

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 098**

51 Int. Cl.:

H01H 9/54 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2014 PCT/EP2014/051100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15110142**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2014 E 14703039 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 3072143**

54 Título: **Dispositivo para conectar una corriente continua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.02.2018

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**DORN, JÖRG;
ERGIN, DOMINIK y
GAMBACH, HERBERT**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 654 098 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 conectar una corriente continua

5 La invención se refiere a un dispositivo para conectar una corriente continua con un circuito de corriente de servicio que presenta un interruptor mecánico, un circuito de corriente de desconexión conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio y que presenta un interruptor electrónico de potencia, y un medio de conmutación que posibilita una conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio al circuito de corriente de desconexión.

Además, la invención se refiere a un procedimiento para desconectar una corriente continua con un dispositivo de este tipo.

10 Un dispositivo del tipo mencionado al principio se conoce por la solicitud de patente internacional WO 2013/131582 A1. En este dispositivo conocido, el medio de conmutación presenta una conexión serie de submódulos bipolares, disponiendo cada submódulo de un acumulador de energía y de un circuito semiconductor de potencia. A fin de cargar el acumulador de energía de los submódulos está prevista una ramificación de carga que une el circuito de corriente de desconexión que presenta potencial de alta tensión con potencial de puesta a tierra. El suministro de energía del medio de conmutación requiere aquí un esfuerzo considerable.

15 La invención se basa en el objetivo de exponer un dispositivo y un procedimiento con los que puedan conectarse de manera sencilla y económica corrientes continuas de manera segura. Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un dispositivo según la reivindicación 1 y mediante un procedimiento según la reivindicación 12. Configuraciones ventajosas del dispositivo y del procedimiento se exponen en las reivindicaciones dependientes.

20 Se divulga un dispositivo para conectar una corriente continua, con un circuito de corriente de servicio que presenta un interruptor mecánico, un circuito de corriente de desconexión conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio y que presenta un interruptor electrónico de potencia, y un medio de conmutación que posibilita la conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio al circuito de corriente de desconexión, presentando el medio de conmutación un transformador. A este respecto es especialmente ventajoso que la conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio al circuito de corriente de desconexión tenga lugar por medio de un transformador.

25 El dispositivo puede estar diseñado de tal modo que el transformador presente un primer devanado y un segundo devanado, separados galvánicamente. Debido a ello se consigue ventajosamente una separación galvánica, de modo que el circuito de corriente de desconexión está separado galvánicamente con respecto a las demás unidades conectadas al transformador.

30 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que entre el primer devanado y el segundo devanado del transformador esté dispuesto un aislamiento eléctrico resistente a la alta tensión. Así puede implementarse ventajosamente una gran diferencia de potencial entre el circuito de corriente de desconexión y las demás unidades conectadas al transformador.

35 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que el circuito de corriente de desconexión presente una conexión serie del segundo devanado del transformador y el interruptor electrónico de potencia. Esta configuración posibilita, ventajosamente, incorporar por medio del segundo devanado del transformador una tensión de conmutación al circuito de corriente de desconexión.

40 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que el primer devanado del transformador esté unido con una unidad de alimentación, por medio de la cual puede influirse en, en particular ajustarse, la tensión aplicada al segundo devanado del transformador. En esta configuración, con ayuda de la unidad de alimentación puede influirse en, o ajustarse, la tensión aplicada al segundo devanado del transformador (tensión de conmutación).

45 El dispositivo también puede estar diseñado, ventajosamente, de tal modo que la unidad de alimentación presente un convertidor. Con ayuda del convertidor puede aplicarse al primer devanado del transformador una tensión variable dentro de unos límites amplios, de modo que de este modo puede influirse o, o ajustarse, la tensión aplicada al segundo devanado del transformador dentro de unos límites amplios.

50 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que la unidad de alimentación presente un acumulador de energía, en particular un condensador. Una unidad de alimentación con un acumulador de energía de este tipo posibilita, ventajosamente, un funcionamiento del dispositivo autosuficiente energéticamente. Esto es especialmente ventajoso, por ejemplo, en caso de corte de la corriente en una red de alta tensión de corriente continua a la que esté conectado el dispositivo.

El dispositivo puede estar diseñado, a este respecto, de tal modo que el acumulador de energía esté equipado para acumular la energía eléctrica necesaria para la conmutación. A este respecto, la capacidad eléctrica del acumulador de energía se elige en particular de tal modo que el acumulador de energía acumule una energía eléctrica suficientemente grande como para llevar a cabo la operación de conmutación completa.

5 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que el interruptor electrónico de potencia esté configurado para conducir la corriente continua en ambos sentidos y para desconectar tal corriente continua (es decir para desconectar corrientes continuas que fluyen en ambos sentidos). Esto posibilita desconectar con el dispositivo una corriente continua que fluye en el circuito de corriente de servicio en un sentido. No obstante, en caso necesario puede desconectarse con el dispositivo también una corriente continua que fluye en el circuito de corriente de servicio en el sentido contrario.

El dispositivo puede estar construido, a este respecto, de tal modo que el interruptor electrónico de potencia presente una conexión antiserie de varios módulos interruptores. A este respecto, cada módulo interruptor puede presentar un elemento interruptor y un diodo conectado en antiparalelo. El elemento interruptor puede ser, en particular, un interruptor de semiconductor de potencia.

