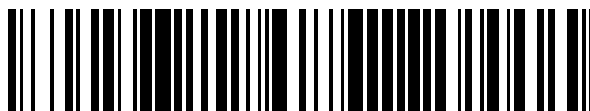


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 107**

51 Int. Cl.:

H02M 3/156 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 7/493 (2007.01)

H02J 3/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2013 PCT/EP2013/064928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007302**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13741988 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3005543**

54 Título: **Convertidor CC/CC modular multinivel para aplicaciones de corriente continua de alta tensión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.11.2020

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

72 Inventor/es:
**BAKRAN, MARK-MATTHIAS;
ERGIN, DOMINIK;
KNAAK, HANS-JOACHIM y
SCHÖN, ANDRE**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 792 107 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

Convertidor CC/CC modular multinivel para aplicaciones de corriente continua de alta tensión

La presente invención hace referencia a un convertidor de tensión continua para conectar redes de corriente continua de alta tensión que presentan tensiones diferentes.

5 En la figura 1 se ilustra a modo de ejemplo un convertidor de tensión continua conocido por el estado del arte, para la conexión de redes de corriente continua de alta tensión que se ubican en niveles de tensión diferentes. El convertidor de tensión continua allí mostrado, para la conexión de una primera red de corriente continua de alta tensión, presenta una primera conexión de tensión continua 1, que conforma un borne de tensión continua positivo 2, así como un borne de tensión continua negativo 3. Para la conexión de una segunda red de corriente continua de alta tensión con una tensión continua nominal más reducida está proporcionada una segunda conexión de tensión continua 4, que a su vez presenta un borne de tensión continua positivo 5, así como un borne de tensión continua negativo 6. Entre el borne de tensión continua positivo 2 y el negativo 3, de la primera conexión de tensión continua 1, se extienden tres módulos de fase 7 de un primer convertidor parcial 8. De este modo, un módulo de fases 7 se compone de dos brazos del convertidor 9 conectados en serie uno con otro, así como de una inductancia 10, en forma de bobinas. Además, está proporcionado un segundo convertidor parcial 11 que igualmente presenta tres módulos de fase 7, que respectivamente están compuestos por dos brazos del convertidor 9 conectados en serie, y por una inductancia 10. Cada módulo de fase 7 forma dos conexiones de tensión continua que forman en cada caso el borne de conexión positivo 5, así como el borne de conexión negativo 6, de la segunda conexión de tensión continua 4. El punto de potencial entre los brazos del convertidor 9 forma una fase de tensión alterna de una conexión de tensión alterna 12 del respectivo convertidor 8, así como 11. Las dos conexiones de tensión alterna 12 están conectadas unas con otras mediante un transformador trifásico 14. De este modo, los bobinados del transformador 14 mencionados pueden estar conectados unos con otros de cualquier modo, por ejemplo en forma de un circuito en triángulo o en estrella.

25 Según ese procedimiento ya conocido, la tensión continua de la primera red de tensión continua, primero mediante el primer convertidor parcial 8, pasa a una tensión alterna, mediante el transformador 14 se transforma al plano de tensión respectivamente requerido, y a continuación, nuevamente mediante el convertidor parcial 11, se transforma a la tensión continua deseada.

30 Los convertidores de tensión continua para energías desde reducidas a medias, ya son suficientemente conocidos. A este respecto, pueden mencionarse convertidores elevadores o reductores, que están equipados con bobinas y condensadores, donde interruptores de semiconductor de potencia se encargan de una interrupción a corto plazo de un flujo de corriente. Los semiconductores de potencia de los convertidores elevadores o reductores conocidos, sin embargo, resultarían tan intensamente cargados en el rango de alta tensión que ya después de poco tiempo podrían producirse daños irreparables.

35 Por el documento de patente US 3,942,089 A se conoce un sistema de transmisión de alta tensión - corriente continua, en el cual inversores y rectificadores conectados en serie de forma eléctrica, respectivamente mediante un transformador, están conectados a una barra colectora.

40 Por el documento de Knudsen et al "Description and Prospective Applications of New Multi-Terminal HVDC System Concepts"; CIGRE Conf. Internationale des Grands Resseaux Electrique; páginas 1-11; XP000770178 / 26/08/1990, se conoce un sistema de corriente continua de alta tensión multiterminal con tres terminales y dos niveles de tensión. Este sistema presenta dos convertidores que, respectivamente mediante un transformador, están conectados con una red de tensión alterna.

45 Por el documento de patente US 3,448,286 A se conoce una estación de convertidor, en la cual una serie de convertidores, en un circuito en serie, están dispuestos entre dos conexiones de tensión continua. Los convertidores, del lado de tensión alterna, respectivamente están conectados eléctricamente en paralelo mediante un transformador, y con una red de tensión alterna.

Por la primera publicación de la solicitud WO 2013/071962 A1 se conoce un convertidor, cuyos brazos del convertidor respectivamente presentan una pluralidad de células de convertidor. Las células de convertidor, por ejemplo, pueden estar realizadas como un circuito de medio puente o como un circuito de puente completo.

50 Por la solicitud de patente internacional no publicada PCT/EP2012/070203 se conoce un dispositivo que está descrito a modo de ejemplo en la figura 2. El convertidor de tensión continua 15 allí mostrado dispone de una primera conexión de tensión continua 1 con un borne de tensión continua positivo 2 y uno negativo 3. Además está proporcionada una segunda conexión de tensión continua 4 con un borne de tensión continua positivo 5, así como con un borne de tensión continua negativo 6. El borne de tensión continua 6 se ubica en el mismo potencial que el borne de tensión continua 3 de la primera conexión de tensión continua 1. El convertidor de tensión continua 15

mostrado comprende además un primer convertidor parcial 8, así como un segundo convertidor parcial 11, que están conectados en serie uno con otro y que forman un circuito en serie del convertidor 16, donde el primer convertidor parcial 8, del lado de tensión continua, mediante inductancias 10, está conectado al borne de tensión continua positivo 2 de la primera conexión de tensión continua 1 y al borne de tensión continua positivo 5 de la segunda conexión de tensión continua 4. El segundo convertidor parcial 11, del lado de tensión continua, igualmente mediante inductancias 10, está conectado al borne de tensión continua positivo 5 de la segunda conexión de tensión continua 4 y al borne de tensión continua negativo 3 de la primera conexión de tensión continua 1. El circuito en serie del convertidor 16 se extiende entre los bornes de tensión continua 2, 3 de la primera conexión de tensión continua 1. Entre los bornes de tensión continua 5, 6 de la segunda conexión de tensión continua 4 se extiende el segundo convertidor parcial 11 con sus módulos de fase 7.

La primera conexión de tensión continua 1 se utiliza para la conexión de una primera red de tensión continua con la tensión continua nominal U_{CC1} . La segunda conexión de tensión continua se utiliza para la conexión de una segunda red de tensión continua con la tensión nominal U_{CC2} . La tensión continua nominal U_{CC1} de la primera red de tensión continua es aquí tres veces tan elevada como la tensión continua nominal de la segunda red de tensión continua U_{CC2} ($U_{CC1} = 3 \cdot U_{CC2}$). La relación de transmisión \dot{u} del convertidor de tensión continua 15, de este modo, es igual a 3. Durante el funcionamiento del convertidor de tensión continua 15, de este modo, la tensión U_{CC2} de la segunda red de tensión continua disminuye en el segundo convertidor parcial 11. El borne de tensión continua positivo 5 de la segunda conexión de tensión continua 4 se ubica en el punto de potencial de tensión continua, entre el primer convertidor parcial 8 y el segundo convertidor parcial 11.

