conexiones de tensión continua. Con ello la inductividad forma parte del módulo de fase.

- Las inductancias están dispuestas ventajosamente entre el circuito en serie de los submódulos y la conexión de tensión alterna. De este modo cada ramal de módulo de fase está unido mediante las inductancias a la conexión de tensión alterna. Las inductancias de los ramales de módulo de fase del mismo módulo de fase están dispuestas de este modo unas junto a otras, en donde la conexión de tensión alterna está dispuesta entre las inductancias.
- 5 Las inductancias pueden por ello acoplarse también entre ellas inductivamente, con lo que aumenta la inductancia total para corrientes de circuito entre los módulos de fase y la parte de corriente continua de la corriente de ramal y las inductancias individuales, con ahorro de coste, pueden diseñarse más pequeñas si las corrientes de circuito son decisivas para el dimensionamiento.
- 10 En otra configuración de la invención, los medios de protección de semiconductores comprenden inductancias, que están dispuestas en los submódulos. Con ello cada submódulo presenta por ejemplo una inductancia. A diferencia de esto, sólo un submódulo presenta o sólo algunos submódulos presentan una inductancia. Las inductancias están dispuestas, conforme a esta variante de la invención, distribuidas en el módulo de fase.
- 15 Por último es posible en el marco de la invención que los medios de protección de semiconductores comprendan inductancias, que estén dispuestas en el circuito de tensión continua. Aquí las inductancias están dispuestas en la proximidad física directa de los módulos de fase, de tal modo que una corriente de fallo, que se haya disparado mediante un cortocircuito en el circuito intermedio de tensión continua, se ve forzada a fluir a través de las inductancias del circuito de tensión continua.
- 20 Los medios de protección de semiconductores comprenden convenientemente inductancias, que están dispuestas en el lado de corriente alterna de los módulos de fase. En otra variante los medios de protección de semiconductores comprenden devanados de transformador. Los devanados de transformador están equipados con una inductancia de dispersión suficiente para una limitación de corriente efectiva.
- 25 Cada submódulo presenta ventajosamente un primer borne de conexión, un segundo borne de conexión, un acumulador de energía y un ramal de semiconductores de potencia, que presenta dos semiconductores de potencia desconectables conectados en serie y está conectado en paralelo con el acumulador de energía, en donde a cada semiconductor de potencia desconectable está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre en contrasentido y el punto de unión entre el emisor de un primer semiconductor de potencia desconectable del ramal de semiconductores de potencia y el ánodo del diodo de funcionamiento libre en contrasentido asociado al primer semiconductor de potencia desconectable configura el primer borne de conexión, y el punto de unión entre los semiconductores de potencia desconectables del ramal de semiconductores de potencia y los diodos de funcionamiento libre el segundo borne de conexión.
- 30
- 35 A diferencia de esto, cada submódulo presenta un primer borne de conexión, un segundo borne de conexión, un acumulador de energía y un ramal de semiconductores de potencia, que presenta dos semiconductores de potencia desconectables conectados en serie y está conectado en paralelo con el acumulador de energía, en donde a cada semiconductor de potencia desconectable está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre en contrasentido y la unión entre el colector de un primer semiconductor de potencia desconectable del ramal de semiconductores de potencia y el cátodo de los diodos de funcionamiento libre en contrasentido asociados al primer semiconductor de potencia desconectable configura el primer borne de conexión, y el punto de unión entre los semiconductores de potencia desconectables del ramal de semiconductores de potencia y los diodos de funcionamiento libre el segundo borne de conexión.
- 40 La invención se refiere también a un procedimiento para proteger semiconductores de potencia de un dispositivo de este tipo, en el que se detecta un cortocircuito en el lado de tensión continua del módulo de fase mediante sensores de medición, después de la detección de la corriente de cortocircuito se pasan los semiconductores de potencia desconectables a su posición de separación y a continuación se pasa un tiristor, como elemento de protección de semiconductores, a su posición de paso.
- 45 Otras configuraciones convenientes y ventajas de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución, haciendo referencia a las figuras del dibujo, en donde símbolos de referencia iguales hacen referencia a piezas constructivas con el mismo efecto, y en donde muestran
- la figura 1 una representación esquemática de un ejemplo de ejecución del dispositivo conforme a la invención, con representación de la ruta de una corriente de fallo en caso de cortocircuito,
- 50 la figura 2 un módulo de fase de un ejemplo de ejecución del dispositivo conforme a la invención con la llamada topología de dos puntos,
- la figura 3 un módulo de fase de un ejemplo de ejecución del dispositivo conforme a la invención con la llamada topología multi-nivel y

la figura 4 una representación del circuito equivalente de un submódulo del módulo de fase conforme a la figura 3.