15 El dispositivo también puede estar diseñado de tal modo que el circuito de corriente de servicio y el circuito de corriente de desconexión presenten potencial de alta tensión, y que el primer devanado del transformador y la unidad de alimentación presenten potencial de baja tensión. En particular, el primer devanado del transformador y la unidad de alimentación pueden estar unidos con potencial de puesta a tierra. Esto posibilita, ventajosamente, el uso del dispositivo en redes de corriente continua de alta tensión, para desconectar corrientes continuas en ramificaciones de estas redes de corriente continua de alta tensión.

Se divulga además un procedimiento para desconectar una corriente continua en un dispositivo con

- un circuito de corriente de servicio que presenta un interruptor mecánico,
- un circuito de corriente de desconexión conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio y que presenta un interruptor electrónico de potencia, y
- 25 - un medio de conmutación que posibilita una conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio al circuito de corriente de desconexión y que presenta un transformador, en el que, en el procedimiento,
 - la corriente continua fluye en primer lugar por el circuito de corriente de servicio, estando el interruptor mecánico cerrado,
 - por medio del transformador se incorpora (introduce) en el circuito de corriente de desconexión una tensión de conmutación,
 - 30 - debido a la tensión de conmutación se genera una corriente de conmutación que fluye por el circuito de corriente de desconexión y por el circuito de corriente de servicio, estando dirigida la corriente de conmutación en el circuito de corriente de servicio en sentido contrario a la corriente continua,
 - debido a la corriente de conmutación disminuye la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio, y
 - 35 - como consecuencia se abre el interruptor mecánico.

A este respecto es particularmente ventajoso que, por medio del transformador, se incorpore la tensión de conmutación en el circuito de corriente de desconexión. Esto posibilita la incorporación de la tensión de conmutación en el circuito de corriente de desconexión en caso de una separación galvánica implementada por medio del transformador, en particular en caso de una separación de potencial completa. En este procedimiento, el dispositivo puede estar construido conforme a todas las variantes anteriormente expuestas.

El procedimiento puede estar diseñado de tal modo que el interruptor mecánico solo pueda abrirse cuando un valor característico de la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio se sitúe por debajo de un valor umbral predeterminado. En particular, el interruptor mecánico solo puede abrirse cuando la intensidad de corriente de la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio se sitúa por debajo de un valor umbral predeterminado.

45 Un valor característico de este tipo puede ser, por ejemplo, un valor de medición $i(t)$ de la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio, un promedio de la corriente medida durante un intervalo de tiempo predefinido u otro valor referido a la corriente. En el caso ideal, el interruptor mecánico solo se abre cuando la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio haya alcanzado el valor de cero. No se produce entonces, al abrirse el interruptor

mecánico, ningún arco voltaico. En la práctica, el interruptor mecánico puede abrirse, sin embargo, ya cuando la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio se sitúa por debajo de un valor umbral (bajo) predefinido. Debido a la baja corriente que todavía fluye entonces, si bien con el interruptor mecánico se produce un (pequeño) arco voltaico, este es, sin embargo, inofensivo en caso de resistencia a arcos voltaicos apropiada del interruptor.

- 5 El procedimiento también puede ejecutarse de tal modo que (una vez abierto el interruptor mecánico) la corriente que fluye por el circuito de corriente de desconexión se desconecte por medio del interruptor electrónico de potencia.

Así, por medio del interruptor electrónico de potencia se desconecta la corriente continua, conmutada por el circuito de corriente de servicio al circuito de corriente de desconexión, con lo cual es posible una rápida desconexión de la corriente continua.

- 10 El procedimiento también puede estar implementado de tal modo que el circuito de corriente de servicio y el circuito de corriente de desconexión funcionen al potencial de alta tensión, y que el primer devanado del transformador y la unidad de alimentación funcionen al potencial de baja tensión, en particular estén unidos con potencial de puesta a tierra.

El procedimiento presenta además las ventajas anteriormente expuestas en relación con el dispositivo.

- 15 A continuación se explica más detalladamente la invención con ayuda de ejemplos de realización. A este respecto se representa en

la figura 1 un diagrama básico de un dispositivo a modo de ejemplo,

la figura 2 un diagrama detallado del dispositivo,

- 20 la figura 3 un ejemplo de realización de un módulo interruptor con un interruptor de semiconductor de potencia y un diodo de marcha libre,

la figura 4 un ejemplo de realización de un interruptor electrónico de potencia con varios módulos interruptores,

la figura 5 otro ejemplo de realización de un interruptor electrónico de potencia con varios módulos interruptores y

- 25 la figura 6 un ejemplo de realización de un módulo interruptor, que está diseñado como un módulo de *chopper* de frenado.