La topología del primer convertidor parcial 8 esencialmente puede corresponder a la topología del segundo convertidor parcial 11. Sin embargo, para bloquear cortocircuitos en la primera red de tensión continua y al mismo tiempo poder trabajar con las menores pérdidas posibles, la estructura del convertidor parcial puede ser diferente.

La conexión de tensión alterna 12 del primer convertidor parcial 8 está conectada de forma galvánica con un bobinado primario 18 de un transformador trifásico 14, como medio de intercambio de potencia. La conexión de tensión alterna 12 del segundo convertidor parcial 11 está conectada con el bobinado secundario del transformador. Mediante el acoplamiento inductivo de los bobinados del transformador está posibilitado un intercambio de potencia entre el primer convertidor parcial 8 y el segundo convertidor parcial 11. En este caso, los convertidores parciales 8, 11 se activan de manera que se regula un flujo de potencia desde el primer convertidor parcial 8 hacia el segundo convertidor parcial 11, que introduce la potencia entonces en la red de tensión continua que se aplica en la segunda conexión de tensión continua 4.

Un convertidor de tensión continua de esa clase, mostrado en la figura 2, en comparación con el convertidor de tensión continua mostrado en la figura 1, presenta la ventaja de que el mismo es esencialmente más conveniente en cuanto a los costes. No obstante, el convertidor de tensión continua mostrado en la figura 2 no es adecuado para conectar unas con otras redes de corriente continua de alta tensión que presenten simetrías diferentes unas con respecto a otras, o si se desea una separación del potencial. Las geometrías diferentes de esa clase, sin embargo, se reúnen por ejemplo cuando una así llamada red de corriente continua de alta tensión simétrica debe conectarse con una red de transmisión de corriente continua de alta tensión bipolar asimétrica.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un convertidor de tensión continua que sea conveniente en cuanto a los costes y que al mismo tiempo posibilite la conexión de redes de corriente continua de alta tensión que puedan presentar una simetría diferente, de unas con respecto a otras.

La invención soluciona este objeto mediante un convertidor de tensión continua según la reivindicación 1. Un convertidor de tensión continua de esa clase presenta

- un circuito en serie del convertidor formado por convertidores parciales conectados en serie, que está dispuesto entre un borne de conexión positivo y uno negativo, de una primera conexión de tensión continua,
- donde al menos dos convertidores parciales del circuito en serie del convertidor, como convertidores parciales de polo positivo, están dispuestos en serie entre un borne de conexión central y el borne de conexión positivo de la primera conexión de tensión continua, y
- los convertidores parciales de polo positivo, mediante medios de intercambio de potencia de polo positivo, están conectados unos con otros, de manera que está posibilitado el intercambio de potencia eléctrica entre los convertidores parciales de polo positivo,
- donde el punto de potencial entre los convertidores parciales de polo positivo conforma un borne de conexión positivo de una segunda conexión de tensión continua,

- donde al menos dos convertidores parciales del circuito en serie del convertidor, como convertidores parciales de polo negativo, están dispuestos en serie entre el borne de conexión central y el borne de conexión negativo de la primera conexión de tensión continua, y

5 - los convertidores parciales de polo negativo, mediante medios de intercambio de potencia de polo negativo, están conectados unos con otros, de manera que está posibilitado el intercambio de potencia eléctrica entre los convertidores parciales de polo negativo,

- donde el punto de potencial entre los convertidores parciales de polo negativo conforma un borne de conexión negativo de la segunda conexión de tensión continua, y

10 - donde están proporcionados medios de intercambio de potencia adicional, que están conectados con los convertidores parciales de polo positivo y los convertidores parciales de polo negativo, de manera que está posibilitado un intercambio de potencia entre los convertidores parciales de polo positivo y los convertidores parciales de polo negativo, mediante los medios de intercambio de potencia adicional.

Según la invención está proporcionado un convertidor de tensión continua con el cual pueden conectarse una con otra dos redes de corriente continua de alta tensión, las cuales presentan tanto diferentes tensiones continuas nominales, como también diferentes simetrías. De este modo, el convertidor de tensión continua según la invención está equipado con dos conexiones de tensión continua que respectivamente conforman dos bornes de conexión. Entre los bornes de conexión de la primera conexión de tensión continua, que está diseñada para la tensión continua más elevada, se extiende un circuito en serie del convertidor, que presenta convertidores parciales conectados en serie unos con otros. Los convertidores parciales pueden subdividirse en convertidores parciales de polo positivo y convertidores parciales de polo negativo, donde los convertidores parciales de polo positivo, a su vez, están conectados en serie con respecto a los convertidores parciales de polo negativo. El punto de potencial entre los convertidores parciales de polo positivo y los convertidores parciales de polo negativo forma un borne de conexión central, donde los convertidores parciales de polo positivo se extienden entre el borne de conexión positivo de la primera conexión de tensión continua y el borne de conexión central. Expresado de otro modo, los convertidores parciales de polo positivo están conectados en serie entre el borne de conexión central y el borne de conexión positivo de la primera conexión de tensión continua. De este modo, los convertidores parciales de polo positivo están conectados unos con otros mediante medios de intercambio de potencia de polo positivo, de manera que los mismos pueden intercambiar potencia unos con otros. Un punto de potencial entre convertidores parciales de polo positivo conectados unos con otros del lado de tensión continua forma un borne de conexión positivo de la segunda conexión de tensión continua. De manera correspondiente están proporcionados convertidores parciales de polo negativo que igualmente están conectados en serie, donde ese circuito en serie está dispuesto entre el borne de conexión central y el borne de conexión negativo de la primera conexión de tensión continua. Los medios de intercambio de potencia de polo negativo posibilitan el intercambio de potencia entre los convertidores parciales de polo negativo conectados en serie unos con otros. Un punto de potencial entre convertidores parciales de polo negativo, conectados directamente unos con otros, conforma un borne de conexión negativo de la segunda conexión de tensión continua, en la cual disminuye una tensión por ejemplo más reducida, en comparación con la primera conexión de tensión continua. Además, en el marco de la invención están proporcionados medios de intercambio de potencia adicional, con cuya ayuda está posibilitado un intercambio de potencia entre los convertidores parciales de polo positivo y los convertidores parciales de polo negativo. De este modo, un flujo de potencia cualquiera puede ser causado entre los convertidores parciales, de manera que también redes de tensión continua con diferente tensión nominal y simetría pueden conectarse unas con otras.

De manera conveniente, cada convertidor parcial presenta al menos dos módulos de fase conectados de forma paralela, que respectivamente están realizados como tres polos y respectivamente disponen de dos bornes de conexión de tensión continua y de un borne de conexión de tensión alterna, de manera que los bornes de conexión de tensión alterna conforman una conexión de tensión alterna del respectivo convertidor parcial. Los bornes de tensión continua de los módulos de fase paralelos de un convertidor parcial están conectados unos con otros, de manera que está formado un circuito en puente. Según esa variante ventajosa, tanto los módulos de fase de los convertidores parciales de polo positivo, como también los módulos de fase de los convertidores parciales de polo negativo, están diseñados respectivamente como tres polos. De manera conveniente, los módulos de fase de un convertidor parcial son idénticos.

