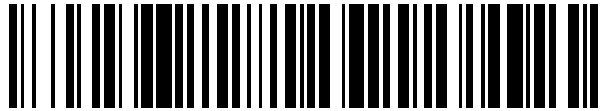


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 426**

51 Int. Cl.:

H01H 33/59 (2006.01)

H01H 9/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2012 PCT/EP2012/054145**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13131582**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012 E 12711812 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2810291**

54 Título: **Dispositivo para conmutar corrientes continuas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2019

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**ERGIN, DOMINIK y
KNAAK, HANS-JOACHIM**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 714 426 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

Dispositivo para conmutar corrientes continuas

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo para conmutar corrientes continuas en un polo de una red de tensión continua, que comprende dos bornes de conexión, entre los cuales se extiende un trayecto de corriente de servicio con un interruptor mecánico, el cual se puede puentear mediante un ramal de desconexión; en donde en el ramal de desconexión está dispuesta una unidad de conmutación de potencia, la cual presenta un circuito en serie de submódulos bipolares con al menos un interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar o desconectar; y en donde están proporcionados medios de conmutación para conmutar la corriente del trayecto de corriente de servicio en el ramal de desconexión.

10 La invención hace referencia, además, a un procedimiento para conmutar corrientes continuas con un dispositivo de este tipo.

15 Un dispositivo de la clase mencionada en la introducción se conoce por la solicitud WO 2011/057675 A1 y por la publicación de J. Häfner y B. Jacobson "Proactive Hybrid HVDC Breakers - A Key Innovation for Reliable HVDC Grids" ("Interruptores HVDC híbridos proactivos": Una innovación clave para redes HVDC fiables"), Simposio "The Electric Power System of the Future - Integrating Super-Grids and Micro-Grids International Symposium" ("El sistema de energía eléctrica del futuro - simposio internacional sobre integración de super-redes y micro-redes"), Bolonia, Italia, del 13 al 15 de septiembre de 2011, página 264 y siguientes. El interruptor de tensión continua allí descrito presenta un trayecto de corriente de servicio con un interruptor mecánico así como un ramal de desconexión, el cual está conectado en paralelo al trayecto de corriente de servicio. En el ramal de desconexión está dispuesto un circuito en serie de interruptores semiconductores de potencia, a los que está conectado respectivamente en paralelo en sentido contrario un diodo libre. Las unidades de conmutación compuestas por los interruptores semiconductores de potencia y los diodos libres están dispuestas en antiserie, en donde los interruptores semiconductores de potencia que pueden desconectarse están dispuestos en serie y para cada interruptor semiconductor de potencia está proporcionado un correspondiente interruptor semiconductor de potencia con dirección de circulación contrapuesta. De este modo, la corriente se puede interrumpir en ambas direcciones en el ramal de desconexión. En el trayecto de corriente de servicio, además del interruptor mecánico, está dispuesto también un interruptor auxiliar electrónico en serie con el interruptor mecánico. En el funcionamiento normal, la corriente fluye a través del trayecto de corriente de servicio y, de este modo, a través del interruptor auxiliar electrónico así como a través de los interruptores mecánicos cerrados, ya que los interruptores semiconductores de potencia del ramal de desconexión representan una elevada resistencia para la corriente continua. Para interrumpir por ejemplo una corriente de cortocircuito, el interruptor auxiliar electrónico se conduce a su posición de seccionamiento. De este modo, la resistencia en el trayecto de corriente de servicio aumenta de tal manera que la corriente continua se conmuta en el ramal de desconexión. El seccionador mecánico rápido puede abrirse por ello sin corriente. La corriente de cortocircuito conducida a través del ramal de desconexión puede interrumpirse mediante los interruptores semiconductores de potencia. Para tomar la energía almacenada en la red de tensión continua y que debe reducirse en la conmutación están previstos descargadores, que están conectados respectivamente en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia del ramal de desconexión.

40 La creciente demanda de energía en todo el mundo y al mismo tiempo el deseo de disminuir las emisiones de CO₂, hacen a las así denominadas energías renovables cada vez más atractivas. Las fuentes de energías renovables son por ejemplo las instalaciones de energía eólica situadas del lado del océano, o también las plantas de energía fotovoltaica situadas en zonas desérticas muy soleadas. Para poder utilizar de manera económica la energía generada de esta manera, resulta de una importancia cada vez mayor, la conexión de las fuentes de energía renovables a una red de abastecimiento de tierra. Por estas razones, se discute cada vez con más intensidad la construcción y el funcionamiento de una red de tensión continua mallada. Pero para ello resulta una condición que las corrientes de cortocircuito, que pueden presentarse en una red de tensión continua mixta de este tipo, puedan ser desconectadas de manera rápida y fiable. Para ello, se requieren sin embargo interruptores de tensión continua que hasta ahora no están disponibles en el mercado. Por el estado del arte se conocen diferentes conceptos para un interruptor de tensión continua de este tipo.

50 En la solicitud DE 694 08 811 T2 se describe un interruptor de tensión continua, en el cual están conectados en serie dos interruptores mecánicos. El circuito en serie compuesto de los dos interruptores mecánicos está protegido de altas sobretensiones mediante un descargador, así como mediante un condensador. Solamente a uno de los interruptores mecánicos está conectado en paralelo un interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar. Cuando se abre el interruptor mecánico se genera un arco voltaico. La tensión presente en el arco voltaico activa el interruptor semiconductor de potencia, con lo cual el interruptor mecánico abierto en paralelo se cortocircuita. El arco voltaico desaparece. La corriente conducida a través del interruptor semiconductor de potencia puede ahora ser interrumpida mediante el correspondiente control del semiconductor de potencia.