La figura 1 muestra un ejemplo de ejecución del dispositivo 1 conforme a la invención en representación esquemática. El dispositivo mostrado presenta tres módulos de fase 2a, 2b y 2c, que en cada caso pueden unirse a una fase de la red de tensión alterna 7. Para esto cada módulo de fase 2a, 2b y 2c presenta una conexión de tensión alterna 3. Aparte de esto, cada módulo de fase 2a, 2b, 2c dispone de una conexión de tensión continua positiva p así como de una conexión de tensión continua n, que están unidas respectivamente al polo positivo de un circuito intermedio de tensión continua 5 o al polo negativo del circuito intermedio de tensión continua 5.

Los módulos de fase 2a, 2b, 2c comprenden en cada caso dos ramales de módulo de fase, que se extienden en cada caso entre la conexión de tensión alterna 3 y una de las conexiones de tensión continua p o n. En total están previstos en el ejemplo de ejecución representado seis ramales de módulo de fase. Cada ramal de módulo de fase presenta un circuito en serie formado por submódulos con semiconductores desconectables.

La conexión a la red de tensión alterna 7, representada como fuente de tensión ideal, se realiza por ejemplo a través de un transformador. Entre este transformador y la conexión de tensión alterna 3 pueden estar dispuestas además inductancias adicionales. Las inductancias de dispersión del transformador, las inductancias adicionales y la impedancia de la red de tensión alterna 7 se han representado en la figura 1 mediante las inductancias 6a, 6b, 6c, que están dispuestas en el lado de tensión alterna de los módulos de fase 2a, 2b y 2c. Entre la red de tensión alterna 7 y las inductancias 6a, 6b, 6c está conectado un conmutador de potencia 8 tripolar, que está unido a un aparato de protección que está equipado con sensores de medición, para detectar el flujo de corriente de los módulos de fase en el lado de tensión alterna. Si la corriente detectada supera una corriente umbral previamente determinada, se produce la conmutación del conmutador de potencia 8, en donde cada polo del conmutador de potencia 8 se pasa a su posición de separación, en la que se interrumpe un flujo de corriente a través del conmutador de potencia 8.

En el circuito de tensión continua 5 están dispuestas inductancias 9 y, precisamente, tanto en el polo positivo p del circuito de tensión continua 5 como en el polo negativo n.

En la figura 1 se ha representado asimismo una ruta a modo de ejemplo de una corriente de cortocircuito 10 impulsada por la red de tensión alterna 7, que se produciría en el caso de un cortocircuito en el circuito de tensión continua 5. Puede reconocerse que la corriente de cortocircuito 10 fluye desde la red de tensión alterna 7 a través del conmutador de potencia 8, de la inductancia 6a, del semiconductor de potencia del módulo de fase 2a, de las inductancias 9 en el polo positivo y en el negativo n del circuito de tensión continua 5, del semiconductor de potencia del módulo de fase 2b, de la inductancia 6b, y por último de nuevo hasta la red de tensión alterna 7. Las inductancias 9 dispuestas en el circuito de tensión continua 5 limitan de este modo la corriente de cortocircuito 10 y sirven de medios de protección de semiconductores en el marco de la invención.