Según un perfeccionamiento conveniente correspondiente, todos los convertidores parciales están diseñados esencialmente idénticos. Expresado de otro modo, los mismos presentan la misma topología.

Según un perfeccionamiento conveniente correspondiente, los medios de intercambio de potencia de polo positivo y los medios de intercambio de potencia de polo negativo disponen respectivamente de un transformador, que respectivamente conecta una con otra dos conexiones de tensión alterna de diferentes convertidores parciales. Según ese perfeccionamiento ventajoso, un transformador de polo positivo acopla inductivamente unas con otras las conexiones de tensión alterna de los convertidores parciales de polo positivo, de manera que el intercambio de

potencia entre los dos convertidores parciales de polo positivo, del lado de tensión alterna, tiene lugar mediante el transformador de polo positivo. De manera correspondiente está proporcionado un transformador de polo negativo que acopla inductivamente unas con otras las conexiones de tensión alterna de los convertidores parciales de polo negativo. De ese modo, la potencia intercambiada entre los convertidores parciales de polo positivo, así como de polo negativo, circula mediante el transformador de polo positivo, así como mediante el transformador de polo negativo.

Según la invención, cada módulo de fase dispone de un circuito en serie de dos submódulos bipolares. Los submódulos presentan por ejemplo un interruptor de semiconductor de potencia simple en forma de un IGBT, IGCT, GTO o similares, al cual está conectado paralelamente en sentido opuesto un diodo libre. A diferencia de ello, cada submódulo es un interruptor de semiconductor de potencia conductor en sentido inverso. Expresado de otro modo, cada submódulo se compone exclusivamente de un interruptor de semiconductor de potencia conductor en sentido inverso. El número de los submódulos conectados en serie está adaptado en este caso a las tensiones que respectivamente se reciben, que disminuyen en la primera y en la segunda conexión de tensión continua.

De manera ventajosa, según la invención, cada submódulo está equipado con un acumulador de energía y con un circuito de semiconductor de potencia, donde está conformado un circuito de medio puente o de puente completo. Además, todos o algunos submódulos de un módulo de fase pueden estar diseñados como módulo doble. El circuito de semiconductor de potencia comprende una pluralidad de interruptores de semiconductor de potencia interconectados unos con otros. En caso necesario, el circuito de semiconductor de potencia comprende también diodos libres y/o diodos de sujeción. Un convertidor parcial de esa clase se denomina también como convertidor modular de varias etapas, donde el circuito de semiconductor de potencia, como parte de un circuito de medio puente, es un circuito en serie de dos interruptores de semiconductor de potencia, a los cuales respectivamente está conectado paralelamente un diodo libre, en sentido opuesto. De manera alternativa, en lugar de un interruptor de semiconductor de potencia con diodo libre en sentido opuesto, en el marco de la invención, puede utilizarse también un interruptor de semiconductor de potencia, conductor en sentido inverso. En un circuito de medio puente, un borne de conexión del submódulo bipolar está conectado en el punto de potencial entre los interruptores de semiconductor de potencia del circuito en serie, donde el otro borne de conexión del submódulo está conectado con baja inductancia a un polo del acumulador de energía.

En el caso de un circuito de puente completo, dos circuitos en serie, de respectivamente dos interruptores de semiconductor de potencia con diodo libre respectivamente en sentido opuesto, están conectados paralelamente al acumulador de energía. Uno de los bornes de conexión está conectado al punto de potencial entre los interruptores de semiconductor de potencia del primer circuito en serie y el segundo borne de conexión del submódulo está conectado al punto de potencial entre los interruptores de semiconductor de potencia del segundo circuito en serie. En lugar de un interruptor de semiconductor de potencia naturalmente también pueden utilizarse varios interruptores de semiconductor de potencia conectados en serie, que se activan al mismo tiempo. Los interruptores de semiconductor de potencia activados de forma sincrónica se comportan entonces como un interruptor de semiconductor de potencia individual.

De manera conveniente, cada convertidor parcial presenta dos módulos de fase. Según ese perfeccionamiento ventajoso, los convertidores parciales están diseñados de forma especialmente conveniente en cuanto a los costes.

Según otra variante de la invención, los medios de intercambio de potencia adicional acoplan inductivamente unos con otros los medios de intercambio de potencia de polo positivo y los medios de intercambio de potencia de polo negativo. En este caso, se considera conveniente que los medios de intercambio de potencia de polo positivo presenten un transformador de polo positivo y que los medios de intercambio de polo negativo presenten un transformador de polo negativo. Los medios de intercambio de potencia adicional comprenden por ejemplo un bobinado terciario que está dispuesto en el transformador de polo positivo y otro bobinado terciario que está dispuesto en el transformador de polo negativo. De ese modo se proporciona un acoplamiento de potencia especialmente sencillo y, con ello, conveniente en cuanto a los costes, en el marco de la invención. Los transformadores con tres bobinados que están enrollados en un núcleo de transformador en común son bien conocidos por el estado del arte, de manera que aquí no se necesita abordar en detalle su conformación precisa.

Sin embargo, a diferencia de ello también es posible que los medios de intercambio de potencia adicional acoplen de forma inductiva la conexión de tensión alterna de uno de los convertidores parciales de polo positivo con la conexión de tensión alterna de uno de los convertidores parciales de polo negativo. Según esa variante ventajosa, los medios de intercambio de potencia adicional comprenden por ejemplo un transformador adicional, donde uno de los bobinados del transformador adicional está conectado con la conexión de la red de tensión alterna de uno de los convertidores parciales de polo positivo y el segundo bobinado del transformador adicional está conectado con una conexión de tensión alterna de los convertidores parciales de polo negativo.

Además, en el marco de la invención puede ser conveniente que los medios de intercambio de potencia adicional estén equipados con una conexión de red para la conexión de una red de suministro de tensión alterna. Esa

conexión de red es por ejemplo un bobinado terciario que forma parte de un transformador adicional. En cambio, si los medios de intercambio de potencia adicional comprenden un bobinado terciario de un transformador de polo positivo y un bobinado terciario de un transformador de polo negativo, la conexión de red está realizada como línea de conexión que está conectada de forma galvánica a una línea de interconexión, con la cual están conectados los bobinados terciarios de los medios de intercambio de potencia adicional.

Otras realizaciones convenientes y ventajas de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de ejecución de la invención, mediante referencia a las figuras del dibujo, donde los mismos símbolos de referencia remiten a los componentes que actúan del mismo modo, y donde las figuras muestran:

Figura 1: un convertidor de tensión continua según el estado del arte,

Figura 2: un convertidor de tensión continua ya registrado, pero no publicado,

Figura 3: un primer ejemplo de ejecución del convertidor de tensión continua según la invención,

Figura 4: otro ejemplo de ejecución del convertidor de tensión continua según la invención,

Figura 5: un módulo de fase de un convertidor parcial de un convertidor de tensión continua, según una de las figuras 3 ó 4,

Figuras 6, 7 y 8: ejemplos de ejecución de submódulos de un módulo de fase según la figura 5,

Figura 9: el convertidor de tensión continua según la figura 3, para la conexión de una red de corriente continua de alta tensión bipolar, posiblemente asimétrica, con una red de corriente continua de alta tensión simétrica, y

Figura 10: el convertidor de tensión continua según la figura 3 para la conexión de dos redes de corriente continua de alta tensión bipolares.