En la solicitud US 5,999,388 está descrito un interruptor de potencia de tensión continua que se puede integrar en serie en una línea de tensión continua. El mismo está compuesto de un circuito en serie de interruptores semiconductores de potencia que se pueden conectar y desconectar, a los cuales está respectivamente conectado un diodo libre en paralelo en sentido contrario. Además, a cada interruptor semiconductor de potencia está conectado en paralelo un descargador, por ejemplo un varistor, para limitar la tensión. El interruptor de tensión continua previamente conocido, está realizado completamente electrónico y conmuta por ello considerablemente más rápido que los interruptores mecánicos convencionales en el mercado. En pocos microsegundos, se puede interrumpir una corriente de cortocircuito que fluya a través de un interruptor de tensión continua. Resulta sin embargo desventajoso que también la corriente de servicio debe conducirse a través de los interruptores semiconductores de potencia. De esta manera, se producen altas pérdidas de transmisión.

La solicitud WO 2011/141055 revela un interruptor de tensión continua que se puede conectar en serie a un polo de una red de corriente continua de alta tensión. El interruptor de tensión continua está compuesto de un interruptor mecánico conectado en serie a un interruptor semiconductor de potencia, al cual nuevamente está conectado en paralelo un diodo libre en sentido contrario. En paralelo al circuito en serie de interruptor semiconductor de potencia e interruptor mecánico están conectados un circuito en serie de bobina y condensador, o sea un ramal LC, así como un descargador, el cual limita la tensión presente mediante el ramal LC. También al interruptor semiconductor de potencia está conectado en paralelo un descargador. Tras la apertura del interruptor mecánico, el interruptor semiconductor de potencia se conecta y se desconecta con la frecuencia propia del ramal LC. De esta manera, se genera una oscilación y finalmente un punto cero de corriente en el interruptor mecánico, de modo que el arco voltaico que se genera puede eliminarse. Otro dispositivo se conoce por la solicitud DE 10 2007 004527 A1.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo y un procedimiento de la clase mencionada en la introducción, con los cuales se puedan interrumpir de manera fiable corrientes de fuga en una red de tensión continua; en donde al mismo tiempo se generen mínimas pérdidas de conducción.

La presente invención resuelve dicho objeto en referencia al dispositivo porque los medios de conmutación están dispuestos en el ramal de desconexión y están configurados para generar una corriente circular que fluye a través de la sección puenteada del trayecto de corriente de servicio y del ramal de desconexión; dicha corriente circular es opuesta a la corriente continua que debe ser conmutada.

La invención resuelve dicho objeto además con un procedimiento, en el cual un sensor de corriente detecta el flujo de corriente en el trayecto de corriente de servicio, obteniendo valores de medición de corriente; una unidad de control conectada con el sensor de corriente monitorea los valores de medición de corriente en base a la presencia de un criterio de intervención; y ante la presencia del criterio de intervención activa los medios de conmutación de modo que se genera una corriente circular de tal intensidad que el flujo de corriente se limita mediante el interruptor mecánico a una corriente máxima.

Conforme a la invención, en contraposición al estado del arte mencionado en la introducción, los medios de conmutación ya no están dispuestos en el trayecto de corriente de servicio. Por esta razón, los medios de conmutación ya no actúan como medios de conmutación pasivos que interrumpen el trayecto de corriente de servicio. En lugar de ello, conforme a la invención, se genera de manera activa una contratensión en una malla que se conforma por el ramal de desconexión y por la sección del trayecto de corriente de servicio puenteado por el mismo. La contratensión impresa en la mencionada malla, empuja una corriente circular que circula a través del interruptor mecánico, la cual es opuesta a la corriente que debe ser conmutada. En el caso ideal, ambas corrientes contrapuestas se eliminan mutuamente. En el caso de corrientes de igual intensidad en el trayecto de servicio, la corriente en el interruptor mecánico es cercana a cero. Con otras palabras, la corriente se conduce por los medios de conmutación activos casi completamente a través del ramal de desconexión. A continuación, el interruptor mecánico puede abrir prácticamente sin corriente. Si el interruptor mecánico está abierto en el trayecto de corriente de servicio, entonces, la unidad de conmutación de potencia puede limitar y/o interrumpir la corriente en el ramal de desconexión.

En el marco de la presente invención, el diseño de la unidad de conmutación de potencia es discrecional. Esto vale también para los medios de conmutación. Lo que resulta sin embargo fundamental es que el ramal de desconexión conforme una resistencia eléctrica más elevada que la de la sección del trayecto de corriente de funcionamiento puenteada por el mismo. Además, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia tienen la capacidad de desconectar de manera segura las corrientes de cortocircuito elevadas y por otro lado, de disolver de manera controlada la energía que se libere. En cambio, los medios de conmutación están realizados de modo tal que los mismos generan en la ventana de tiempo mencionada una corriente circular tan elevada que el flujo de corriente a través del interruptor mecánico se puede suprimir y el mismo se puede entonces abrir sin corriente. Para detectar el flujo de corriente en el trayecto de corriente de servicio está proporcionado un sensor de corriente. Naturalmente, también se puede monitorear la tensión en el trayecto de corriente de servicio con respecto al potencial de tierra y/o a la tensión presente a través del interruptor. De manera conveniente, esto vale correspondientemente también para el ramal de desconexión. De manera ventajosa, los medios de conmutación comprenden además del sensor de corriente, una unidad de control y/o de regulación, la cual está conectada con el sensor de medición corriente del

