

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 818**

51 Int. Cl.:

H01H 9/54 (2006.01)

H01H 33/59 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012** E 12709061 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** EP 2810289

54 Título: **Procedimiento para acoplar un tramo de red de tensión continua mediante un interruptor de tensión continua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2016

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es:

ERGIN, DOMINIK y
SCHÖN, ANDRE

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 585 818 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

Procedimiento para acoplar un tramo de red de tensión continua mediante un interruptor de tensión continua

La presente invención hace referencia a un procedimiento para acoplar un tramo de red de tensión continua mediante un interruptor de tensión continua.

5 La creciente demanda de energía en todo el mundo y la al mismo tiempo deseada reducción de las emisiones de CO₂ hacen cada vez más atractivas las llamadas energías renovables. Las fuentes de las energías renovables son por ejemplo las instalaciones eólicas situadas en el mar o también las instalaciones de energía fotovoltaica en zonas desérticas muy soleadas. Para poder aprovechar económicamente la energía así generada tiene cada vez más importancia la conexión entre las fuentes de energía renovables y una red de suministro terrestre. Ante estos
10 antecedentes se debate cada vez más sobre el establecimiento y el funcionamiento de una red de tensión continua en malla. Sin embargo, una premisa para ello es que pueden desconectarse de forma rápida y fiable las corrientes de cortocircuito, que pueden producirse en una red de tensión continua en malla de este tipo. Para esto se requieren sin embargo unos interruptores de tensión continua, que hasta ahora no estaban disponibles en el mercado. Del estado de la técnica se conocen diferentes conceptos para un interruptor de tensión continua de este tipo.

15 En el documento DE 694 08 811 T2 se describe un interruptor de tensión continua, en el que están conectados en serie dos interruptores mecánicos. El circuito serie formado por los dos interruptores mecánicos está protegido contra sobretensiones elevadas mediante un descargador y un condensador. Solamente a uno de los interruptores mecánicos está conectado en paralelo un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse. Al abrirse el interruptor mecánico se produce un arco eléctrico. La tensión que cae en el arco
20 eléctrico enciende el interruptor semiconductor de potencia, con lo que se cortocircuita el interruptor mecánico abierto paralelo. El arco eléctrico se apaga. La corriente conducida a través del interruptor semiconductor de potencia puede interrumpirse a continuación mediante una activación correspondiente del semiconductor de potencia.

25 En el documento US 5,999, 388 se describe un interruptor de potencia de tensión continua, que puede integrarse en serie en una línea de tensión continua. Se compone de un circuito serie de interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, a los que está conectado en paralelo respectivamente un diodo de piñón libre en contrasentido. Así mismo está conectado en paralelo a cada interruptor semiconductor de potencia un descargador, por ejemplo un varistor, para limitar la tensión. El interruptor de tensión continua ya conocido está realizado de forma puramente electrónica y se conmuta por ello bastante más rápidamente en comparación con los
30 interruptores mecánicos habituales del mercado. En un plazo de unos pocos microsegundos puede interrumpirse una corriente de cortocircuito que fluya a través del interruptor de tensión continua. Sin embargo, existe el inconveniente de que también la corriente de funcionamiento tiene que conducirse a través del interruptor semiconductor de potencia. De este modo se producen unas elevadas pérdidas de transmisión.

35 El documento WO 2011/141055 revela un interruptor de tensión continua, que puede conectarse en serie en un polo de una red de corriente continua de alta tensión. El interruptor de tensión continua se compone de un interruptor mecánico en serie con un interruptor semiconductor de potencia, al que a su vez está conectado en paralelo un diodo de piñón libre en contrasentido. En paralelo al circuito serie formado por un interruptor semiconductor de potencia y un interruptor mecánico está conectado un circuito serie formado por una bobina y un condensador, es decir un ramal LC, así como un descargador que limita la tensión que cae a través del ramal LC. También al
40 interruptor semiconductor de potencia está conectado en paralelo un descargador. Después de abrirse el interruptor mecánico se conecta y desconecta el interruptor semiconductor de potencia con la frecuencia natural del ramal LC. De este modo se genera una oscilación y finalmente un paso por cero de corriente en el interruptor mecánico, de tal manera que puede apagarse el arco eléctrico producido.

45 En la publicación de J. Heffner y B. Jacobssen " Interruptores HVDC híbridos proactivos – una innovación clave para redes HVDC fiables" (del inglés Proactive hybrid HVDC breakers – a key innovation for reliable HVDC grids), simposio "El sistema de energía eléctrica del futuro – simposio internacional sobre integración de super-redes y micro-redes" (del inglés The electric power system of the future – integrating super-grids and micro-grids international symposium), Bolonia, Italia, 13-15 de septiembre de 2011, página 264 y siguientes, también se revela un interruptor de tensión continua. El interruptor de tensión continua allí descrito presenta una ruta de corriente de funcionamiento con un interruptor mecánico así como una ruta de corriente de desconexión, que está conectada en paralelo a la ruta de corriente de funcionamiento. En la ruta de corriente de desconexión está dispuesto un circuito serie de interruptores semiconductores de potencia, a los que está conectado en paralelo en contrasentido respectivamente un diodo de piñón libre. Las unidades de conmutación compuestas por los interruptores semiconductores de potencia y los diodos de piñón libre están conectadas en antiserie, en donde los interruptores semiconductores de
50 potencia que pueden desconectarse están dispuestos en serie y para cada interruptor semiconductor de potencia está previsto un interruptor semiconductor de potencia correspondiente con sentido de paso contrapuesto. De este modo y manera la corriente puede interrumpirse en ambos sentidos en la ruta de corriente de desconexión. En la ruta de corriente de funcionamiento está dispuesto, aparte del interruptor mecánico, también un interruptor auxiliar

electrónico en serie con el interruptor mecánico. En funcionamiento normal la corriente fluye a través de la ruta de corriente de funcionamiento 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 de la ruta de corriente de desconexión representan una mayor resistencia para la corriente continua. Para interrumpir por ejemplo una corriente de cortocircuito se traslada el interruptor auxiliar electrónico a su posición de seccionamiento. De este modo aumenta la resistencia en la ruta de corriente de funcionamiento, de tal manera que la corriente continua se conmuta en la ruta de corriente de desconexión. El interruptor seccionador mecánico rápido puede abrirse por ello sin corriente. La corriente de cortocircuito conducida a través de la ruta de corriente de desconexión puede interrumpirse mediante los interruptores semiconductores de potencia. Para absorber la energía acumulada en la red de tensión continua y que debe reducirse para la conmutación están previstos unos descargadores, que están conectados respectivamente en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia de la ruta de corriente de desconexión.