Las figuras 1 y 2 ya se describieron en detalle con relación a la introducción de la descripción.

La figura 3 muestra un ejemplo de ejecución del convertidor de tensión continua según la invención, que se compone de un circuito en serie de cuatro convertidores parciales 21, 22, 23 y 24; de manera que está proporcionado un circuito en serie del convertidor 25 que está conectado entre un borne de conexión positivo 2 y un borne de conexión negativo 3 de una primera conexión de tensión continua 1. Puede apreciarse además un borne de conexión central 26 que está conectado al potencial a tierra. Los convertidores parciales 21 y 22 están dispuestos entre el borne de conexión positivo 2 de la primera conexión de tensión continua 1 y el borne de conexión central 26, y a continuación se denominan como convertidores parciales de polo positivo 21 y 22. El punto de potencial entre los convertidores parciales de polo positivo 21 y 22 forma un borne de conexión positivo 5 de una segunda conexión de tensión continua 4. Entre el borne de conexión central 26 y el borne de conexión negativo 3 de la primera conexión de tensión continua 1 están dispuestos convertidores parciales 23 y 24, que a continuación se denominan como convertidores parciales de polo negativo 23 y 24. Expresado de otro modo, los convertidores parciales de polo positivo 21 y 22 están conectados entre el borne de conexión positivo 2 de la primera conexión de tensión continua 1 y el borne de conexión central 26, mientras que los convertidores parciales de polo negativo 23 y 24 están dispuestos entre el borne de conexión central 26 y el borne de conexión negativo 3 de la primera conexión de tensión continua 1. El punto de potencial entre los convertidores parciales de polo negativo 23 y 24 forma el borne de conexión negativo de la segunda conexión de tensión continua 4.

Cada uno de los convertidores parciales 21, 22, 23 y 24 mencionados presenta dos módulos de fase conectados de forma paralela, que respectivamente están diseñados como tres polos, y junto con dos bornes de conexión de tensión continua, disponen de un borne de conexión de tensión alterna. Los bornes de conexión de tensión alterna de los módulos de fase de un convertidor parcial 21, 22, 23 ó 24 forman juntos una conexión de tensión alterna 27, 28, 29; así como 30, del respectivo convertidor parcial 21, 22, 23 ó 24. Cada borne de conexión de tensión continua de un módulo de fase está conectado a uno de los bornes de tensión continua del módulo de fase paralelo.

La conexión de tensión alterna 27 del primer convertidor parcial de polo positivo 21 está acoplada de forma inductiva a la conexión de tensión alterna 29 del segundo convertidor parcial de polo positivo 22. Para ello, un transformador de polo positivo 31 se utiliza como medio de intercambio de potencia de polo positivo, que presenta un bobinado primario 32 y un bobinado secundario 22. El bobinado primario 32 está conectado de forma galvánica a la conexión de tensión alterna 27 del primer convertidor parcial de polo positivo 21 y el bobinado secundario 33 a la conexión de tensión alterna 29 del segundo convertidor parcial de polo positivo 22. El transformador de polo positivo 31 dispone además de un bobinado terciario 34, el cual se abordará más adelante con mayor detalle.

Del lado del polo negativo del convertidor de tensión continua 20 puede apreciarse un transformador de polo negativo 35 como medio de intercambio de potencia de polo negativo, el cual, del mismo modo, acopla de forma inductiva la conexión de tensión alterna 29 del primer convertidor parcial de polo negativo 23 con la conexión de tensión alterna 30 del segundo convertidor parcial de polo negativo 24.

5 Con la ayuda de los medios de intercambio de potencia de polo positivo 31, así como de los medios de intercambio de potencia de polo negativo 35, se posibilita un intercambio de potencia entre los convertidores parciales de polo positivo, así como de polo negativo. El flujo de potencia puede regularse mediante la activación de los interruptores de semiconductor de potencia de los respectivos convertidores parciales 21, 22, 23 y 24. Para ello se utiliza un controlador conveniente que depende de la respectiva topología de los convertidores parciales 21, 22, 23 y 24. Con la ayuda del controlador pueden regularse las tensiones y corrientes alternas en las conexiones de tensión alterna de los convertidores parciales. Las unidades de control o regulación de esa clase, sin embargo, son conocidas por el experto, de modo que este punto no necesita aquí abordarse con mayor detalle.

15 Como el transformador de polo positivo 31, también el transformador de polo negativo 35, junto con los bobinados 32 y 33 acoplados de forma inductiva unos con otros, dispone de un bobinado terciario 34 que está conectado de forma galvánica con el bobinado terciario 34 del transformador de polo positivo 31, mediante una línea de interconexión 36. De este modo, los bobinados terciarios 34 del transformador de polo positivo 31 y del transformador de polo negativo 35, junto con su línea de interconexión 36 de dos fases, forman así llamados medios de intercambio de potencia adicional 37, mediante los cuales está posibilitado un intercambio de potencia entre los medios de intercambio de potencia de polo positivo 31 y los medios de intercambio de potencia de polo negativo 35. Debido a ese acoplamiento de potencia adicional es posible utilizar el convertidor de tensión continua 20 para la conexión de redes de corriente continua de alta tensión que no sólo presenten tensiones nominales diferentes, sino una topología de transmisión diferente. Esa propiedad se abordará en detalle más adelante.

25 Del modo ya explicado, los bobinados terciarios 34, así como su línea de interconexión 36, forman medios de intercambio de potencia adicional 37. Los medios de intercambio de potencia adicional 37, en el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3, disponen de una conexión de red 38, que puede utilizarse como conexión para una red de suministro. La conexión de red 38 es aquí una línea de conexión de dos fases, que está conectada a la respectiva fase de la línea de interconexión 36.

30 La figura 4 muestra otro ejemplo de ejecución del convertidor de tensión continua según la invención, que se diferencia del ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3 sólo en el diseño de los medios de intercambio de potencia adicional 37. De este modo, el convertidor de tensión continua 20 mostrado en la figura 4, en lugar de bobinados terciarios, presenta un transformador adicional 39 que dispone de un bobinado primario 40, así como de un bobinado secundario 41, que están acoplados uno con otro de forma inductiva. De este modo, el bobinado primario 40 está conectado a la conexión de tensión alterna 27 del primer convertidor parcial de polo positivo 21. El bobinado secundario 41 del transformador adicional 39, en cambio, está conectado a la conexión de tensión alterna 29 del primer convertidor parcial de polo negativo 23. Mediante el transformador adicional 39 está posibilitado el intercambio de potencia entre uno de los convertidores parciales de polo positivo 21 y uno de los convertidores parciales de polo negativo 23. Puesto que los convertidores parciales de polo positivo 21 y 22, así como los convertidores parciales de polo negativo 23 y 24 están acoplados unos con otros mediante medios de intercambio de potencia de polo positivo, así como de medios de intercambio de potencia de polo negativo, también en el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 4 está posibilitado cualquier flujo de potencia entre los convertidores 21, 22, 23 y 24 y, con ello, también la conexión de redes de corriente continua de alta tensión diferentes.