trayecto de corriente de servicio. Los valores de corriente generados por el sensor de medición de corriente se transfieren a la unidad de regulación, la cual evalúa los valores de medición de corriente recibidos a fin de establecer si se presenta un criterio de intervención previamente determinado. Un criterio de intervención de este tipo es por ejemplo un incremento de corriente demasiado alto (di/dt), o cuando los valores de corriente medidos exceden un valor umbral de corriente durante una ventana temporal predeterminada. Pero fundamentalmente en el marco de la invención son posibles combinaciones discrecionales con otros valores de medición de dispositivos de protección o similares, u otros criterios. Si se presenta un criterio de intervención de este tipo, se genera la mencionada corriente circular, de modo que el cortocircuito en ascenso se conmuta en el ramal de desconexión. Si el interruptor mecánico está abierto, la corriente puede limitarse por los submódulo, o si el caso lo requiere también desconectarse. En el marco de la invención, también es posible que el interruptor mecánico se abra sólo durante un período de tiempo limitado, cuando por ejemplo se desea una influencia de la corriente que circula a través de todo el dispositivo.

De manera ventajosa, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia presentan cada uno al menos parcialmente un interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar, y un diodo libre conectado allí de manera paralela en sentido opuesto. Alternativamente a esto, cada submódulo puede presentar también un único interruptor semiconductor de potencia de conducción inversa. Como interruptores semiconductores de potencia se consideran por ejemplo IGBTs, GTOs o similares. Por lo general, un interruptor semiconductor de potencia presenta una pluralidad de chips de interruptor semiconductor de potencia dispuestos en una carcasa. Para conectar las conexiones de carga de los chips de interruptor semiconductor de potencia se utilizan por ejemplo hilos de unión. Sin embargo, de manera diferente, también se pueden implementar en el marco de la invención interruptores semiconductores de potencia de contacto por presión, en los cuales los chips de los interruptores semiconductores de potencia están conectados entre sí del lado de la conexión de carga mediante un contacto por presión. Este tipo de interruptores semiconductores de potencia son sin embargo conocidos por el experto, de modo que no resulta necesario aquí detallar con precisión su conformación.

Conforme a un perfeccionamiento preferido, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia conforman dos grupos, cada uno con una dirección de conducción orientada idénticamente de sus interruptores semiconductores de potencia; en donde los interruptores semiconductores de potencia de un grupo están orientados en oposición a los interruptores semiconductores de potencia del otro grupo. Conforme a este perfeccionamiento preferido, la corriente no sólo puede fluir en las dos direcciones de corriente a través del ramal de desconexión, sino que las corrientes también se pueden desconectar de manera fiable en ambas direcciones. Si la corriente fluye en la primera dirección, se activan los interruptores semiconductores de potencia del primer grupo para interrumpir la corriente en dicha primera dirección. Si la corriente fluye en la contraria segunda dirección, se activan los interruptores semiconductores de potencia del segundo grupo. Los submódulos, en referencia a su efecto, también se pueden por ejemplo dividir en grupos. De esta manera, un primer grupo de submódulos está proporcionado para generar una contratensión en el trayecto de corriente de servicio y con ello para la conmutación. El otro grupo de submódulos, por el contrario, tiene la función de interrumpir el flujo de corriente. Los submódulos pueden también unificar ambas funciones. Dichos submódulos están realizados por ejemplo como puentes completos.

En una conformación preferida de la invención, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia presentan cada uno, al menos parcialmente, un acumulador de energía y un circuito en serie, conectado en paralelo al acumulador de energía, compuesto de dos interruptores semiconductores de potencia que se pueden conectar y desconectar, cada uno con un diodo libre dispuesto allí paralelamente en sentido opuesto; en donde un borne de conexión de submódulo está conectado con un punto potencial entre los interruptores semiconductores de potencia que se pueden conectar y desconectar; y el otro borne de conexión está conectado con un polo del acumulador de energía. Una topología de submódulos de este tipo se denomina también como semipuente.

Naturalmente, en lugar de un único interruptor semiconductor de potencia se puede también instalar un circuito en serie de interruptores semiconductores de potencia que se active sincrónicamente. En ese caso, los interruptores semiconductores de potencia del circuito en serie que se activan sincrónicamente, se comportan exactamente igual que un único interruptor semiconductor de potencia. Esto vale además también para los submódulos que se describen en detalle más adelante, o sea también para el circuito de puente completo o para el circuito de frenado.

Para disipar una energía que se libera durante la conmutación, la cual está almacenada en la red de tensión continua, están previstos para cada submódulo de la unidad de conmutación de potencia al menos un descargador y/o varistor.

Los submódulos de la unidad de conmutación de potencia, los cuales están realizados como semipuentes, pueden interrumpir la corriente solamente en una dirección. Si se debe interrumpir la corriente en dos direcciones, entonces aquí se requiere también la conformación de dos grupos de submódulos; en donde los submódulos de un grupo tienen la función de interrumpir la corriente en una primera dirección; y los submódulos del otro grupo, la función de interrumpir la corriente en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

Conforme a un acondicionamiento preferido de la invención, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia están realizados sin embargo, al menos parcialmente, como un circuito de puente completo, y presentan por ello, un acumulador de energía y dos circuitos en serie paralelos al acumulador de energía, cada uno con dos interruptores semiconductores de potencia que se pueden conectar y desconectar, cada uno con diodos libres paralelos en sentido contrario; en donde un primer borne de conexión está conectado con un punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del primer circuito en serie; y un segundo borne de conexión de submódulo está conectado con un punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del segundo circuito en serie. Un circuito de puente completo de este tipo, es capaz de interrumpir corrientes en ambas direcciones, o sea, con otras palabras, de desconectarlas.