La figura 2 muestra un módulo de fase 2a en técnica de dos puntos, en donde se ha representado de nuevo la ruta de una corriente de cortocircuito 10 a través de los semiconductores de potencia sensibles. Debe tenerse en cuenta que todos los semiconductores de potencia desconectables, justo después de la detección del cortocircuito mediante sensores de medición convenientes que están unidos a una unidad de valoración, se pasan a su posición de separación. En la figura 2 puede reconocerse que el módulo de fase 2a se compone de dos ramales de módulo de fase 11p y 11n. Con ello se extiende el ramal de módulo de fase 11p entre la conexión de tensión alterna 3 y la conexión de tensión continua positiva p, y el ramal de módulo de fase 11n entre la conexión de tensión alterna 3 y la conexión de tensión continua negativa n. Cada uno de los ramales de módulo de fase 11p, 11n presenta de nuevo un circuito en serie formado por submódulos, en donde cada submódulo dispone de un semiconductor de potencia desconectable 12 y de un diodo de funcionamiento libre 13, conectado en antiparalelo al semiconductor de potencia desconectable. La línea de puntos de cada ramal de módulo de fase pretende indicar que el número de submódulos y con ello de semiconductores de potencia desconectables 12 o de diodos de funcionamiento 13 para cada ramal de módulo de fase 11p o 11n de ningún modo están limitado a dos, sino que puede ampliarse a voluntad en función de la tensión aplicada.

La corriente de cortocircuito descrita con relación a la figura 1 fluiría de este modo a través de la conexión de tensión alterna 3 del módulo de fase 2a así como a través de todos los diodos de funcionamiento libre 13 del ramal de módulo de fase 11p, hasta el polo positivo del circuito de tensión continua 5. De este modo los diodos de funcionamiento libre 13 del ramal de módulo de fase 11p o los diodos de funcionamiento libre del ramal de módulo de fase 11n del módulo de fase 2b estarían expuestos a las elevadas corrientes de cortocircuito y podrían dañarse antes del disparo del conmutador de potencia 8.

Un dispositivo conforme a la invención conforme a la figura 1, que presenta un módulo de fase conforme a la figura 2, comprende un medio de protección de semiconductores no representado en la figura, de forma preferida en forma de un tiristor o de un diodo en conexión en paralelo con un semiconductor de potencia, en especial un diodo de funcionamiento libre al que se aplica, en el caso de los semiconductores de potencia desconectables desconectados, la corriente de cortocircuito. Aparte de esto el dispositivo comprende un acumulador de energía

central tampoco mostrado, por ejemplo en forma de un condensador, que está unido con baja resistencia al convertidor del dispositivo.

La figura 3 muestra un módulo de fase 2a de un llamado convertidor multi-nivel, que es también un ejemplo de ejecución del dispositivo conforme a la invención. El módulo de fase 2a comprende en la técnica multi-nivel un circuito en serie formado por submódulos 15, que presentan en cada caso un acumulador de energía, de tal modo que mediante la conexión y desconexión de los submódulos en el circuito en serie pueden generarse desarrollos de tensión escalonados. A causa de la disposición descentralizada del acumulador de energía en el módulo de fase es posible equipar el módulo de fase 2a con unas inductancias adicionales 14, que están dispuestas entre la conexión de tensión continua p o n y el circuito en serie respectivo formado por submódulos bipolares 15. Las inductancias adicionales limitan la corriente de cortocircuito. Sin embargo, una disposición de las inductancias en los módulos de fase sólo es ventajosa en el caso de la técnica multi-nivel. En el caso de convertidores con acumulador de energía central, sin embargo, las inductancias en el módulo de fase tienen un efecto negativo sobre el comportamiento de conmutación. La figura 4 muestra un esquema de conexiones equivalente del submódulo 15 conforme a la figura 3. Puede reconocerse que cada submódulo 15 presenta dos semiconductores de potencia desconectables 12, como por ejemplo IGBTs. De nuevo a cada semiconductor de potencia desconectable 12 está conectado en antiparalelo un diodo de funcionamiento libre 13. De este modo está configurado un circuito en serie 16, que se compone de los semiconductores de potencia desconectables 12. Al circuito en serie 16 está conectado en paralelo un acumulador de energía configurado como condensador 17.