En la figura 1 está representado un ejemplo de realización de un dispositivo 1 para conectar una corriente continua I1. Este dispositivo 1 también puede denominarse interruptor de corriente continua 1. El dispositivo 1 presenta una primera conexión 3, que está unida eléctricamente con un circuito de corriente de servicio 5. El circuito de corriente de servicio presenta un interruptor mecánico 7, un contacto del cual está unido eléctricamente con la primera conexión 3 y cuyo otro contacto está unido eléctricamente con una segunda conexión 9. La primera conexión 3 está unida con un primer conductor 11 de una red de corriente continua de alta tensión, no representada en más detalle, y la segunda conexión 9 está unida con un segundo conductor 13 de esta red de corriente continua de alta tensión. En el estado conectado del dispositivo 1, el interruptor mecánico 7 está cerrado. En la figura 1, el interruptor mecánico 7 está representado en el estado abierto, pero a continuación se supondrá en la descripción que el interruptor mecánico (a diferencia de la representación en la figura 1) está cerrado. En el estado conectado, la corriente continua I1 eléctrica fluye desde el primer conductor 11 a través de la primera conexión 3, el interruptor mecánico 7 cerrado del circuito de corriente de servicio 5 y la segunda conexión 9 hasta el segundo conductor 13. En el estado cerrado, el interruptor mecánico 7 tiene una resistencia de paso muy baja, por lo que en el flujo de corriente solo se producen a través del interruptor mecánico 7 pérdidas eléctricas pequeñas. Por tanto, el dispositivo 1 es capaz de conducir, en el estado conectado, la corriente eléctrica con solo pérdidas de paso eléctricas pequeñas.

El dispositivo 1 presenta además un circuito de corriente de desconexión 15, que está conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio 5. Este circuito de corriente de desconexión 15 está implementado, en el ejemplo de realización, como una conexión serie eléctrica de un interruptor electrónico de potencia 17 y un segundo devanado 19 de un transformador 21. Un primer devanado 23 del transformador 21 está unido eléctricamente con una unidad de alimentación 25. El transformador 21 y la unidad de alimentación 25 forman un medio de conmutación.

El primer devanado 23 del transformador 21 es el devanado primario, y el segundo devanado 19 del transformador 21 es el devanado secundario. El primer devanado 23 y el segundo devanado 19 están separados galvánicamente, y entre el primer devanado 23 y el segundo devanado 19 está dispuesto un aislamiento eléctrico 27 resistente a la alta tensión. Debido a ello existe una separación galvánica entre el segundo devanado 19 y la unidad de

alimentación 25. De este modo pueden implementarse la unidad de alimentación 25 y el segundo devanado 19 a un potencial eléctrico totalmente diferente. En particular, el potencial del segundo devanado 19 (al igual que también el potencial del interruptor mecánico 7, del interruptor electrónico de potencia 17, de la primera conexión 3 y de la segunda conexión 9) puede estar diseñado como potencial de alta tensión 29, mientras que el primer devanado 23 y la unidad de alimentación 25 presentan potencial de baja tensión 31. A este respecto es especialmente ventajoso que el suministro de energía de la unidad de alimentación 25 pueda tener lugar al potencial de baja tensión 31, por lo que es innecesario un caro y complejo suministro de energía al potencial de alta tensión 29. Además es ventajoso que también el control de elementos de la unidad de alimentación pueda tener lugar con potencial de baja tensión 31. La electrónica de potencia de la unidad de alimentación 25 puede implementarse debido a ello igualmente al potencial de baja tensión o al potencial de puesta a tierra. Por tanto solo es necesario un pequeño esfuerzo de aislamiento para la unidad de alimentación 25, ya que esta se encuentra al potencial de baja tensión o al potencial de puesta a tierra.

La unidad de alimentación 25 genera una tensión eléctrica que se aplica al primer devanado 23 del transformador 21. De este modo, la unidad de alimentación es capaz de influir en la tensión aplicada al segundo devanado 19 del transformador como consecuencia de la inducción. La unidad de alimentación 25 y el transformador 21 sirven, por tanto, para incorporar en el circuito de corriente de desconexión 15 una tensión que sirve como tensión de conmutación. Esta tensión de conmutación está representada en la figura 1 con una flecha de tensión U_k . El circuito de corriente eléctrica con el interruptor mecánico 7, el interruptor electrónico de potencia 17 y el transformador 21 forman un bucle de conmutación del dispositivo 1. La incorporación de la tensión de conmutación U_k en el circuito de corriente de desconexión 15 posibilita una conmutación activa, es decir la activación de la operación de conmutación por medio de la tensión de conmutación U_k .

En el estado conectado del dispositivo 1, el interruptor mecánico 7 y el interruptor electrónico de potencia 17 están cerrados (conectados). En este estado conectado, la corriente continua I_1 fluye casi por completo por el circuito de corriente de servicio 5 a través del interruptor mecánico 7, porque el interruptor mecánico 7 presenta una resistencia de paso sustancialmente menor que el interruptor electrónico de potencia 17. Cuando la corriente continua I_1 ha de desconectarse por medio del dispositivo 1, entonces esto no es posible en el caso de una alta corriente continua I_1 únicamente abriendo el interruptor mecánico 7. En caso de desconectar una alta corriente I_1 únicamente por medio del interruptor mecánico 7 se produciría concretamente un arco voltaico en el interruptor mecánico 7, que podría dañarlo o destruirlo. Por tanto, para desconectar la corriente continua I_1 se desvía/conmuta del circuito de corriente de servicio 5 al circuito de corriente de desconexión 15; tiene lugar una conmutación de la corriente I_1 desde el circuito de corriente de servicio 5 al circuito de corriente de desconexión 15. Para llevar a cabo esta conmutación se aplica, por medio de la unidad de alimentación 25, una tensión eléctrica al primer devanado 23 del transformador 21.