Como ya se ha expuesto, cada submódulo de la unidad de conmutación de potencia presenta de manera conveniente un descargador y/o un varistor conectados en paralelo o bien a un único interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar, o sino en paralelo al acumulador de energía del submódulo.

No obstante, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia están realizados al menos parcialmente como módulos de frenado. Dichos módulos de frenado presentan un acumulador de energía, al cual está conectado en paralelo un primer circuito en serie. El primer circuito en serie está compuesto también de un interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar con un diodo libre en paralelo en sentido contrario y de un diodo orientado en el mismo sentido que el diodo libre. Además, está proporcionado un segundo circuito en serie, el cual también está conectado en paralelo al acumulador de energía. El segundo circuito en serie está compuesto de un interruptor semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar con un diodo libre en paralelo en sentido contrario y de otro diodo orientado en el mismo sentido que el diodo libre. El diodo del segundo circuito en serie puentea una resistencia óhmica. El primer borne de conexión de submódulo está conectado con un polo del acumulador de energía y el segundo borne de conexión de submódulo, con un punto de potencial entre el interruptor semiconductor de potencia y el diodo del primer circuito en serie. Dichos módulos de frenado pueden transformar de manera regulada la energía almacenada en la red y que debe disiparse en la conmutación, en energía térmica y evacuarla a la atmósfera exterior.

Conforme a la invención, los medios de conmutación conforman un circuito en serie de submódulos bipolares; en donde cada submódulo dispone de un acumulador de energía y de un circuito semiconductor de potencia conectado en paralelo al acumulador de energía. Con ayuda del circuito semiconductor de potencia se puede ajustar la tensión de los submódulos bipolares, que se presenta en los bornes de conexión de submódulo. O bien, se lleva la tensión que se presenta en el acumulador de energía a los bornes de conexión de submódulo o bien una tensión nula, o sea nada de tensión. A causa del circuito en serie, la tensión presente en todo el circuito en serie de los submódulos de los medios de conmutación, se puede entonces ajustar gradualmente; en donde la amplitud de los niveles se corresponde con la tensión presente en el acumulador de energía de un módulo.

Como ya se describió en relación a los submódulos de la unidad de conmutación de potencia, la conformación del circuito semiconductor de potencia de los medios de conmutación puede ser un circuito de semipunte o de puente completo. Si el circuito semiconductor de potencia es un circuito de semipunte, entonces está proporcionado solamente un circuito en paralelo de dos interruptores semiconductores de potencia desconectables, cada uno con un diodo libre en paralelo en sentido contrario; en donde un primer borne de conexión de submódulo está conectado con un punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia desconectables; y otro borne de conexión de submódulo está conectado con un polo del acumulador de energía. Los submódulos de los medios de conmutación, realizados como un circuito de semipunte, deben estar orientados de modo que en el trayecto de corriente de servicio se pueda generar una contratensión con una polaridad deseada. Esto resulta ser el caso cuando los circuitos de semipunte de los medios de conmutación están orientados en oposición a los circuitos de semipunte de los submódulos de la unidad de conmutación de potencia.

No obstante, el circuito semiconductor de potencia de los submódulos de los medios de conmutación está realizado conjuntamente con el acumulador de energía como un circuito de puente completo; en donde, como ya ha sido descrito anteriormente, están proporcionados dos circuitos en serie. Los dos circuitos en serie están conectados en paralelo al acumulador de energía y presentan respectivamente dos interruptores semiconductores de potencia que se pueden conectar y desconectar, cada uno con un diodo libre en paralelo en sentido contrario. En lugar de interruptores semiconductores de potencia con diodos libres, también se pueden implementar interruptores semiconductores de potencia de conducción inversa. El punto de potencial entre ambos interruptores semiconductores de potencia está respectivamente conectado con un borne de conexión de submódulo, de modo que en los bornes de conexión de submódulo se puede generar o bien la tensión que se presenta en el acumulador de energía, una tensión nula, o sino la tensión inversa del acumulador de energía. El circuito de puente completo puede entonces generar tensiones que presentan diferentes polaridades. Estas resultan particularmente ventajosas cuando se deben generar contratensiones para corrientes en ambas direcciones. Los submódulos de los medios de conmutación se pueden implementar también para desconectar o limitar la corriente que debe ser conmutada. Esto resulta por ejemplo conveniente cuando tanto los submódulos de la unidad de conmutación de potencia, como también los submódulos de los medios de conmutación, están realizados como puentes completos; en donde los medios de conmutación entonces también están provistos de descargadores, varistores u otras resistencias no

lineales. De manera conveniente, los submódulos de la unidad de conmutación de potencia no se diferencian de los submódulos de los medios de conmutación. Esta identidad comprende también la conexión de los descargadores o varistores.

5 Como acumulador de energía de los submódulos, tanto de los medios de conmutación así como también de la unidad de conmutación de potencia, está proporcionado, por ejemplo, un condensador.