Cada submódulo 15 presenta un primer borne de conexión 18 así como un segundo borne de conexión 19. Entre los bornes de conexión 18 ó 19 está dispuesto un primer semiconductor de potencia 12a. El semiconductor de potencia 12b está dispuesto en la figura 4 por encima del semiconductor de potencia desconectable 12a. Después de detectarse un cortocircuito se pasan primero los semiconductores de potencia desconectables a su posición de separación. La corriente de cortocircuito fluye por ello a través del diodo de funcionamiento libre inferior 13a. El diodo de funcionamiento libre 13b no se ve afectado por el contrario por la corriente de cortocircuito. Por este motivo sólo está conectado en paralelo al diodo de funcionamiento libre inferior 12a un elemento de protección 20. El elemento de protección 20 es otro diodo de funcionamiento libre, en donde éste presenta una curva característica de paso que, con relación al diodo integrado 13a es tal, que en caso de fallo una parte importante de la corriente de cortocircuito fluye a través del diodo de funcionamiento libre 20. El diodo de funcionamiento libre 20 presenta además una resistencia a la corriente momentánea suficientemente alta. En funcionamiento normal la corriente fluye tanto a través del diodo de funcionamiento libre 13a como a través del diodo de funcionamiento libre 20 que actúa de elemento de protección. La división depende de las curvas características estáticas de los dos diodos de funcionamiento libre 13a ó 20. Al desconmutar se carga por ello también el diodo de funcionamiento libre 20, que por lo tanto debe presentar una adecuación correspondiente con relación al comportamiento de desconexión. Estos diodos de funcionamiento libre son sin embargo conocidos por los expertos, de tal modo que en este punto puede prescindirse de una descripción más detallada de las características del diodo.

En el mercado pueden obtenerse en especial semiconductores de potencia desconectables 12a con diodos de funcionamiento libre en contrasentido 13a, que están dispuestos en una carcasa común que en la figura 4 está designada con 21. El elemento de protección, es decir en este caso el diodo de funcionamiento libre 20, está dispuesto por fuera de la carcasa 20.

Como es natural pueden estar presentes en el marco de la invención, además del elemento de protección 20, inductancias 14 en los módulos de fase 2a, 2b, 2c o inductancias 9 en el circuito de tensión continua 5.

Aparte de esto es también posible, en el marco de la invención, que los submódulos 15 presenten al menos parcialmente una inductancia.