Debido a esta tensión fluye una corriente por el primer devanado del transformador. Debido a la variación de corriente en el primer devanado 23 del transformador se induce en el segundo devanado 19 la tensión de conmutación U_k . Debido a la tensión de conmutación U_k fluye en el bucle de conmutación (es decir en el lazo formado por el circuito de corriente de servicio 5 y el circuito de corriente de desconexión 15) una corriente de conmutación I_k . Esta corriente de conmutación I_k está dirigida en el circuito de corriente de servicio en sentido contrario a la corriente I_1 que ha de desconectarse. Mediante esta corriente de conmutación dirigida en sentido contrario se reduce la corriente continua en el circuito de corriente de servicio 5.

En cuanto un valor característico de la corriente continua I_1 se sitúa por debajo de un valor umbral predeterminado, el interruptor mecánico 7 se abre. Un valor característico de este tipo de la corriente continua I_1 puede ser, por ejemplo, el valor instantáneo $i(t)$ de la corriente I_1 , que se mide en el circuito de corriente de servicio. En el caso ideal, el interruptor mecánico 7 solo se abre cuando la corriente continua I_1 que fluye por el interruptor mecánico 7 ha alcanzado el valor de cero. En este caso no se produce en el interruptor mecánico 7 ningún arco voltaico en absoluto. No obstante, el interruptor mecánico 7 también puede abrirse ya cuando la corriente continua I_1 que fluye por el interruptor mecánico 7 ha alcanzado un valor pequeño (por ejemplo cuando la corriente continua I_1 se sitúa por debajo del valor de 100 A). En este caso, si bien se produce al abrir el interruptor mecánico 7 un arco voltaico, con una configuración resistente a arcos voltaicos apropiada del interruptor mecánico 7, este no resultará sin embargo dañado por este (débil) arco voltaico. Cuando la corriente continua en el circuito de corriente de servicio 5 ha alcanzado el valor de cero y se ha extinguido un eventual arco voltaico en el interruptor mecánico 7, entonces el tramo de aislamiento del interruptor mecánico 7 puede absorber tensión.

Cuando la corriente continua I_1 que fluye por el circuito de corriente de servicio se vuelve cada vez menor debido a la corriente de conmutación I_k , en contraposición la corriente continua que fluye por el circuito de corriente de desconexión 15 se vuelve cada vez mayor. La corriente continua I_1 conmuta por tanto desde el circuito de corriente de servicio 5 al circuito de corriente de desconexión 15. Una vez conmutada la corriente continua I_1 (por completo o casi por completo) al circuito de corriente de desconexión 15, el interruptor electrónico de potencia 17 se abre y se desconecta así la corriente continua I_1 . El interruptor electrónico de potencia 17 es capaz de absorber la energía de interrupción que se produce con la desconexión y convertirla en energía térmica. Así finaliza la desconexión de la corriente continua I_1 .

En la figura 2, el dispositivo 1 de la figura 1 está representado en más detalle. Puede observarse que el interruptor electrónico de potencia 17 presenta varios módulos interruptores 210 conectados en serie, a los que está conectado en cada caso un derivador 213 en paralelo. El derivador puede estar configurado, por ejemplo, como varistor de óxido metálico. Tales varistores de óxido metálico presentan una curva característica especialmente ventajosa. El derivador sirve para absorber o convertir la energía de interrupción que se produce con la desconexión. Además, el derivador 213 sirve en cada caso para proteger el módulo interruptor 210 frente a picos de sobretensión.

El interruptor electrónico de potencia 17 también puede estar implementado de tal modo que este solo presente un módulo interruptor 210 con un derivador 213 conectado en paralelo. Entonces, este módulo interruptor está configurado de manera resistente a la tensión, de tal manera que este módulo interruptor puede absorber toda la tensión aplicada al interruptor electrónico de potencia 17. Sin embargo, cuando el interruptor electrónico de potencia 17 –tal como está representado en la figura 2– presenta varios módulos interruptores 210 conectados en serie, entonces la tensión que ha de conectarse se reparte entre los módulos interruptores, de modo que estos módulos interruptores 210 en cada caso solo tienen que aceptar una resistencia a la tensión menor. Por tanto pueden utilizarse módulos interruptores económicos con menor tensión de interrupción admisible.

Además, en la figura 2 está representado que la unidad de alimentación 25 presenta un convertidor 228 y un acumulador de energía 230. El acumulador de energía 230 puede estar diseñado, por ejemplo, como condensador 230. El acumulador de energía 230 acumula, en el estado conectado del dispositivo 1, la energía eléctrica necesaria para la conmutación de la corriente continua I1. Al acumulador de energía 230 se le puede suministrar energía eléctrica, por ejemplo, desde una red de baja tensión convencional, por ejemplo una red de corriente alterna de 380 voltios. Cuando el acumulador de energía 230 está cargado permite un funcionamiento del dispositivo 1 autosuficiente energéticamente, incluso caso de que la red de suministro de energía que abastece al acumulador de energía 230 sufra un corte.