De manera conveniente, está proporcionado un ramal de carga, el cual está conectado o bien con un potencial de tierra, o sino con un polo opuesto. El polo opuesto está polarizado de manera opuesta al polo, con el cual el dispositivo conforme a la invención está conectado al menos en uno de sus bornes de conexión. El ramal de carga dispone de un interruptor, el cual está conectado galvánicamente con uno de sus contactos con un punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia y los medios de conmutación. Si el interruptor se acciona, entonces el ramal de carga se conecta al ramal de desconexión, de modo que una corriente de carga puede fluir tanto a través de los medios de conmutación como también a través de la unidad de conmutación de potencia hacia la tierra, o bien, hacia el polo opuesto. De esta manera, se cargan los acumuladores de energía de los submódulos. Además, en los interruptores semiconductores de potencia se presenta una tensión, la cual se puede utilizar para el abastecimiento de energía de la electrónica de los submódulos. De manera conveniente, el ramal de carga se puede conectar con el punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia y los medios de conmutación. Además, se pueden proporcionar también varios ramales de carga.

Otros acondicionamientos y ventajas convenientes de la invención son objeto de la descripción a continuación, en relación con las figuras de los dibujos, en donde los mismos símbolos de referencia indican componentes de igual función, y donde:

la figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de un interruptor de tensión continua y

las figuras 2 a 5, posibles acondicionamientos de los submódulos para un interruptor de tensión continua conforme a la figura 1.

La figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de ejecución de un dispositivo 1 conforme a la invención, el cual también se puede denominar como un interruptor de tensión continua. El interruptor de tensión continua 1 mostrado allí, presenta un trayecto de corriente de servicio 2, así como un ramal de desconexión 3; en donde en el trayecto de corriente de servicio 2 está dispuesto un interruptor mecánico 4, el cual está puentado por el ramal de desconexión 3. El trayecto de corriente de servicio 2 se extiende entre un primer borne de conexión 21 y un segundo borne de conexión 22. En el ramal de desconexión 3 están dispuestos en serie unos con otros, una unidad de conmutación 5, así como medios de conmutación 6. Además, está proporcionado un ramal de carga 7, el cual presenta un interruptor mecánico 8, así como una resistencia óhmica 9, y el cual conecta el ramal de desconexión 3 con un potencial de tierra, cuando el interruptor 8 está cerrado. Si el interruptor está cerrado, el ramal de carga 7 está conectado con el punto de potencial entre la unidad de conmutación 5 y los medios de conmutación 6.

La unidad de conmutación 5, así como los medios de conmutación 6, presentan respectivamente un circuito en serie de submódulos 10 bipolares. La cantidad de submódulos 10 en la unidad de conmutación 5 depende de la tensión que se debe conmutar. La cantidad de submódulos 10 en los medios de conmutación 6, determina la tensión continua que se puede generar en una malla, la cual está compuesta del ramal de desconexión 3 y de la sección del trayecto de corriente de servicio 2 puentada por el ramal de desconexión 3. La contratensión empuja una corriente circular en la mencionada malla, la cual circula en el trayecto de corriente de servicio que es opuesto a la corriente que debe ser conmutada. De manera conveniente, dichas corrientes se eliminan mutuamente en el interruptor mecánico.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 están representados ejemplos de posibles submódulos 10 para el interruptor de tensión continua conforme a la figura 1. En el caso más sencillo conforme a la figura 2, un submódulo 10 se trata de un interruptor semiconductor de potencia 11 que se puede conectar y desconectar, al cual está conectado en paralelo en sentido contrario un diodo libre 12. A cada interruptor semiconductor de potencia 11, además, está conectado en paralelo un descargador 13. Los submódulos según la figura 2 no se pueden considerar para los medios de conmutación 6, ya que los mismos no pueden generar tensión continua en la malla mencionada. Para ello, resultan sin embargo apropiados submódulos 10, que comprenden, cada uno, un acumulador de energía 14, por ejemplo en forma de un condensador. En el caso de un submódulo según la figura 3, al condensador o al acumulador de energía 14, está conectado en paralelo un circuito en serie 15 compuesto de dos interruptores semiconductores de potencia 11, cada uno con un diodo libre 12 paralelo en sentido contrario. Un primer borne de conexión de submódulo 16 está conectado con el punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia 11 del circuito en serie 15. El otro borne de conexión de submódulo 17 se ubica por el contrario en un polo del condensador 14 unipolar. Por ello, dependiendo del control de los interruptores semiconductores de potencia 11, entre los bornes de conexión 16 y 17 se puede generar o bien la tensión del condensador U_c que se presenta en el condensador, o sino una tensión nula. Para que el fallo de un único submódulo no implique el fallo de todo el interruptor de tensión

continua 1, cada submódulo 10 se puede puentear mediante un interruptor 18 rápido mecánico o electrónico. Además, un diodo 19 o un tiristor tiene la función de dirigir altas corrientes de cortocircuito entre los bornes de conexión 16 y 17. Si el submódulo 10 es parte de la unidad de conmutación de potencia 5, resulta conveniente conectar en paralelo al condensador 14 un descargador 13, tal como está representado de manera figurativa en la figura 1. Un descargador 12 de este tipo no es obligatoriamente necesario para los submódulos 10 de los medios de conmutación 6. Los mismos sirven solamente para generar una corriente circular que fluye a través del interruptor mecánico 4, y con ello para generar un punto cero de corriente en el interruptor mecánico 4. No resulta necesario disipar mediante los medios de conmutación la energía electromagnética que está almacenada en la red. Sin embargo, los submódulos de los medios de conmutación se pueden implementar también para conmutar o limitar una corriente. En estos casos, los mismos presentan también un descargador u otro tipo de resistencia no lineal conectada en paralelo al submódulo.