Si se produce en el caso del convertidor con topología multi-nivel, conforme a las figuras 3 y 4, un cortocircuito en el circuito de tensión continua, asciende la corriente de ramal a través del módulo de fase 2a, con una velocidad que está determinada fundamentalmente por la inductancia 14. Si el cortocircuito se produce en el lado de tensión continua de las inductancias 9 en el circuito de tensión continua, también éstas limitan la velocidad de ascenso de corriente. Las inductancias 14 están diseñadas por ejemplo de tal modo, que en el caso de un cortocircuito los semiconductores de potencia desconectables pueden desconectarse todavía dentro del margen de corriente normal de los semiconductores de potencia desconectables. Por este motivo se proporciona una detección y reacción rápidas, que están situadas dentro de un orden de magnitud de unos pocos microsegundos. Después de la desconexión de los semiconductores desconectables ya sólo los diodos de funcionamiento libre conducen la corriente de cortocircuito. Si se utilizan tiristores como elemento de protección, estos deberían activarse después de unos pocos milisegundos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (1) para convertir una corriente eléctrica con al menos un módulo de fase (2a, 2b, 2c), que presenta una conexión de tensión alterna (3) y al menos una conexión de tensión continua (p, n), en donde entre cada conexión de tensión continua (p, n) y cada conexión de tensión alterna (3) está configurado un ramal de módulo de fase (11p, 11n) y en donde cada ramal de módulo de fase (11p, 11n) dispone de un circuito en serie formado por submódulos (15), que en cada caso presentan al menos un semiconductor de potencia (12, 13), en donde cada submódulo (15) presenta un semiconductor de potencia desconectable (12), al que está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre (13) en contrasentido, caracterizado por medios de protección de semiconductores (9, 14, 20) en conexión en paralelo y/o en serie con al menos uno de los semiconductores de potencia (12, 13), en donde los medios de protección de semiconductores (9, 14, 20) comprenden un elemento de protección (20) que está conectado en paralelo al diodo de funcionamiento libre (13) en contrasentido.
- 10 2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de protección es un diodo de funcionamiento libre (20), que presenta una resistencia a la corriente adaptada a la corriente de cortocircuito que se espera.
- 15 3. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de protección es un tiristor.
4. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de protección de semiconductores (9, 14, 20) comprenden inductividades (14), que están dispuestas en cada módulo de fase.
5. Dispositivo (1) según la reivindicación 4, caracterizado porque las inductividades están dispuestas en uno o varios submódulos.
- 20 6. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de protección de semiconductores comprenden inductividades, que están dispuestas en el lado de corriente alterna de los módulos de fase.
7. Dispositivo (1) según la reivindicación 6, caracterizado porque las inductividades son devanados de transformador con una inductividad de dispersión suficiente para limitar la corriente.
- 25 8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de protección de semiconductores comprenden inductividades, que están unidas en el lado de tensión continua (9) a una o a cada conexión de tensión continua.
- 30 9. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada submódulo (15) presenta un primer borne de conexión (19), un segundo borne de conexión (18), un acumulador de energía (17) y un ramal de de semiconductores de potencia (16), que presenta dos semiconductores de potencia desconectables (12a, 12b) conectados en serie y está conectado en paralelo con el acumulador de energía (17), en donde a cada semiconductor de potencia desconectable (12a, 12b) está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre (13a, 13b) en contrasentido y el punto de unión entre el emisor de un primer semiconductor de potencia desconectable (12a) del ramal de semiconductores de potencia (16) y el ánodo del diodo de funcionamiento libre (13a) en contrasentido asociado al primer semiconductor de potencia desconectable (12a) configura el primer borne de conexión (19), y el punto de unión entre los semiconductores de potencia desconectables (12a, 12b) del ramal de semiconductores de potencia (16) y los diodos de funcionamiento libre (13a, 13b) el segundo borne de conexión (18).
- 35 10. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque cada submódulo (5) presenta un primer borne de conexión (18), un segundo borne de conexión (19), un acumulador de energía (17) y un ramal de semiconductores de potencia (16), que presenta dos semiconductores de potencia desconectables (12a, 12b) conectados en serie y está conectado en paralelo con el acumulador de energía (17), en donde a cada semiconductor de potencia desconectable (12a, 12b) está conectado en paralelo un diodo de funcionamiento libre (13a, 13b) en contrasentido y el punto de unión entre el colector de un primer semiconductor de potencia desconectable (12a, 12b) del ramal de semiconductores de potencia y el cátodo de los diodos de funcionamiento libre (13a, 13b) en contrasentido asociados al primer semiconductor de potencia desconectable (12a) configura el primer borne de conexión (18), y el punto de unión entre el primer semiconductor de potencia desconectable (12a, 12b) del ramal de semiconductores de potencia (16) y los diodos de funcionamiento libre (13a, 13b) dispuestos en el mismo el segundo borne de conexión (19).
- 40 45 50 11. Procedimiento para proteger semiconductores de potencia de un dispositivo según la reivindicación 3, en el que se detecta un cortocircuito en el lado de tensión continua del módulo de fase mediante sensores de medición, después de la detección de la corriente de cortocircuito se pasan los semiconductores de potencia desconectables (12a, 12b) a su posición de separación y, a continuación, se pasa el tiristor a su posición de paso.