45 La figura 5 muestra un ejemplo de ejecución de un módulo de fase de uno de los convertidores parciales 22, 23, 24; así como 25. Puede apreciarse que cada módulo de fase 7 presenta un primer borne de conexión de tensión continua 42, así como un segundo borne de conexión de tensión continua 43. Puede apreciarse además un borne de conexión de tensión alterna 44, donde entre cada borne de conexión de tensión continua 42, así como 43, y el borne de conexión de tensión alterna 44, respectivamente se extiende un brazo del convertidor 9. Expresado de otro modo, cada módulo de fase 7 dispone de dos brazos del convertidor 9 conectados en serie uno con otro, donde el punto de potencial entre los brazos del convertidor 9 conforma el borne de conexión de tensión alterna 44. En este punto cabe señalar que cada módulo de fase 7 puede presentar además inductancias para limitar una corriente circular que circula mediante los módulos de fase 7.

55 En la figura 5 puede apreciarse igualmente que los brazos del convertidor 9 y, con ello, los módulos de fase 7, presentan respectivamente un circuito en serie de submódulos bipolares 46, que en el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 5 están conformados de modo diferente unos con respecto a otros. En los ejemplos 6, 7 y 8 están representados ejemplos de submódulos 46 de esa clase. En el marco de la invención, los módulos de fase 7 pueden componerse de submódulos idénticos, pero también de submódulos diferentes, como se indica en la figura 5.

El submódulo 46 ilustrado en la figura 6 se trata de un así llamado circuito de medio puente. Puede apreciarse que ese submódulo 46 presenta un acumulador de energía 47 en forma de un condensador unipolar 47. Al condensador 47 está conectado de forma paralela un circuito en serie 48 de dos interruptores de semiconductores de potencia 49, aquí IGBTs, donde a cada IGBT 49 está conectado a su vez de forma paralela, en sentido opuesto, un diodo libre 50. Un primer borne de conexión del submódulo 51, del submódulo 46, está conectado a un polo del condensador 47, mientras que un segundo borne de conexión del submódulo 52 está conectado al punto de potencial, entre los IGBTs 49. Dependiendo de la activación de los interruptores de semiconductores de potencia 49, de este modo, puede generarse en el condensador 47 la tensión descendente U_m o sin embargo una tensión de equilibrio.

La figura 7 muestra otro ejemplo de ejecución de un submódulo 46 que igualmente presenta un acumulador de energía 47 en forma de un condensador, en el cual disminuye una tensión unipolar U_m . También aquí está proporcionado un circuito en serie 48 de dos IGBTs 49, donde a cada IGBT 49 está conectado nuevamente de forma paralela, en sentido opuesto, un diodo libre 50. Además, sin embargo, está proporcionado también un segundo circuito en serie 53, que igualmente está conectado de forma paralela al condensador 47. También el segundo circuito en serie 53 presenta dos IGBTs 49 conectados en serie, a los cuales respectivamente está conectado de forma paralela, en sentido opuesto, un diodo libre 50. El primer borne de conexión del submódulo 51 está conectado al punto de potencial entre los IGBTs 49 del primer circuito en serie 46, donde el punto de potencial entre los IGBTs 47 del segundo circuito en serie 50 conforma el segundo borne de conexión 52. Con un circuito de puente completo, en los dos bornes de conexión 51 y 52 puede generarse en primer lugar la tensión descendente U_m en el acumulador de energía 47, una tensión de equilibrio o sin embargo la tensión del condensador inversa $-U_m$.

Además, con el circuito de puente completo 46 según la figura 7 puede controlarse de forma dirigida el flujo de corriente entre los bornes de conexión 51 y 52 en ambas direcciones. Expresado de otro modo, en el caso de un cortocircuito, en ambas direcciones, con la ayuda de un módulo de puente completo 46, puede constituirse un potencial opuesto que puede utilizarse para suprimir la corriente de cortocircuito. En el caso de un submódulo 46 según la figura 6, que por lo tanto está realizado como circuito de medio puente, en el caso de una polaridad correspondiente, una corriente puede circular desde el borne de conexión del submódulo 51, mediante el diodo libre inferior 50, hacia el borne de conexión del submódulo 52, sin que la misma pueda interrumpirse de forma activa. Por lo tanto, no puede ser influenciada una corriente de cortocircuito en esa dirección. Por otra parte, el circuito de medio puente presenta la ventaja de que el mismo sólo requiere dos IGBTs y dos diodos libres para su estructura y, con ello, puede producirse de forma esencialmente más conveniente en cuanto a los costes que el circuito de puente completo según la figura 7. Además, las pérdidas del circuito de medio puente son más reducidas.

Una solución intermedia entre las dos variantes, es decir, el circuito de medio puente y el de puente completo, se encuentra en el submódulo 46 mostrado en la figura 8, el cual también es conocido como el así llamado circuito de módulo doble. El circuito de módulo doble 46 está descrito de forma detallada en la solicitud WO 2011/067120 y se compone de dos subunidades 54 y 55 idénticas, cuya topología toma como modelo aquella de un circuito de medio puente. Las subunidades 54 y 55 comprenden respectivamente un acumulador de energía 47 en forma de un condensador, así como un circuito en serie 48 de dos IGBTs 49 con diodo libre 50 respectivamente antiparalelo. De manera alternativa se consideran semiconductores de potencia que conducen en sentido inverso. Un primer borne de conexión del submódulo 51 está conectado al punto de potencial entre los IGBTs 49 de la primera subunidad 54, mientras que el segundo borne de conexión del submódulo 52 está conectado al punto de potencial entre los IGBTs 49 de la segunda subunidad 55. Las dos subunidades 54 y 55 están conectadas una con otra mediante medios de conexión 56, donde los medios de conexión 56 presentan diodos de separación de potencial 57, así como otro IGBT 49 en una derivación central 58 que conecta el cátodo del diodo de separación de potencial inferior 57 con el ánodo del diodo de separación de potencial superior 57. Ese submódulo 46, en sus bornes de conexión del submódulo 51, 52, puede generar las mismas tensiones que dos circuitos de medio puente 46 conectados en serie según la figura 6, donde sin embargo los medios de conexión 56 se encargan de que pueda constituirse un potencial opuesto con respecto a las corrientes de cortocircuito, en ambas direcciones. De este modo, corrientes de cortocircuito que intentan circular en ambas direcciones mediante los bornes de conexión 51 y 52 pueden reducirse de forma apropiada o incluso pueden suprimirse.

Nuevamente haciendo referencia a la figura 5, de este modo, dependiendo de la activación de los submódulos 46, puede variar de forma gradual la tensión descendente entre la respectiva conexión de tensión continua 42, 43 y la respectiva conexión de tensión alterna 44. De este modo, en la conexión de tensión alterna 44 de cada convertidor parcial 21, 22, 23, 24 puede regularse una tensión alterna.

La figura 9 muestra el convertidor de tensión continua según la figura 3, donde la primera conexión de tensión continua 1 está conectada a una red de corriente continua de alta tensión bipolar 59. La red de corriente continua de alta tensión 59 dispone de una línea polar positiva 60, que está conectada a un borne de la conexión de tensión continua de un convertidor de doce pulsos 61. El segundo borne de la conexión de tensión continua del convertidor de doce pulsos 61 está conectado a una línea polar negativa 62, que a su vez está conectada al borne de conexión negativo 3 de la primera conexión de tensión continua 1 del convertidor de tensión continua 20.