Si se conecta posteriormente una tensión continua elevada a un tramo de red afectado por fallos mediante uno de los interruptor de tensión continuas ya conocidos, pueden producirse como consecuencia de las corrientes de conexión extremadamente elevadas que entonces se producen unos daños indeseados en las piezas constructivas.

El documento DE 10 2008 057 874 A revela también un procedimiento de este tipo.

El objeto de la invención consiste por ello en proporcionar un procedimiento con el que ya durante el acoplamiento de un tramo de red pueda reconocerse un fallo en el tramo de red, por ejemplo un cortocircuito, de tal manera que puedan aplicarse a tiempo unas contramedidas.

La invención resuelve este objeto mediante un procedimiento para acoplar un tramo de red de tensión continua mediante un interruptor de tensión continua que presenta dos bornes de conexión, el cual presenta una ruta de corriente de funcionamiento con un interruptor mecánico y una ruta de corriente de desconexión que puentea el interruptor mecánico, en la que está dispuesto al menos un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, en donde la ruta de corriente de desconexión presenta una mayor resistencia eléctrica que el tramo de la ruta de corriente de funcionamiento puenteados por el mismo, en el que el interruptor mecánico se abre y se bloquea un flujo de corriente en la ruta de corriente de desconexión mediante una activación adecuada del o de los interruptores semiconductores de potencia, a continuación el primer borne de conexión se conecta a un polo de una fuente de tensión continua y el segundo borne de conexión a un polo del tramo de red de tensión continua, finalmente se aplica de forma controlada tensión al tramo de red de tensión continua mediante la activación del interruptor semiconductor de potencia y, a continuación, se cierra el interruptor mecánico.

Conforme a la invención se acopla de forma controlada el tramo de red de tensión continua con ayuda de un interruptor de tensión continua, que presenta una ruta de corriente de desconexión con unos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, mientras que en la ruta de corriente de funcionamiento está dispuesto un interruptor mecánico.

Esta conformación del interruptor de tensión continua conocida como tal hace posible trasladar el interruptor mecánico, antes del acoplamiento del tramo de red, a su posición de seccionamiento y evitar un acoplamiento duro, es decir un acoplamiento mediante el cierre del interruptor mecánico. Conforme a la invención la corriente es conducida para el acoplamiento a través de la ruta de corriente de desconexión y de este modo a través de los interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse. Estos pueden a continuación activarse de tal manera, que la corriente o la tensión se eleve paulatinamente, por ejemplo en forma de rampa. Si un aparato de protección dispuesto en el tramo de red de tensión continua a acoplar determina la presencia de una corriente de cortocircuito, puede interrumpirse a tiempo el acoplamiento del tramo de red, de tal manera que pueden evitarse daños durante el acoplamiento, por ejemplo en el interruptor de tensión continua o en el tramo de red de tensión continua a acoplar. Para ello el aparato de protección se comunica convenientemente, directa o indirectamente, con una unidad de control o regulación del interruptor de tensión continua.

La conformación del interruptor mecánico puede ser básicamente cualquiera en el marco de la invención. Sin embargo, es importante que el interruptor mecánico pueda absorber la tensión requerida. Además de esto el interruptor mecánico debería poder abrirse lo más rápidamente posible, por ejemplo dentro de una ventana de tiempo de 5 ms a partir del aviso de fallo. El interruptor de tensión continua se conecta conforme a la invención en serie a un polo de la red de tensión continua, en donde un primer borne de conexión del interruptor de tensión continua está conectado a un polo de la fuente de tensión continua y el otro borne de conexión del interruptor de tensión continua a un polo del tramo de red de tensión continua. En funcionamiento normal del interruptor de tensión continua sus bornes de conexión presentan aproximadamente el mismo potencial. La tensión que cae en el interruptor mecánico en el caso de un cortocircuito de tierra en el tramo de red de tensión continua se corresponde con ello con la tensión de un polo respecto al potencial de tierra.

La conformación de la ruta de corriente de desconexión, en particular del conexionado y de la disposición de los interruptores semiconductores de potencia puede ser básicamente cualquiera en el marco de la invención. De este

modo los interruptores semiconductores de potencia pueden configurar por ejemplo un circuito serie formado por interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, en donde a cada interruptor semiconductor de potencia está conectado en paralelo un diodo de piñón libre en contrasentido. A este respecto es conveniente conectar en paralelo a cada interruptor semiconductor de potencia un descargador para la absorción de energía. Los interruptores semiconductores de potencia pueden estar dispuestos en antiserie, en donde el sentido de paso de algunos interruptores semiconductores de potencia sea contrapuesta a la de otros de los interruptores semiconductores de potencia dispuestos en serie. De esta manera se configuran dos grupos de interruptores semiconductores de potencia, en donde un grupo es responsable de la desconexión de la corriente en un sentido y el otro grupo de la desconexión de la corriente en el sentido opuesto. Una disposición antiserie así se describe por ejemplo en la publicación de Heffner y Jacobssen citada al comienzo.

Sin embargo, a diferencia de esto la ruta de corriente de desconexión puede presentar también submodos con acumuladores de energía, como por ejemplo condensadores. Esta conformación de la ruta de corriente de desconexión se trata posteriormente con más detalle.

La ruta de corriente de desconexión se conecta convenientemente al potencial de tierra, después de la conexión de la fuente de tensión continua y antes del acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua, mediante un ramal de carga que presenta convenientemente una resistencia óhmica. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso de la invención se descarga después a tierra una corriente a través de los interruptores semiconductores de potencia desconectables de la ruta de corriente de desconexión, la cual está determinada por el diseño de la resistencia óhmica. Además de esto se produce en los interruptores semiconductores de potencia una caída de tensión. Esta caída de tensión hace posible por ejemplo una alimentación de energía de la electrónica de los interruptores semiconductores de potencia.