El convertidor 228 sirve para alimentar el transformador 21. Como convertidor 228 puede utilizarse un convertidor convencional, conocido por el experto en la técnica, por ejemplo un convertidor construido en conexión de puente. La conexión del convertidor 228 puede estar realizada también de manera diferente; pueden usarse en este caso por ejemplo también convertidores estándar, disponibles para accionamientos industriales para diferentes potencias.

Por medio del convertidor 228 puede controlarse la corriente primaria que fluye por el primer devanado 23 del transformador 21 dentro de unos límites amplios. De este modo es posible controlar de manera dirigida la operación de conmutación.

Por ejemplo, por medio del convertidor 228 puede aplicarse al primer devanado 23 del transformador 21 una tensión continua. Como consecuencia fluye, momentáneamente, en el primer devanado 23 (que constituye una inductancia) una corriente linealmente ascendente ($di/dt=constante$). Debido a esta corriente linealmente ascendente en el primer devanado 23 se induce en el segundo devanado 19 una tensión de conmutación tal que la corriente de conmutación I_k (al menos momentáneamente) está configurada igualmente como corriente linealmente ascendente. Por medio de esta corriente de conmutación I_k puede realizarse la operación de conmutación.

En otra variante a modo de ejemplo, puede aplicarse por medio del convertidor 228 al primer devanado 23 del transformador 21 una tensión alterna. De este modo se induce en el segundo devanado 19 una tensión alterna. Debido a esta tensión alterna fluye en el bucle de conmutación la corriente de conmutación I_k.

Sin embargo, por medio del convertidor 228 también pueden aplicarse otras señales de tensión al primer devanado 23 del transformador. Tan solo es importante que, debido a la tensión de conmutación U_k inducida en el segundo devanado 19 empiece a fluir en el bucle de conmutación una corriente de conmutación I_k dirigida en sentido contrario a la corriente continua I1 que fluye por el interruptor mecánico 7.

Además, en la figura 2 está representado un sensor de corriente 233, que mide la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio 5 (y por tanto la corriente que fluye por el interruptor mecánico 7) calculando valores de medición de corriente. El sensor de corriente 233 transmite estos valores de medición de corriente a un control 235, que evalúa los valores de medición de corriente. En cuanto el control 235 identifica que un valor característico de la corriente I1 que fluye por el circuito de corriente de servicio 5 se sitúa por debajo de un valor umbral predeterminado, emite un comando de apertura al interruptor mecánico 7. Más tarde, (cuando el interruptor mecánico 7 está abierto) el control 235 emite además un comando de apertura al interruptor electrónico de potencia 17. Además, el control 235 también puede controlar el convertidor 228, de modo que este envíe, para iniciar la operación de conmutación, una tensión apropiada al primer devanado 23 del transformador 21. El control 235 controla por tanto toda la operación de desconexión de la corriente continua I1.

En este caso resulta ventajoso que, debido a la separación galvánica / separación de potencial del transformador, también el control del convertidor electrónico de potencia 228 pueda tener lugar con potencial de baja tensión y no tenga que tener lugar con potencial de alta tensión. Se incurre por tanto en gastos tan solo reducidos para

aislamientos eléctricos, refrigeración y comunicación con el convertidor 228. De ello se obtiene una implementación sencilla y económica del dispositivo 1. Además, ventajosamente se consigue por medio del transformador una separación galvánica entre el acumulador de energía 230 y el bucle de conmutación 7, 17, 19. De este modo puede alimentarse/cargarse el acumulador de energía 230 con energía eléctrica de manera muy sencilla y con poco esfuerzo.

En la figura 3 está representado a modo de ejemplo cómo puede estar construido un módulo interruptor 210. La figura 3 muestra un módulo interruptor 210 construido de manera muy sencilla, que solo consiste en un elemento interruptor 311 y un diodo de marcha libre 312 conectado en antiparalelo. Como elemento interruptor 311 pueden utilizarse, por ejemplo, interruptores de semiconductor de potencia 311 que pueden conectarse y desconectarse. Como elemento interruptor 311 pueden utilizarse, a este respecto, los más diversos elementos constructivos de semiconductor de potencia, por ejemplo un transistor de potencia, un IGBT (*insulated-gate bipolar transistor*) o un GTO (*gate turnoff thyristor*).

En la figura 4 está representado un ejemplo de realización del interruptor electrónico de potencia 17. El interruptor electrónico de potencia 17 presenta varios módulos interruptores 210 que están contruidos del mismo modo con respecto al módulo interruptor representado en la figura 2. El número de módulos interruptores es variable y puede elegirse conforme a la magnitud de la tensión eléctrica aplicada al interruptor 17. Los módulos interruptores 210 están conectados en serie (conexión serie de los módulos interruptores 210), presentando todos los módulos interruptores la misma polaridad. A cada módulo interruptor 210 está conectado en paralelo un derivador 213. Por medio de este interruptor electrónico de potencia 17 puede desconectarse una corriente continua que fluye en un sentido.