5 El convertidor de doce pulsos 61, de manera conocida, dispone de dos convertidores de seis pulsos 63 y 64 conectados en serie uno con respecto a otro, donde el punto de conexión entre los convertidores de seis pulsos 63 y 64 está conectado al potencial a tierra. Esa conexión a tierra está conectada al borne de conexión central 20 del convertidor de tensión continua 20 mediante una línea de conexión a tierra 64. Cada uno de los convertidores de seis pulsos 63 y 64 dispone además de una conexión de tensión alterna 65, que está conectada a un bobinado de un transformador 66 de tres arrollamientos. El transformador 66, mediante su bobinado primario, está conectado a una red de tensión alterna no representada en detalle. Mediante la diferente conexión en circuito (triángulo, estrella) de los bobinados restantes del transformador está proporcionado un desplazamiento de fases, de manera que está posibilitado el circuito de doce pulsos deseado. La red de corriente continua de alta tensión bipolar presenta la ventaja de que la transmisión de potencia puede continuar también en el caso de una falla de un polo, por tanto, por ejemplo en el caso de una falla del convertidor 65, donde la línea de conexión a tierra 65 ocupa el lugar de la línea polar 62. Las líneas polares 60 y 62, por tanto, pueden cargarse en diferente grado, donde corrientes de compensación circulan mediante la línea de conexión a tierra 65.

15 La segunda conexión de tensión continua 4 del convertidor de tensión continua 20, en cambio, está conectada a una así llamada red de corriente continua de alta tensión simétrica, por tanto, a una segunda red de corriente continua de alta tensión 68 que presenta una línea polar de tensión continua positiva 69 y una línea polar de tensión continua negativa 70. Las dos líneas polares de tensión continua 68 y 69 están conectadas respectivamente a la conexión de tensión continua de un convertidor unipolar 71, que por ejemplo se compone de tres módulos de fase 7 según la figura 5, que están conectados en circuito formando un puente de Graetz. Por lo tanto, el convertidor 71 dispone de una conexión de tensión alterna 72, a la cual está conectada por ejemplo una red de tensión alterna de un parque eólico. Las líneas polares de tensión continua 69 y 70 están aquí siempre cargadas con la misma intensidad. La transmisión de potencia tiene lugar de forma simétrica. Con la ayuda del convertidor de tensión alterna 20, también en el caso de una falla de un polo, puede mantenerse un flujo de potencia entre los convertidores 61 y 71.

25 La figura 10 muestra la utilización del convertidor de tensión continua 20 para la conexión de dos convertidores bipolares 61. En este caso, las dos líneas de conexión a tierra 65 están conectadas al borne de conexión central 26 puesto a tierra, del convertidor de tensión continua.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de tensión continua (20) para conectar redes de corriente continua de alta tensión (59,67) que presentan tensiones diferentes, con
- 5 - un circuito en serie del convertidor (25) formado por convertidores parciales (21, 22, 23,24) conectados en serie, que está dispuesto entre un borne de conexión positivo (2) y uno negativo (3) de una primera conexión de tensión continua (1),
- donde al menos dos convertidores parciales del circuito en serie del convertidor, como convertidores parciales de polo positivo (21, 22), están dispuestos en serie entre un borne de conexión central (26) y el borne de conexión positivo (2) de la primera conexión de tensión continua (1), y
- 10 - los convertidores parciales de polo positivo (21, 22), mediante medios de intercambio de potencia de polo positivo (31), están conectados unos con otros, de manera que está posibilitado el intercambio de potencia eléctrica entre los convertidores parciales de polo positivo (21, 22),
- donde el punto de potencial entre los convertidores parciales de polo positivo (21, 22) conforma un borne de conexión positivo (5) de una segunda conexión de tensión continua (4),
- 15 - donde al menos dos convertidores parciales del circuito en serie del convertidor, como convertidores parciales de polo negativo (23, 24), están dispuestos en serie entre el borne de conexión central (26) y el borne de conexión negativo (3) de la primera conexión de tensión continua (1), y
- los convertidores parciales de polo negativo (23, 24), mediante medios de intercambio de potencia de polo negativo (35), están conectados unos con otros, de manera que está posibilitado el intercambio de potencia eléctrica entre los convertidores parciales de polo negativo (23, 24),
- 20 - donde el punto de potencial entre los convertidores parciales de polo negativo (23, 24) conforma un borne de conexión negativo (6) de la segunda conexión de tensión continua (4),
- donde están proporcionados medios de intercambio de potencia adicional (37), que están conectados con los convertidores parciales de polo positivo (21, 22) y los convertidores parciales de polo negativo (23, 24), de manera que está posibilitado un intercambio de potencia entre los convertidores parciales de polo positivo (21, 22) y los convertidores parciales de polo negativo (23, 24), mediante los medios de intercambio de potencia adicional (37), y
- 25 - los medios de intercambio de potencia de polo positivo presentan un transformador de polo positivo (31) y los medios de intercambio de potencia de polo negativo presentan un transformador de polo negativo (35),
- 30 caracterizado porque
- los medios de intercambio de potencia adicional (37) presentan un bobinado terciario (34) en el transformador de polo negativo (35) y un bobinado terciario en el transformador de polo positivo (31) y el bobinado terciario (34) del transformador de polo positivo (31) está conectado de forma galvánica al bobinado terciario (34) del transformador de polo negativo (35),
- 35 - cada convertidor parcial (21, 22, 23,24) presenta al menos dos módulos de fase (17), donde cada módulo de fase (7) presenta un circuito en serie de submódulos bipolares (46), y
- cada submódulo (46) presenta un acumulador de energía (47), así como un circuito de semiconductor de potencia, donde está conformado un circuito de medio puente o de puente completo, o un módulo doble.
- 40 2. Convertidor de tensión continua (20) según la reivindicación 1, caracterizado porque los módulos de fase (17) están realizados como tres polos y respectivamente disponen de dos bornes de conexión de tensión continua (42, 43) y de un borne de conexión de tensión alterna (44), de manera que los bornes de conexión de tensión alterna (44) conforman una conexión de tensión alterna (27, 28, 29,30) del respectivo convertidor parcial (21, 22, 23,24).
- 45 3. Convertidor de tensión continua (20) según la reivindicación 2, caracterizado porque los medios de intercambio de potencia de polo positivo (31) y los medios de intercambio de potencia de polo negativo (35) presentan respectivamente un transformador que respectivamente conecta unas con otras conexiones de tensión alterna (27,28,29,30) de diferentes convertidores parciales (21,22,23,24).

4. Convertidor de tensión continua (20) según una de las reivindicaciones 2 a 3, caracterizado porque cada convertidor parcial (21, 22, 23,24) presenta dos módulos de fase (7).
- 5 5. Convertidor de tensión continua (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los medios de intercambio de potencia adicional (37) acoplan inductivamente unos con otros los medios de intercambio de potencia de polo positivo (31) y los medios de intercambio de potencia de polo negativo (35).
6. Convertidor de tensión continua (20) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los medios de intercambio de potencia adicional (37) acoplan inductivamente una con otra la conexión de tensión alterna (27, 28) de uno de los convertidores parciales de polo positivo (21, 22) con la conexión de tensión alterna (29, 30) de uno de los convertidores parciales de polo negativo (23,24).
- 10 7. Convertidor de tensión continua (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los medios de intercambio de potencia adicional (37) están equipados con una conexión de red (38) para la conexión de una red de suministro de tensión alterna.