Si en la ruta de corriente de desconexión están previstos además de esto unos submódulos con acumuladores de energía propios, como condensadores, etc., estos condensadores pueden cargarse primero antes de la puesta en marcha del interruptor de tensión continua y antes del acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua. La corriente de carga fluye hasta tierra a través del citado ramal de carga. El ramal de carga puede conectarse ventajosamente a través de un interruptor a la ruta de corriente de desconexión. El interruptor es por ejemplo un interruptor electrónico. Sin embargo, de forma preferida se utilizan unos interruptores mecánicos económicos, cuyo empleo es sin embargo solo posible a causa de la resistencia óhmica.

Antes del acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua se conecta convenientemente la ruta de corriente de desconexión mediante un ramal de carga, que presenta convenientemente una resistencia óhmica, a un contrapolo de la fuente de tensión continua. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso la ruta de corriente de desconexión no se conecta al potencial de tierra como en los ejemplos de realización anteriores, sino al contrapolo de la fuente de tensión continua. Por el término "contrapolo de la fuente de tensión continua" debe entenderse el polo de la red de tensión continua, que está polarizado a la inversa que el polo al que está conectado el borne de conexión del interruptor de tensión continua. Si por ejemplo el interruptor de tensión continua está conectado en serie en el polo positivo de una red de tensión continua bipolar, la ruta de corriente de desconexión se conecta al polo negativo conforme a este perfeccionamiento conveniente de la invención. Esta conexión se realiza por ejemplo mediante un interruptor mecánico. Si el borne de conexión está conectado al polo positivo y la ruta de corriente de desconexión a través del ramal de carga al polo negativo, cae en los interruptores semiconductores de potencia desconectables una tensión, que acciona una corriente de carga. Si en la ruta de corriente de desconexión están dispuestos unos acumuladores de energía, estos pueden cargarse. Es fundamental que antes del acoplamiento del tramo de red de tensión continua la ruta de corriente de desconexión sea capaz de funcionar, en el sentido de que el tramo de red de tensión continua pueda acoplarse con acumuladores de energía o condensadores dado el caso cargados.

Conforme a una conformación aquí preferida de la invención está dispuesto en la ruta de corriente de desconexión un circuito serie formado por submódulos bipolares, que presentan respectivamente un acumulador de energía y un circuito semiconductor de potencia en paralelo al acumulador de energía, que está conectado de tal modo a los dos únicos bornes de conexión de submódulo del submódulo que, con una activación correspondiente del interruptor semiconductor de potencia del circuito semiconductor de potencia, puede generarse ya sea la tensión que cae en el acumulador de energía o una tensión cero en los bornes de conexión de submódulo. Una conformación modular de este tipo de la ruta de corriente de desconexión ya es conocida de la técnica de los convertidores. Los convertidores con una topología de este tipo reciben el nombre de "convertidores multinivel modulares (MMC)". A causa de la conexión en serie de los submódulos es posible generar escalonadamente en la ruta de corriente de desconexión una tensión, en donde la altura de los escalones está determinada por la tensión que cae en el acumulador de energía.

Los submódulos pueden estar configurados como circuito en medio puente o circuito en puente completo. En el caso de un circuito en medio puente está conectado en paralelo al respectivo acumulador de energía del submódulo un circuito serie formado por dos interruptores semiconductores de potencia, que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre respectivamente paralelos en contrasentido, en donde un primer borne de conexión

de submódulo está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia y un segundo borne de conexión de submódulo al polo del acumulador de energía. El acumulador de energía es convenientemente un condensador. En lugar del circuito paralelo formado por los interruptores semiconductores de potencia y los diodos de piñón libre pueden emplearse también unos interruptores semiconductores de potencia que conducen a la inversa. También es posible emplear, en lugar de los dos interruptores semiconductores de potencia aislados, dos circuitos serie formados por interruptores semiconductores de potencia en el circuito serie. Los semiconductores de potencia de un circuito serie se activan después sincrónicamente. Un circuito serie formado por unos interruptores semiconductores de potencia activados simultánea o sincrónicamente actúa entonces como un interruptor semiconductor de potencia aislado. Como es natural pueden conmutarse después unas tensiones mayores. Esto es válido básicamente también para el circuito en puente completo descrito a continuación.

En el caso de un circuito en puente completo están previstos dos circuitos serie formados respectivamente por dos interruptores semiconductores de potencia, que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre paralelos en contrasentido. Ambos circuitos serie están conectados de nuevo en paralelo al acumulador de energía, en donde sin embargo un primer borne de conexión de submódulo está conectado al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del primer circuito serie y un segundo borne de conexión de submódulo al punto de potencial entre los dos interruptores semiconductores de potencia del segundo circuito serie. En un circuito en puente completo no solo puede generarse la tensión que cae en el acumulador de energía o una tensión cero en los bornes de conexión de submódulo, sino también la tensión de acumulador de energía. Además de esto puede interrumpirse en ambos sentidos la corriente que fluye a través del puente completo.

Tanto en el circuito en medio puente como en el circuito en puente completo es fundamental que los submódulos presenten varistores o descargadores. Los descargadores o varistores están conectados por ejemplo respectivamente en paralelo a un acumulador de energía. Además de esto, sin embargo, pueden estar instaladas en el submódulo unas resistencias óhmicas. Los descargadores absorben una energía acumulada en la red de tensión continua, que debe reducirse para la conmutación.

También es posible, en el marco de la invención, que en la ruta de corriente de desconexión estén configurados tanto circuitos en puente completo como circuitos en medios puente. Además de esto la ruta de corriente de desconexión puede presentar también otros submódulos con una estructura diferente. En la ruta de desconexión pueden estar previstos también unos medios de conmutación, que se usan para inducir o introducir en la ruta de corriente de funcionamiento una contratensión. Estos medios de conmutación son por ejemplo circuitos en medio puente dispuestos en serie o también circuitos en puente completo dispuestos en serie. Los medios de conmutación no necesitan ningún varistor o descargador.

Otras conformaciones y ventajas convenientes de la invención son objeto de la siguiente descripción de unos ejemplos de realización de la invención, haciendo referencia a las figuras del dibujo, en donde los símbolos de referencia iguales se refieren a piezas constructivas con el mismo efecto, y en donde muestran

la figura 1 un posible interruptor de tensión continua para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención, la figura 2 otro interruptor de tensión continua a modo de ejemplo para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención,

las figuras 3, 4 y 5 unas posibles conformaciones de los submódulos para el interruptor de tensión continua conforme a la figura 2,

la figura 6 otro posible interruptor de tensión continua a modo de ejemplo para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención,

la figura 7 una variación del interruptor de tensión continua conforme a la figura 6,

las figuras 8 a 11 un ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención, llevado a cabo con un interruptor de tensión continua conforme a la figura 6, y

las figuras 12 a 15 otro ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención, que se ha llevado a cabo con un interruptor de tensión continua conforme a la figura 7.