Los semipuentes según la figura 3, pueden interrumpir un flujo de corriente sólo en una dirección. Un flujo de corriente desde el segundo borne de conexión de submódulo 17, representado en la figura 3, hacia el primer borne de conexión de submódulo 16, se dirigiría mediante el diodo libre 12 no controlado dispuesto entre dichos bornes. Por ello, no resulta posible un control de la corriente.

Una influencia sobre ambas direcciones de corriente puede conseguirse, sin embargo, con un circuito de puente completo conforme a la figura 4. En la figura 4 está ilustrado un submódulo 10 que representa un circuito de puente completo. Al condensador 14 están conectados en paralelo dos circuitos en serie 15 y 20. Cada circuito en serie 15, 20 presenta dos interruptores semiconductores de potencia 11 que se pueden conectar y desconectar, con un diodo libre 12 en sentido contrario. Los bornes de conexión de submódulo 16, 17 están respectivamente conectados con un punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia 11. Si los puentes completos de los medios de conmutación presentan un descargador, entonces, los mismos se pueden considerar también parte de la unidad de conmutación.

Para conectar una red de tensión continua, primero se conecta el borne de conexión 3 del interruptor de tensión continua 1 con la sección de red de tensión continua que se debe conectar. El interruptor 4 está abierto en el trayecto de corriente de servicio 4. A continuación, el interruptor de tensión continua 1 se prepara para funcionar a través del ramal de carga 7, porque el interruptor 8 se cierra y el ramal de descarga 3 se conecta entonces a través de la resistencia óhmica 9 con el potencial de tierra. En el caso de submódulos 10 conforme a la figura 3 o 4, tras la aplicación de una tensión continua en los bornes de conexión 22, que se conecta para ello con un polo de una fuente de tensión continua, se pueden ahora cargar los condensadores 14 de los submódulos 10. Ahora, también está preparada para funcionar la electrónica de control de los interruptores semiconductores de potencia 11, la cual se alimenta a partir de la tensión que se presenta en los interruptores semiconductores de potencia 11 que se pueden desconectar.

Si la unidad de conmutación de potencia 5 está preparada para funcionar, el interruptor 8 del ramal de carga 7 se puede abrir y con un apropiado control de los interruptores semiconductores de potencia 11 de la unidad de conmutación de potencia 5, conectar de manera controlada a la sección de red de tensión continua conectada con el segundo borne de conexión 22; en donde la tensión se eleva en forma de rampa. Esto resulta sin embargo posible sin complicaciones cuando los submódulos 10 de los medios de conmutación 6 conforman, según la figura 3, circuitos de semipunte. En el caso de circuitos de puente completo, conforme a la figura 4, los mismos deben ser o bien puenteados o sino los submódulos 10 tienen que prepararse primero para funcionar, para conducir a continuación a los interruptores semiconductores de potencia 11 a su posición de paso. Para ello, se debería por ejemplo, conectar el ramal de carga con el punto de potencial entre los medios de conmutación 6 y el borne 22. Para ello, se podrían utilizar convenientes interruptores. No obstante, en esta posición está proporcionado un segundo ramal de carga.

La figura 5 muestra otro ejemplo de ejecución de un submódulo 10 para una unidad de conmutación de potencia 5, el cual aquí también se puede denominar módulo frenado. El submódulo 10 presenta nuevamente dos circuitos en serie 15, 20. El primer circuito en serie 15 está compuesto de un semiconductor de potencia que se puede conectar y desconectar, IGBT, con diodo libre 12 paralelo en sentido contrario. En serie al IGBT está conectado un diodo 23. El diodo 23 está en sentido contrario con respecto al mencionado IGBT y por ello está orientado en el mismo sentido que su diodo libre. Además, está proporcionado un segundo circuito en serie 20, el cual también está conectado en paralelo al acumulador de energía 14. El segundo circuito en serie también presenta un IGBT 11 con diodo libre 12 paralelo en sentido contrario, así como un diodo 24 conectado allí en paralelo. El IGBT 11 y el diodo 24 están orientados entre sí en sentido opuesto; en donde al diodo 24 está conectada en paralelo una resistencia óhmica 25. El primer borne de conexión de submódulo 16 está conectado con el punto de potencial entre el diodo 23 y el IGBT. El segundo borne de conexión de submódulo 17 está conectado con un polo del acumulador de energía 14.

El interruptor de tensión continua 1 está ahora preparado para funcionar. Durante el funcionamiento del interruptor de tensión continua, el interruptor 8 se puede abrir o sino también permanecer cerrado. Esto depende de la intensidad de la resistencia óhmica 9 y de las pérdidas que puedan surgir por la misma. En cualquier caso, el interruptor mecánico 9 se puede tratar de un interruptor mecánico lento.