FIG 1

(Estado de la técnica)

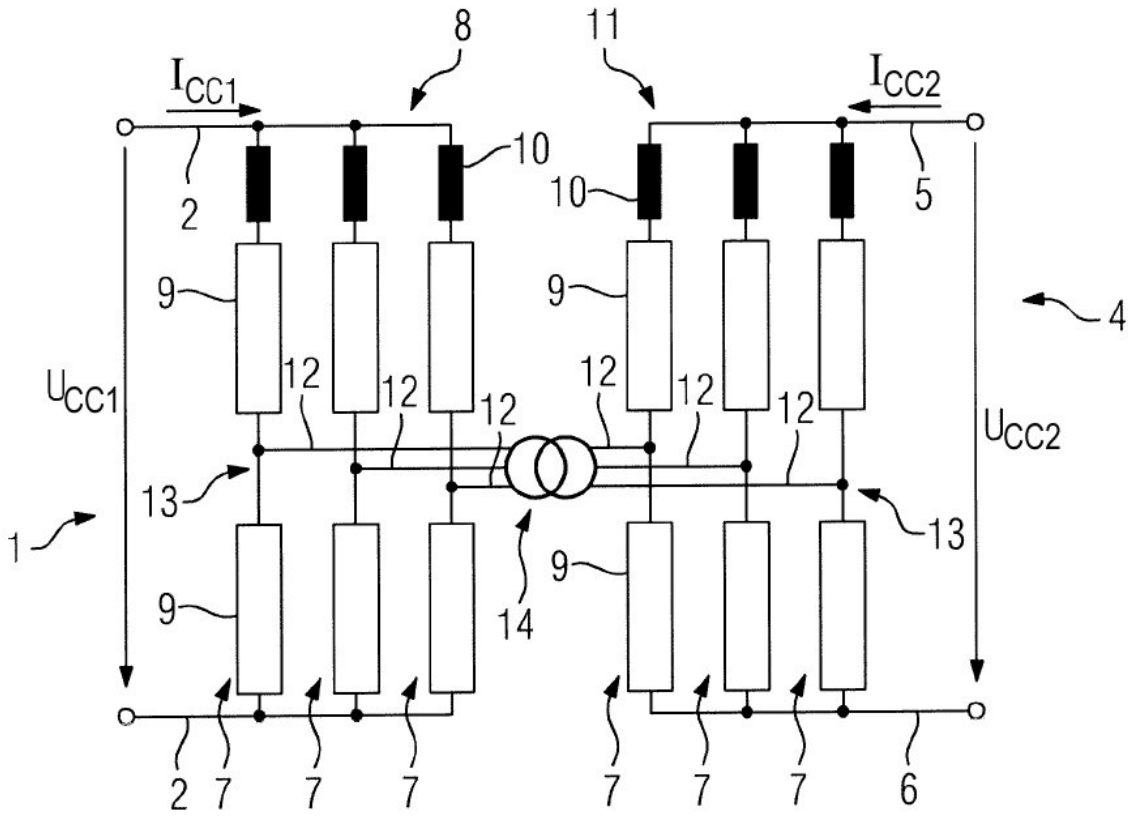


FIG 2

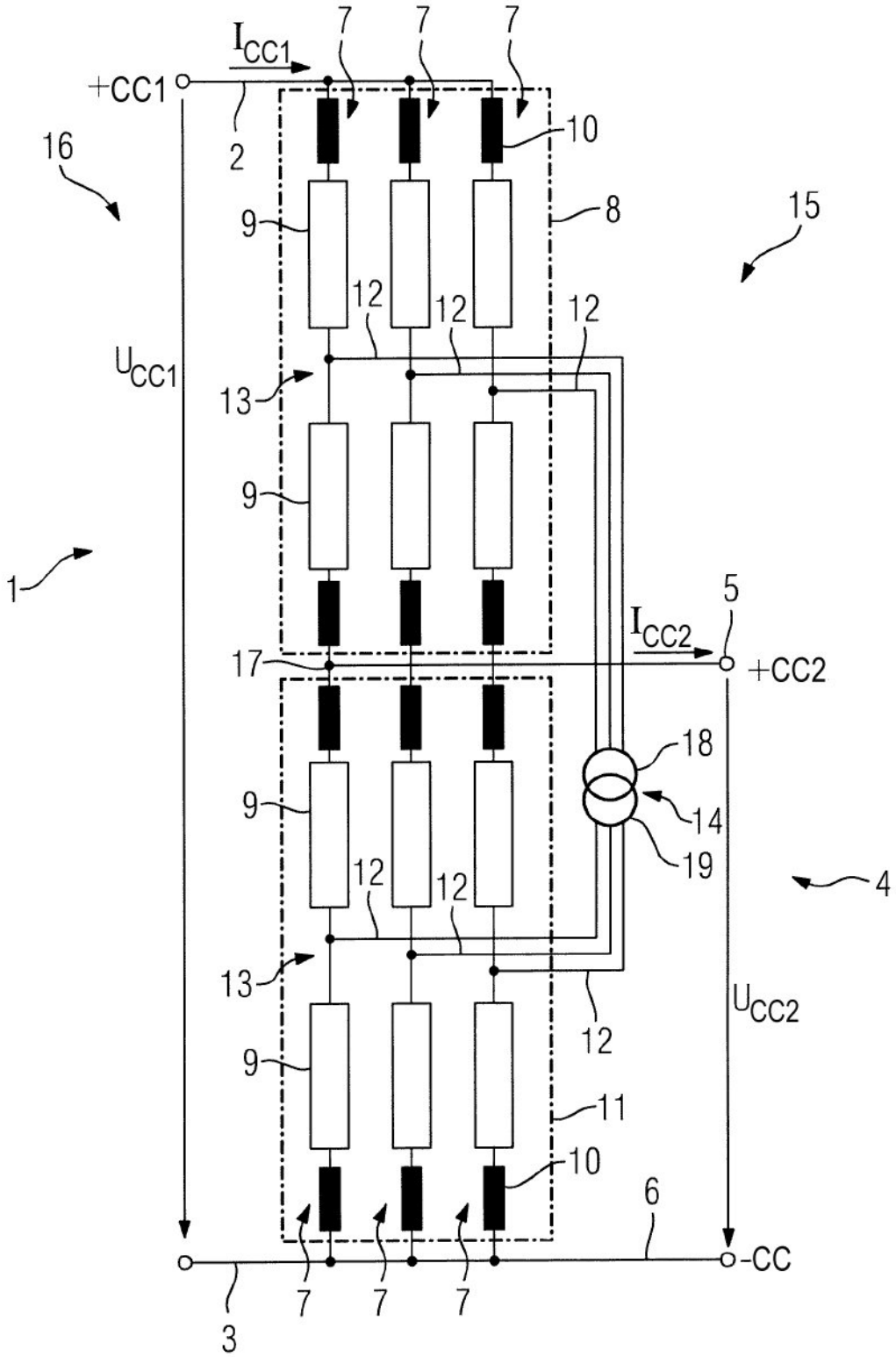