La figura 1 muestra un ejemplo de un interruptor de tensión continua 1, con el que puede llevarse a cabo el procedimiento conforme a la invención. El interruptor de tensión continua 1 presenta un primer borne de conexión 2 así como un segundo borne de conexión 3, entre los cuales se extiende una ruta de corriente de funcionamiento 4. En la ruta de corriente de funcionamiento 4 están dispuestos una inductividad 5 para limitar un flujo de corriente, un interruptor mecánico 6, un interruptor mecánico 7 comparativamente más rápido así como un interruptor de conmutación electrónico 8. El interruptor de conmutación electrónico 8 presenta un circuito serie formado por unos

interruptores semiconductores de potencia 10, que pueden conectarse y desconectarse. A este respecto está conectado en paralelo a cada interruptor semiconductor de potencia 10 un diodo de piñón libre 11 en contrasentido.

El interruptor de tensión continua 1 posee además una ruta de corriente de desconexión 9, que puentea el interruptor mecánico 7 y el interruptor de conmutación electrónico 8, y en la que está también dispuesto un interruptor semiconductor de potencia 10 que puede conectarse y desconectarse. A cada interruptor semiconductor de potencia 10 que puede conectarse y desconectarse está conectado en paralelo a su vez un diodo de piñón libre 11 en contrasentido. Puede reconocerse que los dos interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, por ejemplo IGBTs, IGCTs, etc., presentan el mismo sentido de paso. Esto es válido de forma correspondiente para los diodos de piñón libre 11 correspondientes. Los interruptores semiconductores de potencia 10 subsiguientes están orientados sin embargo en sentido opuesto a los mismos. De este modo, si fluye una corriente desde el borne de conexión 2 al borne de conexión 3, ésta solo puede ser interrumpida por los dos primeros interruptores semiconductores de potencia 10. En otras palabras, los interruptores semiconductores de potencia 10 están dispuestos en antiserie. Forman dos grupos, en donde los sentidos de paso de los interruptores semiconductores de potencia de un grupo tienen la misma orientación, mientras que el sentido de paso de los interruptores semiconductores de potencia de un grupo está orientada en contrasentido respecto al sentido de paso de los interruptores semiconductores de potencia 10 del otro grupo. De este modo y manera es posible la conmutación de corrientes continuas en ambos sentidos.

Para poder absorber la energía acumulada en la red de tensión continua al desconectar la corriente mediante los interruptores semiconductores de potencia 10, está conectado un descargador 12 en paralelo a los interruptores semiconductores de potencia 10. En el ejemplo de realización mostrado en la figura 1 la ruta de corriente de desconexión 9 está estructurada modularmente y forma unos módulos 13 bipolares, que están conectados en serie. En la figura 1 solo pueden reconocerse dos módulos 13 para obtener una mejor visión de conjunto. Sin embargo, su número depende del valor de la respectiva tensión.

En un ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención se conecta en primer lugar al borne de conexión 3 el tramo de red a acoplar. A este respecto el conmutador 7 mecánico rápido está abierto y los interruptores semiconductores de potencia 10 que pueden conectarse y desconectarse, que previamente se han preparado para funcionar, se encuentran en su posición de seccionamiento. A continuación se cierra el interruptor 6. Mediante una activación conveniente de los interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse, por ejemplo mediante una modulación en anchura de pulso, se inicia lentamente, por ejemplo en forma de rampa, la tensión proporcionada en el lado de salida en el borne de conexión 3 y de este modo en el tramo de red de tensión continua conectado. Si la tensión continua proporcionada en el borne de conexión 3 se corresponde aproximadamente con la tensión continua presente en el lado de entrada en el borne de conexión 2, se cierra el interruptor mecánico 7. A continuación se trasladan a su estado de conducción los interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse. El interruptor de tensión continua 1 está seguidamente listo para funcionar. El tramo de red de tensión continua está acoplado. El interruptor de tensión continua está dispuesto en serie en un polo de la red de tensión continua.

En la figura 2 se muestra otro interruptor de tensión continua 1. El interruptor de tensión continua mostrado en la figura 2 presenta a su vez una ruta de corriente de funcionamiento 4 así como una ruta de corriente de desconexión 9, en donde en la ruta de corriente de funcionamiento 4 está dispuesto un interruptor mecánico 7, que está puenteado mediante la ruta de corriente de desconexión 9. En la ruta de corriente de desconexión 9 están dispuestos en serie una unidad de conmutación de potencia 14 y unos medios de conmutación 15. Además de esto está previsto un ramal de carga 16, que presenta un interruptor mecánico 17 y una resistencia óhmica 18 y que, con el interruptor 17 cerrado, conecta la ruta de corriente de desconexión 19, a un potencial de tierra.

La unidad de conmutación de potencia 14 y los medios de conmutación 15 presentan respectivamente un circuito serie formado por unos submódulos 19 bipolares. El número de submódulos 19 en la unidad de conmutación de potencia 14 depende de la tensión a conmutar. El número de submódulos 19 en los medios de conmutación determina la contratensión que puede generarse como máximo.

En las figuras 3, 4 y 5 se han representado unos ejemplos de posibles submódulos 19 para el interruptor de tensión continua conforme a la figura 2. En el caso más sencillo se trata en el caso de un submódulo 19 de un interruptor semiconductor de potencia que puede conectarse y desconectarse, al que está conectado en paralelo un diodo de piñón libre en contrasentido. A cada interruptor semiconductor de potencia 10 está conectado en paralelo un descargador 12. Sin embargo, para los medios de conmutación 15 no se contemplan unos submódulos 19 conforme a la figura 3, ya que estos no pueden generar ninguna contratensión. Para ello son sin embargo adecuados unos submódulos 19, respectivamente con un acumulador de energía 20 en forma de un condensador. Al condensador o acumulador de energía 20 está conectado en paralelo, en el caso de un submódulo conforme a la figura 4, un circuito serie 21 formado por dos interruptores semiconductores de potencia 10 con unos diodos de piñón libre 11 paralelos en contrasentido. Un primer borne de conexión de submódulo 22 está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia 10 del circuito serie 21. El otro borne de conexión de submódulo 23 hace contacto por el contrario con un polo del condensador unipolar 20. Según la activación de los interruptores