En la descripción de un proceso de desconexión se parte ahora de que la unidad de conmutación de potencia 5 está compuesta de un circuito en serie de submódulos 10, según la figura 4, o sea de circuitos de puente completo. Esto vale correspondientemente para los submódulos 10 de los medios de conmutación 6. En la posición de funcionamiento, el interruptor mecánico 4 está cerrado en el trayecto de corriente de servicio 2. También los interruptores semiconductores de potencia 11 de los submódulos 10 de la unidad de conmutación de potencia 5 y de los medios de conmutación se encuentran en su posición de paso. En este estado de conmutación de los submódulos 10 también resulta posible, en esencia, un flujo de corriente a través del ramal de desconexión 3. Pero, a causa de la mayor resistencia eléctrica del ramal de desconexión 3, comparativamente con el trayecto de servicio 2, la corriente de servicio fluye casi exclusivamente y sin pérdidas a través del trayecto de corriente de servicio 2. Un sensor de medición de corriente 26 dispuesto en el trayecto de corriente de servicio 2 detecta la corriente de servicio que fluye a través del trayecto de corriente de servicio 2, obteniendo valores de medición de corriente. El mencionado sensor de medición de corriente 26 está conectado con una unidad de regulación 27 del interruptor de tensión continua 1, con el cual resulta posible un control o regulación de los interruptores semiconductores de potencia 11 de los submódulos 10. La unidad de regulación 27 monitorea los valores de medición de corriente enviados por el sensor de medición de corriente en busca de la presencia de un criterio de error. Un criterio de error de este tipo, es por ejemplo un rápido incremento de corriente inusual, o se presenta cuando la corriente también excede un valor umbral de corriente durante un período de tiempo predeterminado. Si se presenta un criterio de error de este tipo, los medios de conmutación 6 inducen una tensión continua en la malla compuesta del ramal de desconexión 3 y la sección de trayecto de corriente de servicio puenteada. Dependiendo del tipo de criterio de error establecido, la tensión continua se ajusta de tal modo que durante un período de tiempo preestablecido por la topología de los medios de conmutación, en la mencionada malla se ajusta una corriente circular orientada en sentido contrario a la corriente de cortocircuito. La corriente de cortocircuito y la corriente circular contraria se adicionan hasta casi cero. En este caso, el interruptor mecánico 4 puede abrir casi sin corriente, sin que en la separación de sus contactos se provoque un arco voltaico indeseado. Dicho arco voltaico, podría provocar un gran daño en el interruptor de tensión continua 1. Particularmente después de la apertura del interruptor mecánico 4, la corriente fluye a través del ramal de desconexión 3 dispuesto en paralelo al interruptor. Cuando el interruptor ya está abierto, los submódulos 10 de la unidad de conmutación 5 y de los medios de conmutación pueden llevarse a su posición de seccionamiento, de modo que el flujo de corriente se interrumpe completamente mediante a través del dispositivo 1. La energía de conmutación que se libera aquí, se disipa por medio de los descargadores 13, los cuales después de que se excede una tensión límite, se comportan como una resistencia óhmica, y los cuales, a causa de la corriente que fluye a través de ellos, se calientan, y de esta manera descargan térmicamente al ambiente exterior la energía almacenada en la red. Para concluir, debe indicarse que también pueden estar proporcionados otros sensores de medición de corriente 26 o sensores de tensión, con los cuales se refuerce la regulación del dispositivo. Además, los medios de conmutación también pueden presentar descargadores, los cuales estén conectados en paralelo a los submódulos.

Es importante reiterar que en el caso de que el interruptor 4 esté abierto, sólo una parte de los submódulos puede llevarse a su posición de bloqueo. En el caso de submódulos bloqueados, a partir de una cierta tensión límite, la corriente fluye a través del descargador conectado respectivamente en paralelo. En el caso de puentes completos, el descargador está conectado en paralelo, por ejemplo, al acumulador de energía y de este modo al condensador. Si la tensión que se presenta en el condensador excede la tensión límite del descargador, el mismo se comporta como una resistencia óhmica, de modo que se obtiene una limitación de la corriente. Mientras más submódulos sean llevados a su posición de bloqueo, mayor será la resistencia y mayor será la limitación.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para conmutar corrientes continuas en un polo de una red de tensión continua, que comprende:

- dos bornes de conexión (21, 22), entre los cuales se extiende un trayecto de corriente de servicio (2) con un interruptor (4) mecánico;

5 - el cual se puede puentear mediante un ramal de desconexión (3);

- en donde están proporcionados medios de conmutación (6) para conmutar la corriente del trayecto de corriente de servicio (2) en el ramal de desconexión (3);

10 - en donde los medios de conmutación (6) están dispuestos en el ramal de desconexión (3) y están configurados para generar una corriente circular que circula a través de la sección puenteada del trayecto de corriente de servicio (2) y el ramal de desconexión (3); dicha corriente circular es opuesta a la corriente continua que debe ser conmutada;

caracterizado porque

15 en el ramal de desconexión (3) está dispuesta una unidad de conmutación de potencia (5) para limitar o para interrumpir completamente la corriente continua, la cual presenta un circuito en serie de submódulos (10) bipolares con al menos un interruptor semiconductor de potencia (11) que se puede conectar o desconectar; y porque los medios de conmutación (6) conforman un circuito en serie de submódulos (10) bipolares; en donde cada submódulo (10) de los medios de conmutación dispone de un acumulador de energía (14) y de un circuito semiconductor de potencia conectado en paralelo al acumulador de energía (14).

20 2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque los submódulos (10) de la unidad de conmutación de potencia presentan cada uno al menos parcialmente un interruptor semiconductor de potencia (11) que se puede conectar o desconectar, y un diodo libre (12) conectado allí de manera paralela en sentido opuesto.

25 3. Dispositivo (1) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque los submódulos (10) de la unidad de conmutación de potencia (5) conforman dos grupos, cada uno con una dirección de conducción orientada idénticamente de sus interruptores semiconductores de potencia (11); en donde los interruptores semiconductores de potencia (11) de un grupo están orientados en oposición a los interruptores semiconductores de potencia (11) del otro grupo.