En la figura 5 está representado otro ejemplo de realización de un interruptor electrónico de potencia 17. Este interruptor electrónico de potencia 17 presenta varios módulos interruptores 210 que están contruidos del mismo modo con respecto a los módulos interruptores representados en la figura 2. Estos módulos interruptores 210 están conectados en antiserie. En esta conexión antiserie de los módulos interruptores 210, la polaridad de los módulos interruptores cambia, por ejemplo módulos interruptores adyacentes presentan polaridades diferentes. En otras palabras, los módulos interruptores 210 del interruptor electrónico de potencias 17 presentan polaridades contrarias. De este modo pueden desconectarse por medio de este interruptor electrónico de potencia 17 corrientes continuas que fluyen en ambos sentidos. Como en el interruptor electrónico de potencia de la figura 4, a cada módulo interruptor 210 está conectado en paralelo un derivador 213.

Al usar el interruptor electrónico de potencia 17 según la figura 5 pueden desconectarse con el dispositivo 1 corrientes continuas que fluyen en ambos sentidos. Por tanto pueden desconectarse corrientes continuas que fluyen como la corriente continua I1 de la figura 1 y pueden desconectarse corrientes continuas que fluyen en sentido contrario. A este respecto, el convertidor 228 puede estar diseñado de tal modo que pueda aplicar la tensión al primer devanado 23 en cualquier polaridad (por ejemplo mediante una realización bipolar del convertidor 228).

En la figura 6 está representado un ejemplo de realización de un módulo interruptor 210', que puede sustituir en el dispositivo mostrado en la figura 2 a un módulo interruptor 210 junto con el derivador 213 conectado en paralelo. En el caso del módulo interruptor 210' de la figura 6 se trata de un denominado módulo de *chopper* de frenado conocido como tal, en el que puede convertirse energía eléctrica en energía térmica por medio de una resistencia óhmica 610. Cuando el interruptor mecánico 7 está abierto y es capaz de absorber tensión, entonces la corriente continua conmutada fluye por las conexiones 616 y 617 hacia el módulo interruptor 210'. En primer lugar, esta corriente continua fluye a través de un elemento interruptor 620 directamente unido con las conexiones 616 y 617. Cuando este elemento interruptor 620 está desconectado, entonces la corriente continua fluye a través de un diodo 622 a un condensador 625 y carga este condensador 625. Cuando la tensión del condensador supera un valor predeterminado, se conecta un elemento interruptor 630 en la ramificación de conexión derecha, con lo cual el condensador se descarga a través de la resistencia 610; la energía eléctrica se convierte en calor en la resistencia 610. Debido a la descarga del condensador cae la tensión del condensador. Al situarse la tensión del condensador por debajo de un valor de tensión inferior predefinido, el elemento interruptor 630 se desconecta y el condensador 625 vuelve a cargarse. Esto continúa hasta que la corriente continua conmutada esté desconectada.

El interruptor de corriente continua 1 descrito o el interruptor de potencia de corriente continua 1 puede utilizarse ventajosamente en redes de transmisión de corriente continua de alta tensión (redes HVDC por sus siglas en inglés), para poder desconectar corrientes de servicio o corrientes de falla. También pueden denominarse interruptor de potencia de corriente continua de alta tensión 1. Debido al uso del interruptor mecánico 7 y del interruptor electrónico de potencia 17 se consiguen en el estado conectado pérdidas de paso pequeñas; el interruptor electrónico de potencia 17 posibilita tiempos de reacción breves y una rápida capacidad de desconexión para corrientes continuas. Por medio del medio de conmutación, que presenta un transformador, pueden implementarse grandes diferencias de potencial entre el circuito de corriente de desconexión y la unidad de alimentación. De este modo se simplifica en particular el suministro de energía de la unidad de alimentación y/o el control de la unidad de alimentación.

Se ha descrito un dispositivo para conectar una corriente continua así como un procedimiento para conectar una

corriente continua, con los que pueden desconectarse de manera segura y económica en particular grandes corrientes continuas al potencial de alta tensión.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para conectar una corriente continua con
- un circuito de corriente de servicio (5) que presenta un interruptor mecánico (7),
 - un circuito de corriente de desconexión (15) conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio (5) y que presenta un interruptor electrónico de potencia (17), y
 - un medio de conmutación que posibilita una conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio (5) al circuito de corriente de desconexión (15),
- caracterizado por que
- el medio de conmutación presenta un transformador (21).
2. Dispositivo según la reivindicación 1,
- caracterizado por que
- el transformador (21) presenta un primer devanado (23) y un segundo devanado (19) que están separados galvánicamente.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2,
- caracterizado por que
- entre el primer devanado (23) y el segundo devanado (19) del transformador (21) está dispuesto un aislamiento eléctrico (27) resistente a la alta tensión.
4. Dispositivo según la reivindicación 2 o 3,
- caracterizado por que
- el circuito de corriente de desconexión (15) presenta una conexión serie del segundo devanado (19) del transformador (21) y el interruptor electrónico de potencia (17).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4,
- caracterizado por que
- el primer devanado (23) del transformador (21) está unido con una unidad de alimentación (25), por medio de la cual puede influirse en la tensión aplicada al segundo devanado (19) del transformador (21).
6. Dispositivo según la reivindicación 5,
- caracterizado por que
- la unidad de alimentación (25) presenta un convertidor (228).
7. Dispositivo según la reivindicación 5 o 6,
- caracterizado por que
- la unidad de alimentación (25) presenta un acumulador de energía (230), en particular un condensador (230).
8. Dispositivo según la reivindicación 7,
- caracterizado por que
- el acumulador de energía (230) está equipado para acumular la energía eléctrica necesaria para la conmutación.

9. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado por que

- el interruptor electrónico de potencia (17) está configurado para conducir la corriente continua en ambos sentidos y para desconectar tal corriente continua.

5 10. Dispositivo según la reivindicación 9,

caracterizado por que

- el interruptor electrónico de potencia presenta una conexión antiserie de varios módulos interruptores, presentando cada módulo interruptor un elemento interruptor y un diodo conectado en antiparalelo.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 5 a 10,

10 caracterizado por que

- el circuito de corriente de servicio (5) y el circuito de corriente de desconexión (15) presentan potencial de alta tensión (29), y

- el primer devanado (23) del transformador (21) y la unidad de alimentación (25) presentan potencial de baja tensión (31), en particular están unidos con potencial de puesta a tierra.

15 12. Procedimiento para desconectar una corriente continua en un dispositivo con

- un circuito de corriente de servicio (5) que presenta un interruptor mecánico (7),

- un circuito de corriente de desconexión (15) conectado en paralelo al circuito de corriente de servicio (5) y que presenta un interruptor electrónico de potencia (17), y

20 - un medio de conmutación que posibilita una conmutación de la corriente continua desde el circuito de corriente de servicio (5) al circuito de corriente de desconexión (15) y que presenta un transformador (21), en el que, en el procedimiento,

- la corriente continua fluye en primer lugar por el circuito de corriente de servicio (5), estando el interruptor mecánico (7) cerrado,

25 - por medio del transformador (21) se incorpora en el circuito de corriente de desconexión (15) una tensión de conmutación (UK),

- debido a la tensión de conmutación (UK) se genera una corriente de conmutación (IK) que fluye por el circuito de corriente de desconexión (15) y el circuito de corriente de servicio (5), estando dirigida la corriente de conmutación (IK) en el circuito de corriente de servicio en sentido contrario a la corriente continua,

- debido a la corriente de conmutación (IK) disminuye la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio, y

30 - como consecuencia se abre el interruptor mecánico (7).

13. Procedimiento según la reivindicación 12,

caracterizado por que

- el interruptor mecánico (7) solo se abre cuando un valor característico de la corriente que fluye por el circuito de corriente de servicio se sitúa por debajo de un valor umbral predeterminado.

35 14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13,

caracterizado por que

- una vez abierto el interruptor mecánico (7), la corriente que fluye por el circuito de corriente de desconexión se desconecta por medio del interruptor electrónico de potencia (17).

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14,

caracterizado por que

- el circuito de corriente de servicio (5) y el circuito de corriente de desconexión (15) funcionan al potencial de alta tensión (29), y

5 - el primer devanado (23) del transformador (21) y la unidad de alimentación (25) funcionan al potencial de baja tensión (31), en particular están unidos con potencial de puesta a tierra.