semiconductores de potencia 10 que pueden conectarse y desconectarse puede generarse por ello, entre los bornes de conexión 22 y 23, ya sea la tensión de condensador que cae en el condensador 20 o una tensión cero. Para no tener que lamentar en el caso de una avería de un solo submódulo la avería de todo el interruptor de tensión continua 1, cada submódulo 19 puede puentearse mediante un interruptor mecánico o electrónico 24 rápido. Además de esto se usa un diodo 25 entre los bornes de conexión 22 y 23 para conducir corrientes de cortocircuito elevadas. Si se quiere que el submódulo 19 forme parte de la unidad de conmutación de potencia 14, es conveniente conectar al condensador 20 en paralelo un descargador. Un descargador 12 de este tipo no es necesario para los submódulos 19 de los medios de conmutación 15. Solo se usan para generar una contratensión en la ruta de funcionamiento de funcionamiento 4 y 5 y, de este modo, para generar un paso por cero de corriente en el interruptor mecánico 7.

Los medios puentes conforme a la figura 4 solo pueden interrumpir el flujo de corriente en un sentido. Un flujo de corriente desde el segundo borne de conexión de submódulo 23 mostrado en la figura 4 hasta el primer borne de conexión de submódulo 22 conduciría a través de los diodos de piñón libre 11 no controlados dispuestos entre estos bornes. Por ello no es posible un control de la corriente.

Sin embargo, puede conseguirse influir en ambos sentidos de corriente con un circuito en puente completo conforme a la figura 5. En la figura 5 se ve claramente un submódulo 19, que representa un circuito en puente completo. Al condensador 20 están conectados dos circuitos serie 21a y 21b. Cada circuito serie 21a, 21b presenta dos interruptores semiconductores de potencia 10 que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre en contrasentido. Los bornes de conexión de submódulo 22, 23 están conectados respectivamente a un punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia 10.

Para acoplar la red de tensión continua 1, el borne de conexión 3 del interruptor de tensión continua 1 se conecta en primer lugar al tramo de red de tensión continua a acoplar. El interruptor 7 en la ruta de corriente de funcionamiento 4 está abierto. A continuación se prepara para funcionar el interruptor de tensión continua 1 a través del ramal de carga 16, por medio de que se cierra el interruptor 17 y la ruta de corriente de desconexión 19 se conecta de este modo, a través de la resistencia óhmica 18, a un potencial de tierra. En el caso de los submódulos 19 conforme a la figura 4 ó 5 puede cargarse a continuación los condensadores 20 de los submódulos 19, después de aplicar una tensión continua al borne de conexión 2, que para ello se conecta a un polo de una fuente de tensión continua. También la electrónica de control de los interruptores semiconductores de potencia, que se alimenta desde la tensión que cae en los interruptores semiconductores de potencia 10, está ahora lista para funcionar.

Si la unidad de conmutación de potencia 14 está lista para funcionar, puede abrirse el interruptor 17 del ramal de carga 16 y acoplarse el tramo de red de tensión continua conectado al borne de conexión 3, con una activación conveniente de los interruptores semiconductores de potencia 10 de la unidad de conmutación de potencia, en donde la tensión se inicia en forma de rampa. Sin embargo, esto solo es posible sin más si los submódulos 19 de los medios de conmutación 15 configuran unos circuitos en medio puente conforme a la figura 4. En el caso de circuitos en puente completo estos tienen o bien que puentearse o prepararse previamente los submódulos 19 para funcionar, para a continuación trasladar los interruptores semiconductores de potencia 10 a su posición de paso. Para ello habría que conectar el ramal de carga por ejemplo al punto de potencial entre los medios de conmutación 15 y el borne 3. Para ello podrían emplearse convenientemente unos interruptores. A diferencia de esto está previsto un segundo ramal de carga en este punto.

La figura 6 muestra otro interruptor de tensión continua 1 para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención. El interruptor de tensión continua 1 presenta a su vez un primer borne de conexión 2 así como un segundo borne de conexión 3. Entre los bornes de conexión 2 y 3 se extiende una ruta de corriente de funcionamiento 4, en la que están dispuestos dos interruptores mecánicos 26 y 27 en serie. Además de esto puede reconocerse una ruta de corriente de desconexión 9, con la que puede puentearse el interruptor mecánico 26. En la ruta de corriente de desconexión 9 está dispuesta una unidad de conmutación de potencia 14, que se compone de un circuito serie formado por submódulos 19 conforme a una de las figuras 3, 4 ó 5. Además de esto está previsto en la ruta de desconexión 19 un tercer interruptor mecánico 29. El punto de potencial entre la unidad de conmutación de potencia 14 y el tercer interruptor mecánico 29 puede conectarse al ramal de carga 16 y de este modo al potencial de tierra. A través de un cuarto interruptor mecánico 28 puede interrumpirse la ruta de corriente entre el borne de conexión 2 y el ramal de carga 16 conectado, de tal manera que la corriente desde el borne de conexión 2 hasta tierra sólo puede fluir a través de la unidad de conmutación de potencia 14 y carga los acumuladores de energía 20 que estén dado el caso allí dispuestos.

Para limitar la corriente están previstas de nuevo dos inductancias 5 en forma de bobinas, etc. En la ruta de corriente de desconexión 9 pueden estar dispuestos a continuación a su vez también unos medios de comunicación no representados en las figuras, que son esenciales para el posterior funcionamiento del interruptor de tensión continua 1.

La figura 7 muestra un ejemplo de realización de un interruptor de tensión continua que difiere algo de la figura 6, en donde los interruptores mecánicos 28 y 29 están dispuestos muy cerca de los bornes de conexión 2 ó 3. El cuarto

5 interruptor mecánico 28 está situado ahora en la ruta de corriente de funcionamiento 4, y lo correspondiente es válido para el tercer interruptor 29. Los diodos 30 y 31 impiden un flujo de corriente desde los bornes de conexión 2 ó 3 directamente hasta el ramal de carga conectado 16, sin que la corriente fluya a través de la unidad de conmutación de potencia 14. De este modo es posible una carga de los acumuladores de energía de la unidad de conmutación de potencia 14 mediante el ramal de carga 16.