30 4. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los submódulos (10) de la unidad de conmutación de potencia (5) presentan cada uno, al menos parcialmente, un acumulador de energía (14) y un circuito en serie (15), conectado en paralelo al acumulador de energía (14), compuesto de dos interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar, con diodos libres (12) dispuestos allí paralelamente en sentido opuesto; en donde un borne de conexión de submódulo (16) está conectado con un punto potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar; y el otro borne de conexión de submódulo (17) está conectado con un polo del acumulador de energía (14).

35 5. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los submódulos (10) de la unidad de conmutación de potencia (5) presentan, al menos parcialmente, un acumulador de energía (14) y dos circuitos en serie (15,20), conectados en paralelo al acumulador de energía (14), cada uno con dos interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar, con diodos libres (12) paralelos en sentido opuesto; en donde un primer borne de conexión de submódulo (16) está conectado con un punto potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia (11) del primer circuito en serie (15); y un segundo borne de conexión de submódulo (17) está conectado con el punto potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia (11) del segundo circuito en serie (20).

40 6. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la unidad de conmutación de potencia (5) comprende varistores y/o descargadores (13) conectados en paralelo al menos a un submódulo (10).

45 7. Dispositivo (1) según la reivindicación 6, caracterizado porque los varistores y/o los descargadores (13), al menos parcialmente, están conectados en paralelo al acumulador de energía (14).

8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los submódulos (10) de la unidad de conmutación de potencia (5) están realizados al menos parcialmente como módulos de frenado y presentan un acumulador de energía (14), al cual están conectados en paralelo un primer circuito en serie (15) de un

- 5 interruptor semiconductor de potencia (11) desconectable, con un diodo libre paralelo en sentido contrario, y de un diodo orientado en el mismo sentido que el diodo libre; y un segundo circuito en serie de un interruptor semiconductor de potencia desconectable, con un diodo libre paralelo en sentido contrario, y de otro diodo orientado en el mismo sentido que el diodo libre; en donde el diodo del segundo circuito en serie puentea una resistencia óhmica; el primer borne de conexión de submódulo está conectado con un polo del acumulador de energía; y el segundo borne de conexión de módulo está conectado con un punto de potencial entre el interruptor semiconductor de potencia desconectable y el diodo del primer circuito en serie.
- 10 9. Dispositivo (1) según una de la reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el circuito semiconductor de potencia conforma un circuito en paralelo (15) de dos interruptores semiconductores de potencia (11) desconectables, cada uno con un diodo libre (12) paralelo en sentido contrario; en donde un primer borne de conexión de submódulo (16) está conectado con un punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (11) desconectables; y otro borne de conexión de submódulo (17) está conectado con un polo del acumulador de energía (14).
- 15 10. Dispositivo (1) según una de la reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el circuito semiconductor de potencia conforma dos circuitos en serie (15, 20), cada uno de dos interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar, cada uno con diodos libres (12) paralelos en sentido opuesto; en donde el punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar, del primer circuito en serie (15) está conectado con el primer borne de conexión de submódulo (16); y punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (11) que se pueden conectar y desconectar, del segundo circuito en serie (20) está conectado con el segundo borne de conexión de submódulo (17).
- 20 11. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por un ramal de carga (7) conectado con un potencial de tierra o con un polo opuesto, polarizado de manera opuesta al polo.
12. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en el ramal de carga (7) se encuentra dispuesta una resistencia óhmica (9).
- 25 13. Procedimiento para conmutar corrientes continuas en un polo de una red de tensión continua, que comprende dos bornes de conexión (21, 22), entre los cuales se extiende un trayecto de corriente de servicio (2) con un interruptor (4) mecánico, el cual se puede puentear mediante un ramal de desconexión (3); en donde en el ramal de desconexión (3) está dispuesta una unidad de conmutación de potencia (5) para limitar o para interrumpir completamente la corriente continua, la cual presenta un circuito en serie de submódulos (10) bipolares con al menos un interruptor semiconductor de potencia (11) que se puede conectar o desconectar; en donde los medios de conmutación (6) dispuestos en el ramal de desconexión (3) están configurados para generar una corriente circular que fluye a través de la sección puenteada del trayecto de corriente de servicio (2); en donde los medios de conmutación (6) conforman un circuito en serie de submódulos (10) bipolares; y en donde cada submódulo (10) de los medios de conmutación dispone de un acumulador de energía (14) y de un circuito semiconductor de potencia conectado en paralelo al acumulador de energía (14); en el cual:
- 30 - un sensor de corriente detecta el flujo de corriente en el trayecto de corriente de servicio, obteniendo valores de medición de corriente;
- una unidad de control conectada con el sensor de corriente monitorea los valores de medición de corriente en base a la presencia de un criterio de intervención; y
- 40 - ante la presencia del criterio de intervención activa los medios de conmutación (6) de modo que se genera una corriente circular de tal intensidad que el flujo de corriente se limita, mediante el interruptor (4) mecánico, a una corriente máxima;
- a continuación el interruptor (4) mecánico se abre y
- 45 - mediante la unidad de conmutación de potencia (5) la corriente se limita o se interrumpe completamente en el ramal de desconexión (3).
14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque el flujo de corriente se limita a una corriente máxima de aproximadamente cero y a continuación se abre el interruptor (4) mecánico.
15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque el interruptor (4) mecánico se abre y la corriente que circula a través del ramal de desconexión (3) se limita durante un período de tiempo predeterminado, a una corriente de fuga máxima preestablecida.