FIG 1

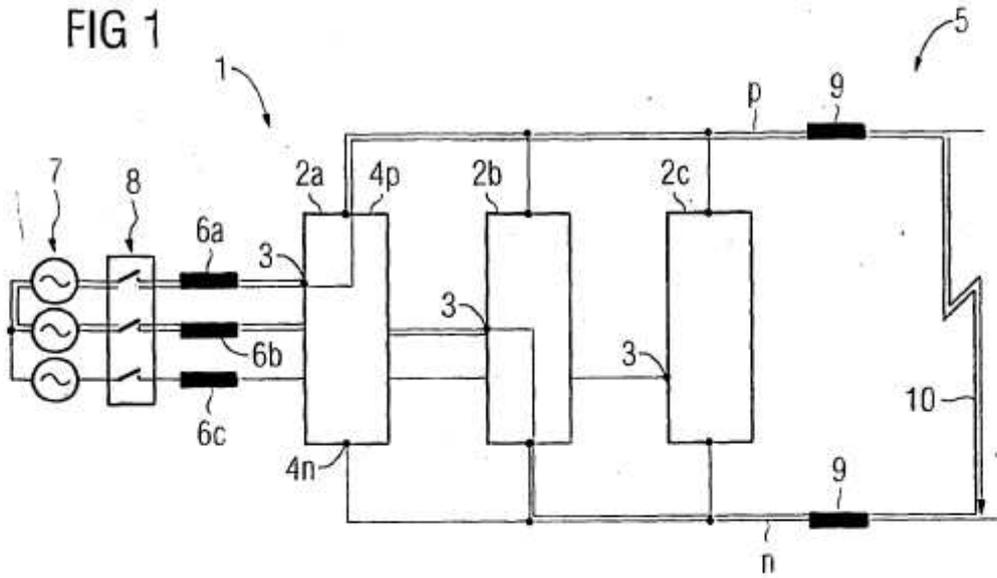


FIG 2

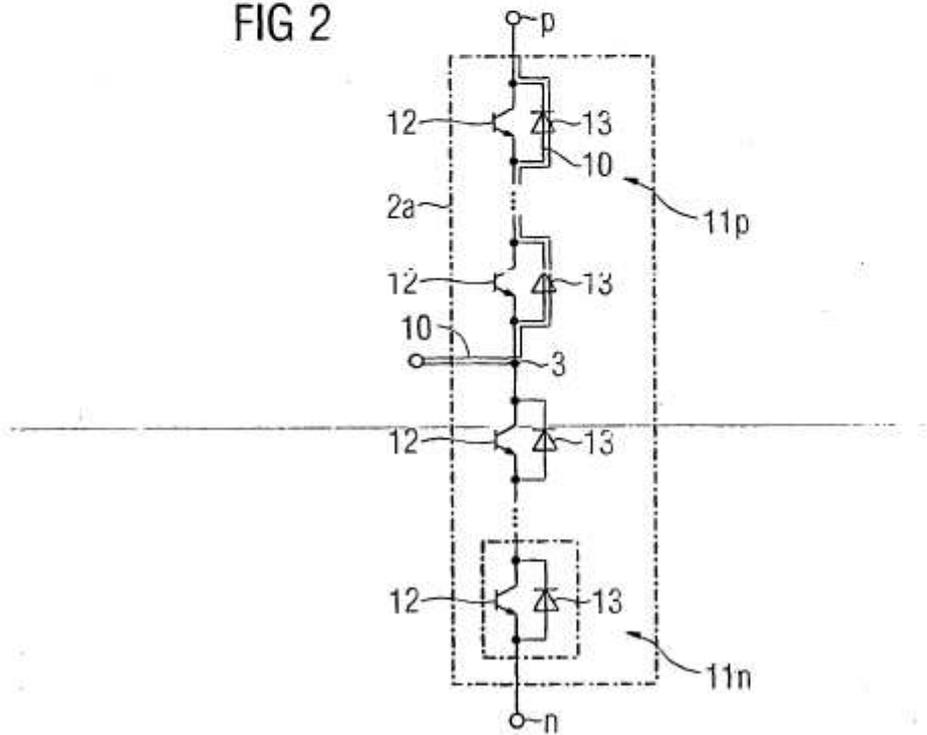


FIG 3

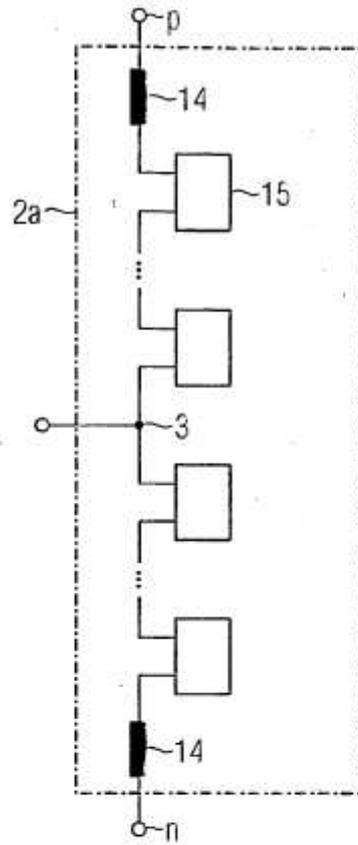


FIG 4