10 El procedimiento conforme a la invención se quiere aclarar a continuación a modo de ejemplo en base a las figuras 8, 9, 10 y 11 para un interruptor conforme a la figura 6. En primer lugar todos los interruptores mecánicos 26, 27, 28 y 29 se encuentran en su posición de apertura. El borne de conexión 2 se conecta a una fuente de tensión continua, por ejemplo al polo positivo de una red de tensión continua, y el borne de conexión 3 al tramo de red de tensión continua a acoplar. En el estado inicial la red de tensión continua a acoplar se encuentra aproximadamente a potencial de tierra. Para simplificar supondremos que la unidad de conmutación de potencia 14 se compone de un circuito serie formado por submódulos conforme a la figura 5 – es decir por puentes completos. Para cargar los condensadores 20 se cierran el interruptor mecánico 17, la parte de carga 16 y el interruptor mecánico 27 en la ruta de corriente de funcionamiento 4. A través de la unidad de conmutación de potencia 14 fluye de este modo una corriente de carga, cuya magnitud está determinada por la resistencia 18 del ramal de carga 16. En los interruptores semiconductores de potencia 10 cae además una tensión, con cuya ayuda se alimenta con la energía necesaria la electrónica de los interruptores semiconductores de potencia 10 que pueden conectarse y desconectarse.

La carga de los condensadores 20 puede verse claramente en la figura 9, en donde la ruta de corriente de la corriente de carga I puede verse claramente en las figuras.

20 Si los condensadores 20 están cargados y la electrónica está preparada para funcionar, se abre el interruptor 17 del ramal de carga 16 y se cierra el tercer interruptor mecánico 29, de tal manera que puede realizarse un acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua conectado al borne de conexión 3. A este respecto se activan específicamente los interruptores semiconductores de potencia 10 de la unidad de conmutación de potencia 14, de tal manera que se produce un inicio lento de la tensión. Si la tensión continua que cae en el borne de conexión 3 se corresponde aproximadamente con la tensión aplicada al borne de conexión 2, se cierra el primer interruptor 26 en la ruta de corriente de funcionamiento 4. La corriente es conducida de este modo a través de la ruta de corriente de funcionamiento 4.

30 Las figuras 12 a 15 aclaran un ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención con ayuda de un interruptor de tensión continua 1 conforme a la figura 7. En primer lugar se cierran los interruptores 17, 27 y 28 para cargar el acumulador de energía 20 del interruptor de tensión continua 1, así como para hacer funcionar la electrónica de los interruptores semiconductores de potencia que pueden conectarse y desconectarse. En la figura 13 puede verse claramente el flujo de corriente de carga I para cargar el acumulador de energía 20.

35 A continuación se abre el interruptor 17 del ramal de carga 16 y el interruptor 29 se conecta al borne de conexión 3. En esta posición de interruptor puede realizarse seguidamente una carga controlada del tramo de red de tensión continua conectado al borne de conexión 3. Para ello se activan de forma específica y controlada los interruptores semiconductores de potencia 10 que pueden conectarse y desconectarse de la unidad de conmutación de potencia 14. Mediante el cierre del interruptor 17 se hace también posible, en el estado de funcionamiento normal, una carga de los acumuladores de energía 20. Los diodos 30, 31 instalados fuerzan a la corriente de carga a fluir a través de la unidad de conmutación de potencia 14 hasta tierra.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para acoplar un tramo de red de tensión continua mediante un interruptor de tensión continua (1) que presenta dos bornes de conexión (2, 3), el cual presenta una ruta de corriente de funcionamiento (4) con un interruptor mecánico (7) y una ruta de corriente de desconexión (9) que puentea el interruptor mecánico (7), en la que está dispuesto al menos un interruptor semiconductor de potencia (10) que puede conectarse y desconectarse, en donde la ruta de corriente de desconexión (9) presenta una mayor resistencia eléctrica que el tramo de la ruta de corriente de funcionamiento (4) puenteado por el mismo, caracterizado porque
- el interruptor mecánico (7) se abre y se bloquea un flujo de corriente a través de la ruta de corriente de desconexión (9),
- 10 - a continuación el primer borne de conexión (2) se conecta a un polo de una fuente de tensión continua y el segundo borne de conexión (3) a un polo del tramo de red de tensión continua,
- finalmente se aplica de forma controlada tensión al tramo de red de tensión continua mediante la activación del interruptor semiconductor de potencia (10) y
 - a continuación se cierra el interruptor mecánico (7).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la ruta de corriente de desconexión (9) se conecta al potencial de tierra, después de la conexión de un polo de la fuente de tensión continua y antes del acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua, mediante un ramal de carga (16) que presenta una resistencia óhmica (18).
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque antes del acoplamiento controlado del tramo de red de tensión continua se conecta la ruta de corriente de desconexión mediante un ramal de carga (16), que presenta una resistencia óhmica (18), a un contrapolo de una fuente de tensión continua.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la ruta de corriente de desconexión (9) se conecta al contrapolo de la fuente de tensión continua, antes de conectar el primer borne de conexión (2) a un polo de la fuente de tensión continua.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque está dispuesto en la ruta de corriente de desconexión (9) un circuito serie formado por submódulos bipolares (19), que presentan respectivamente un acumulador de energía (20) y un circuito semiconductor de potencia (21) en paralelo al acumulador de energía (20), que está conectado de tal modo a los bornes de conexión de submódulo (22, 23) del submódulo (19) que, con una activación correspondiente del interruptor semiconductor de potencia (10) del circuito
- 30 semiconductor de potencia (21), puede generarse ya sea la tensión que cae en el acumulador de energía (20) o una tensión cero en los bornes de conexión de submódulo (22, 23).
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque los submódulos (9) configuran al menos parcialmente un circuito en medio puente, en donde al respectivo acumulador de energía (20) está conectado en paralelo un circuito serie (21) formado por dos interruptores semiconductores de potencia (10), que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre (11) paralelos en contrasentido, en donde un primer borne de conexión de submódulo (22) está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (10) y el segundo borne de conexión de submódulo (23) a un polo del acumulador de energía (20).
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque los submódulos (9) configuran al menos parcialmente un circuito en puente completo, en donde al respectivo acumulador de energía (20) están conectados en paralelo dos circuitos serie (21a, 21b) formados respectivamente por dos interruptores semiconductores de potencia (10), que pueden conectarse y desconectarse, con unos diodos de piñón libre (11) paralelos en contrasentido, y el primer borne de conexión de submódulo (22) está conectado al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (10) del primer circuito serie (21a) y el segundo borne de conexión de submódulo (23) al punto de potencial entre los interruptores semiconductores de potencia (10) del segundo circuito
- 40 serie (21b).
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque a los submódulos (19) están conectados en paralelo unos varistores o descargadores (12).