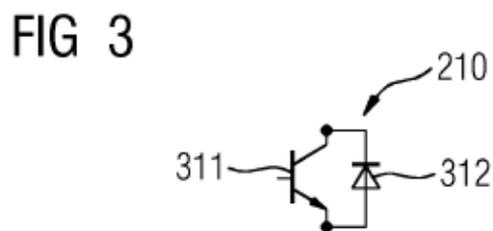
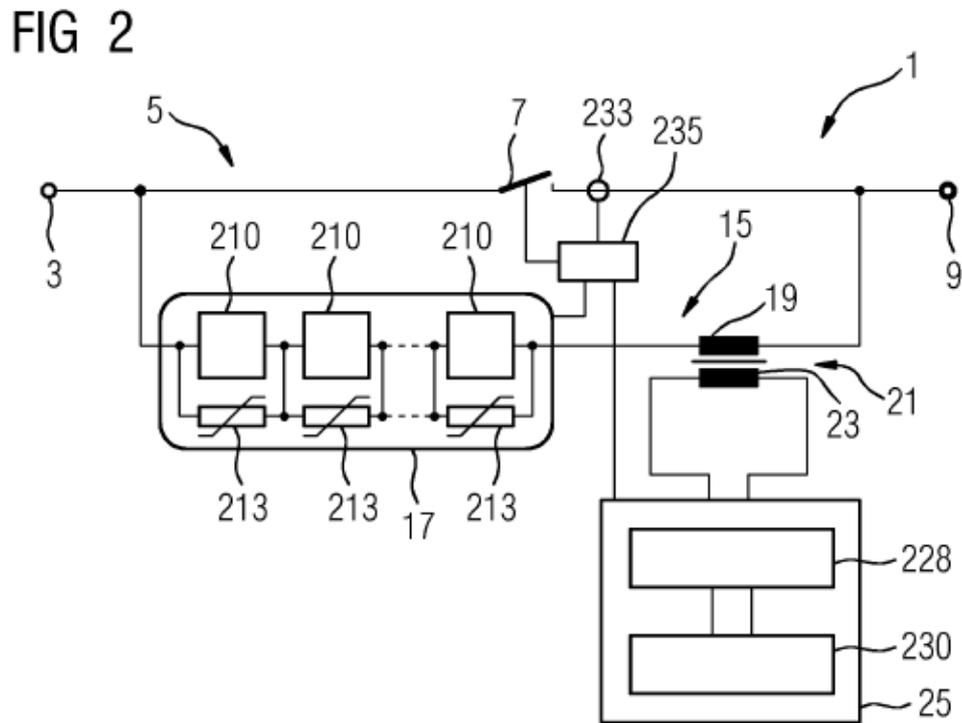
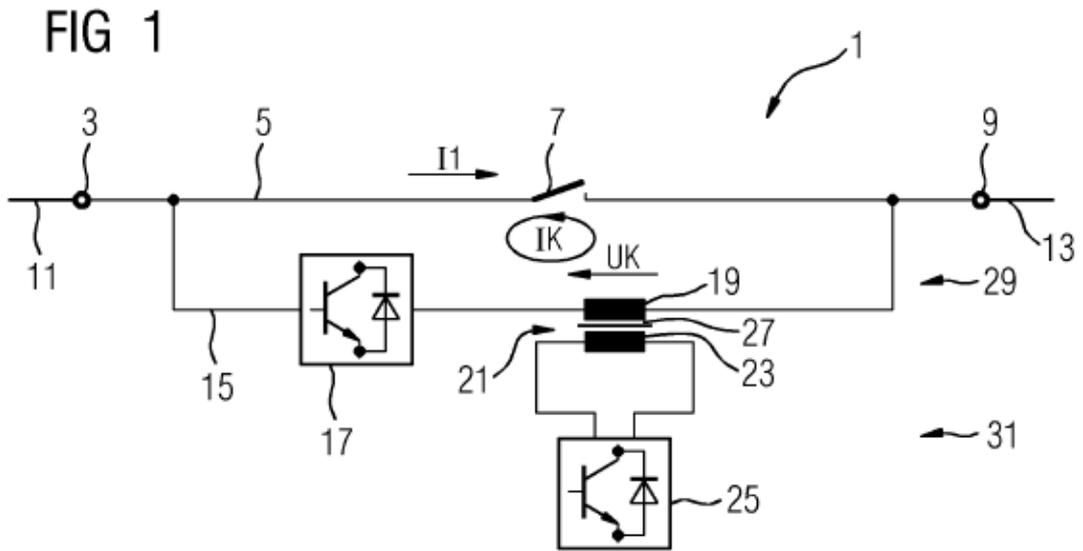


FIG 4

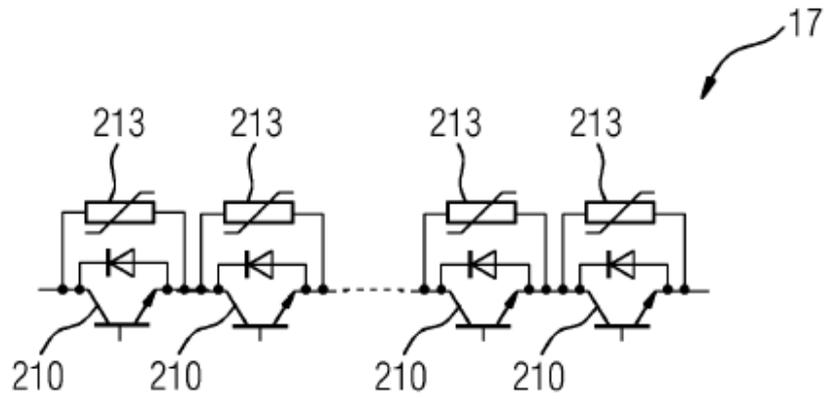


FIG 5

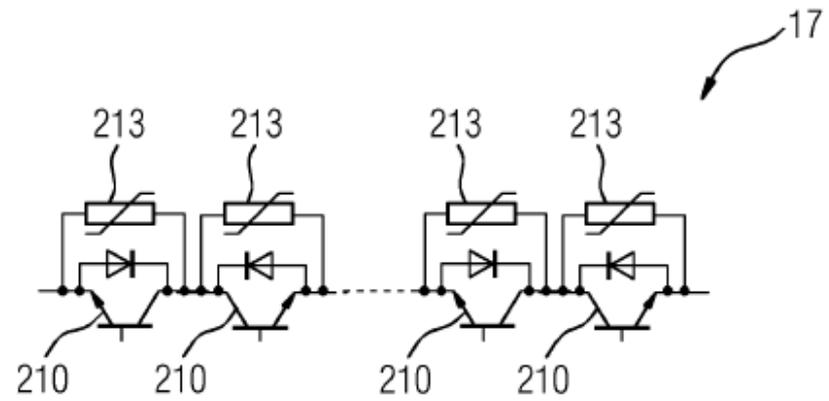


FIG 6