FIG 5

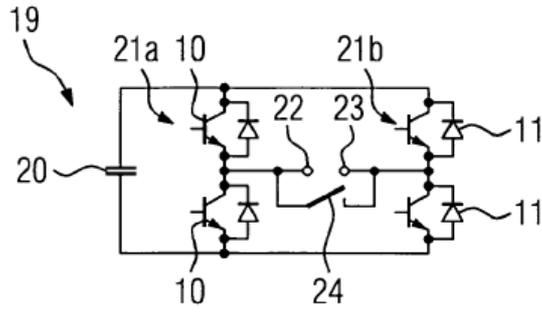


FIG 6

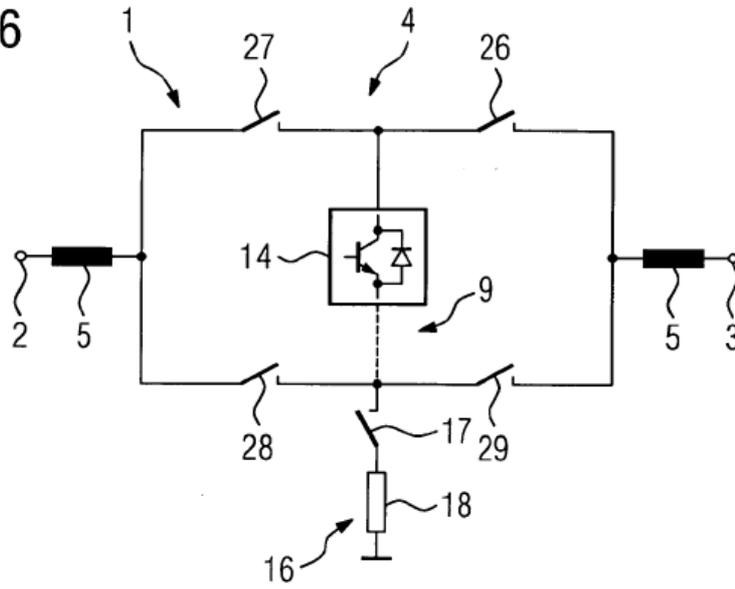


FIG 7

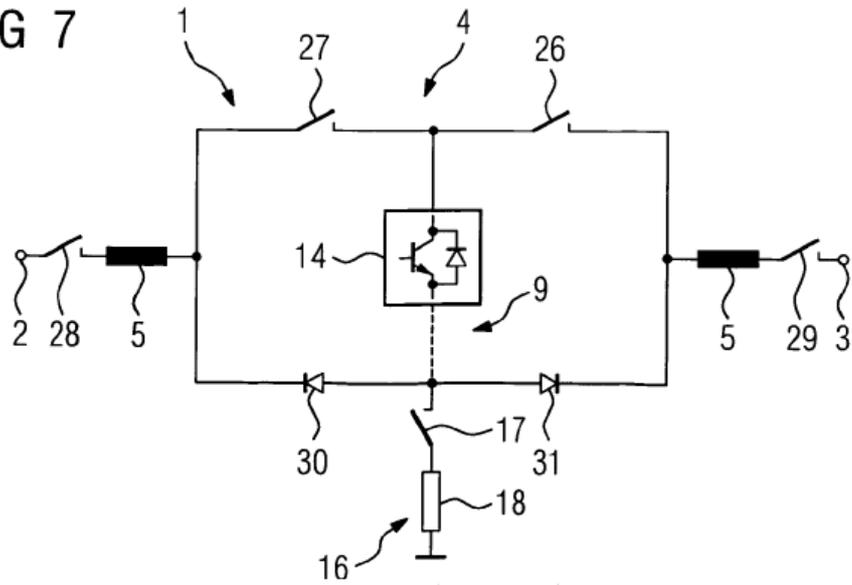


FIG 8

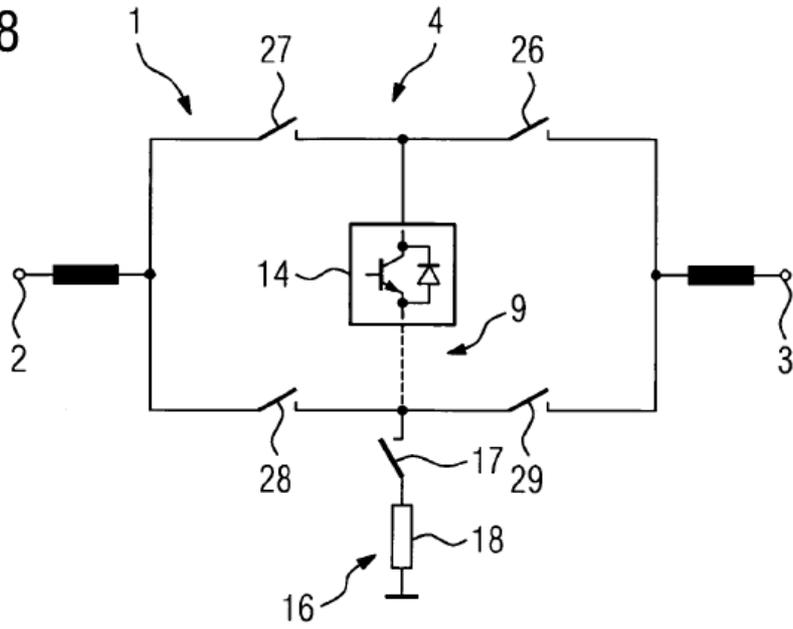


FIG 9

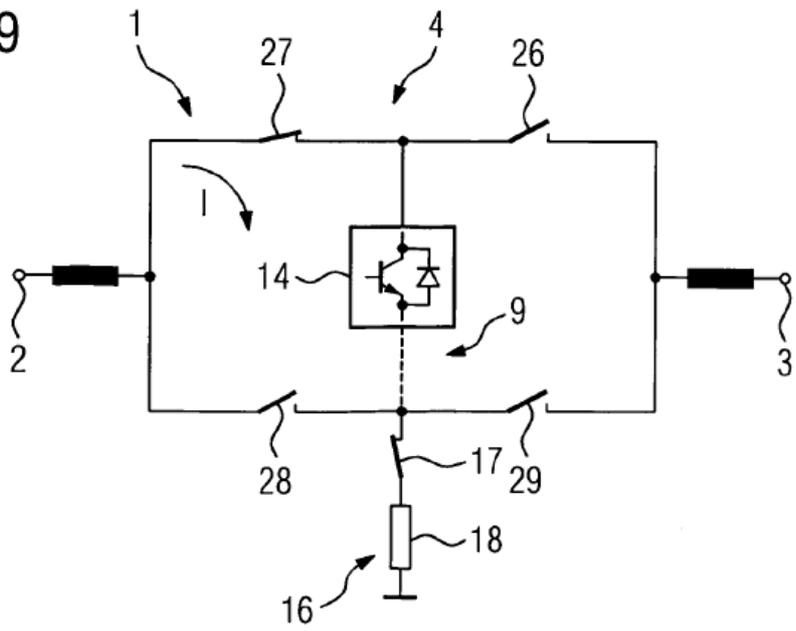


FIG 10

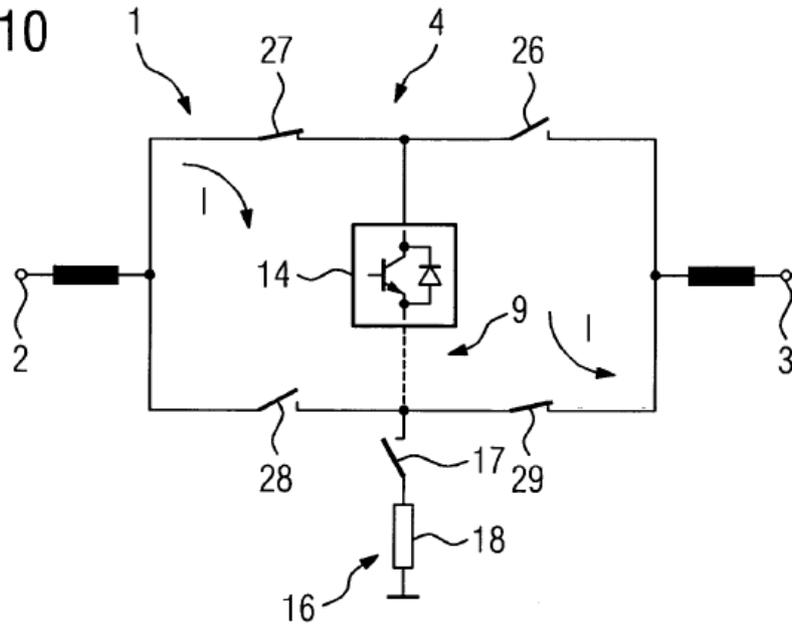


FIG 11

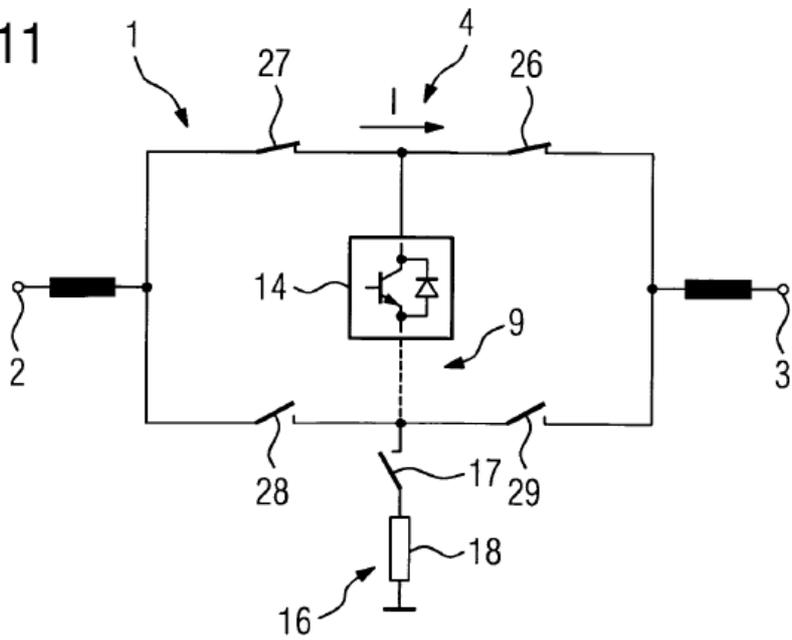


FIG 12

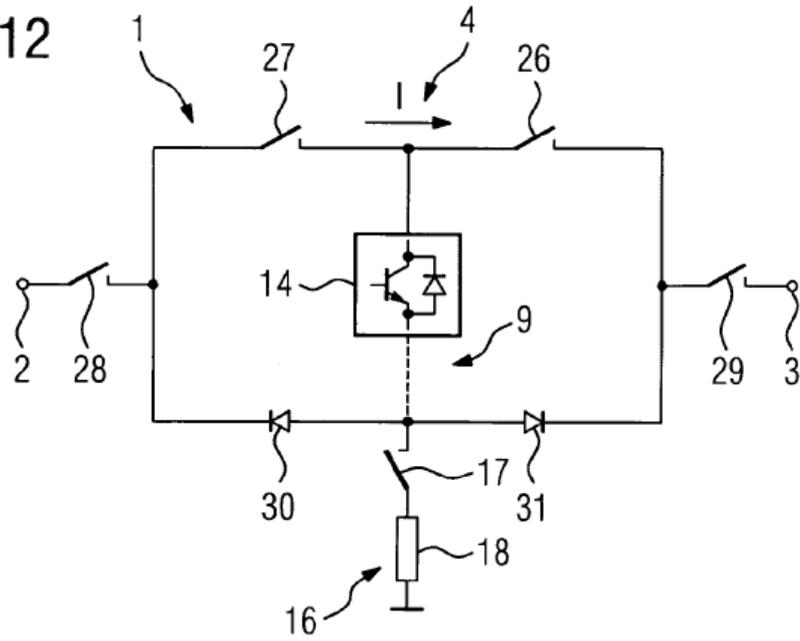


FIG 13