FIG 3

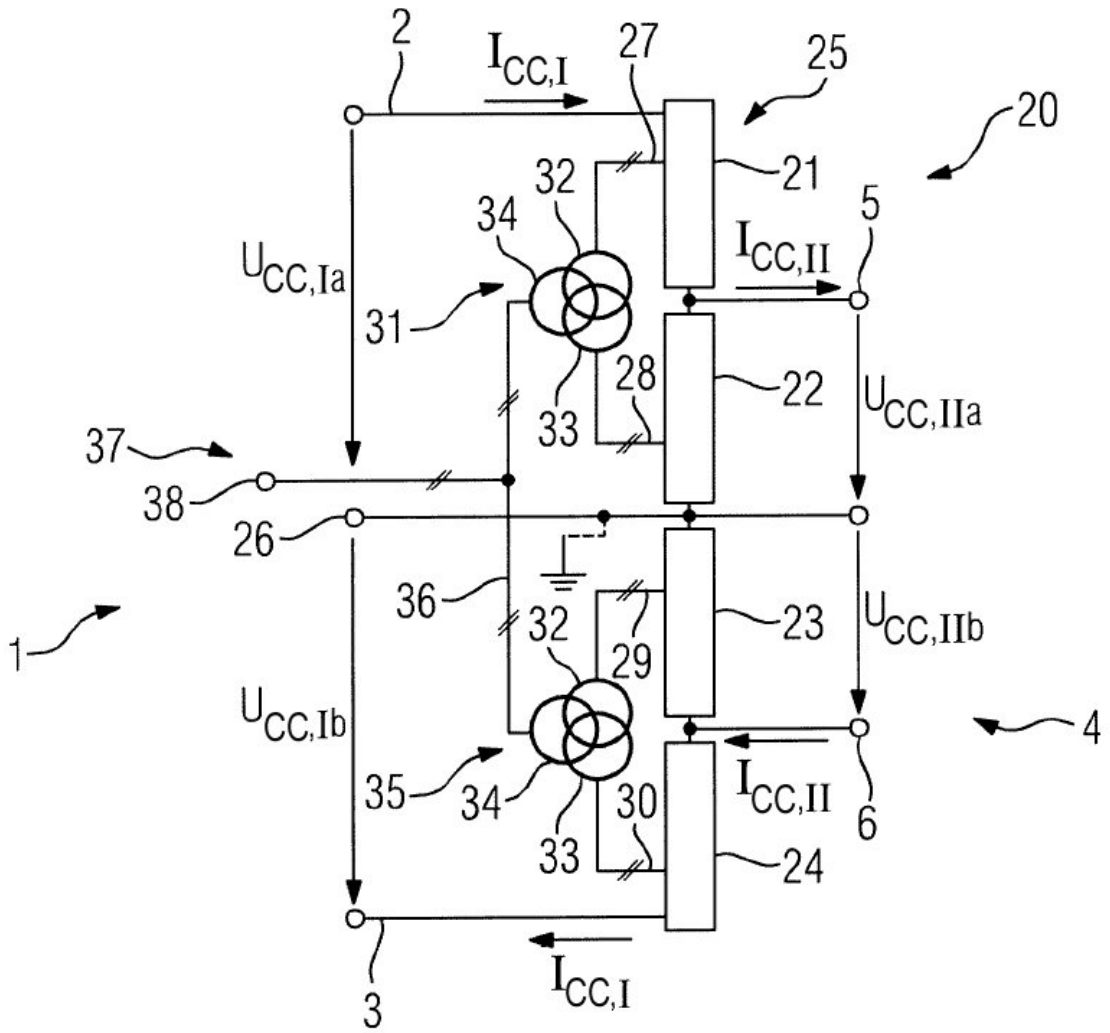


FIG 4

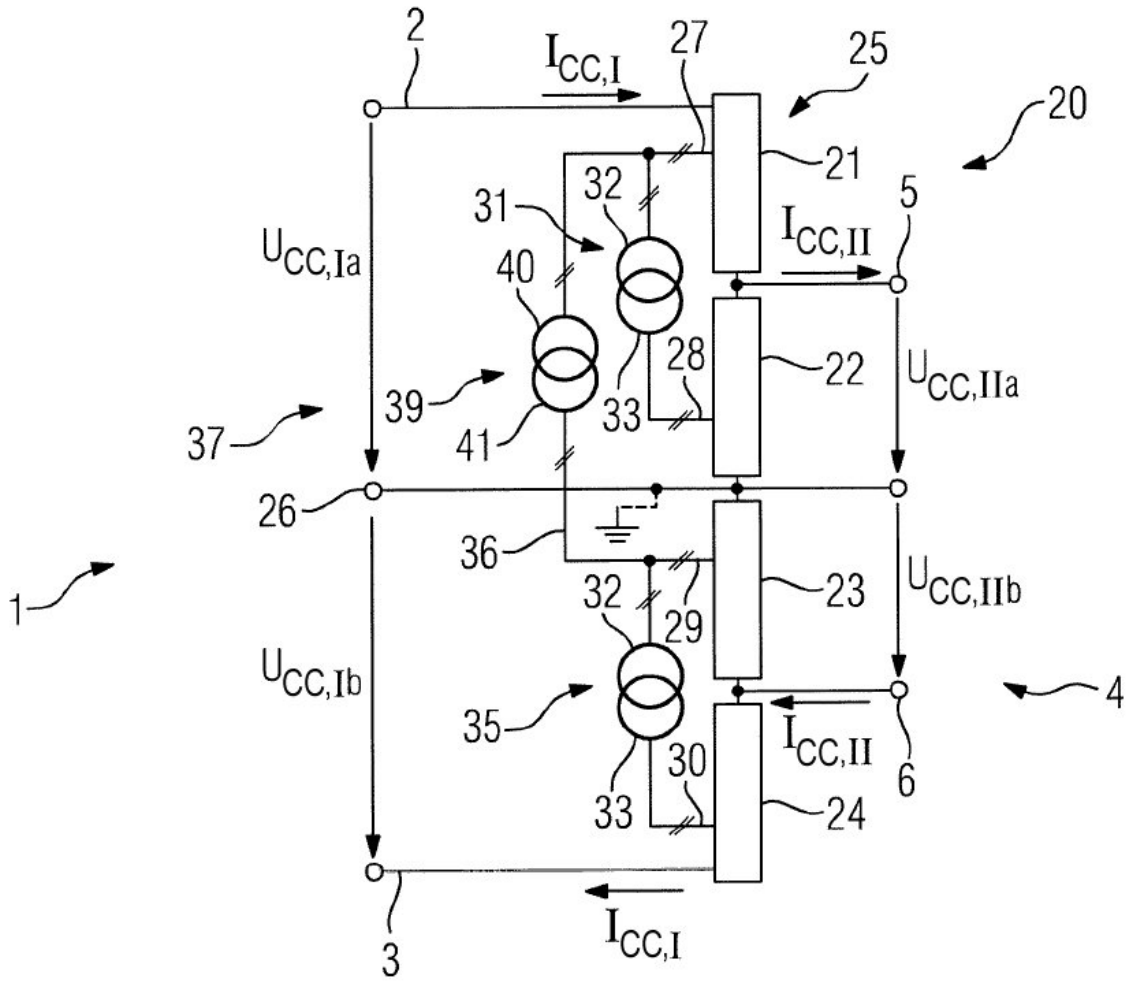


FIG 5

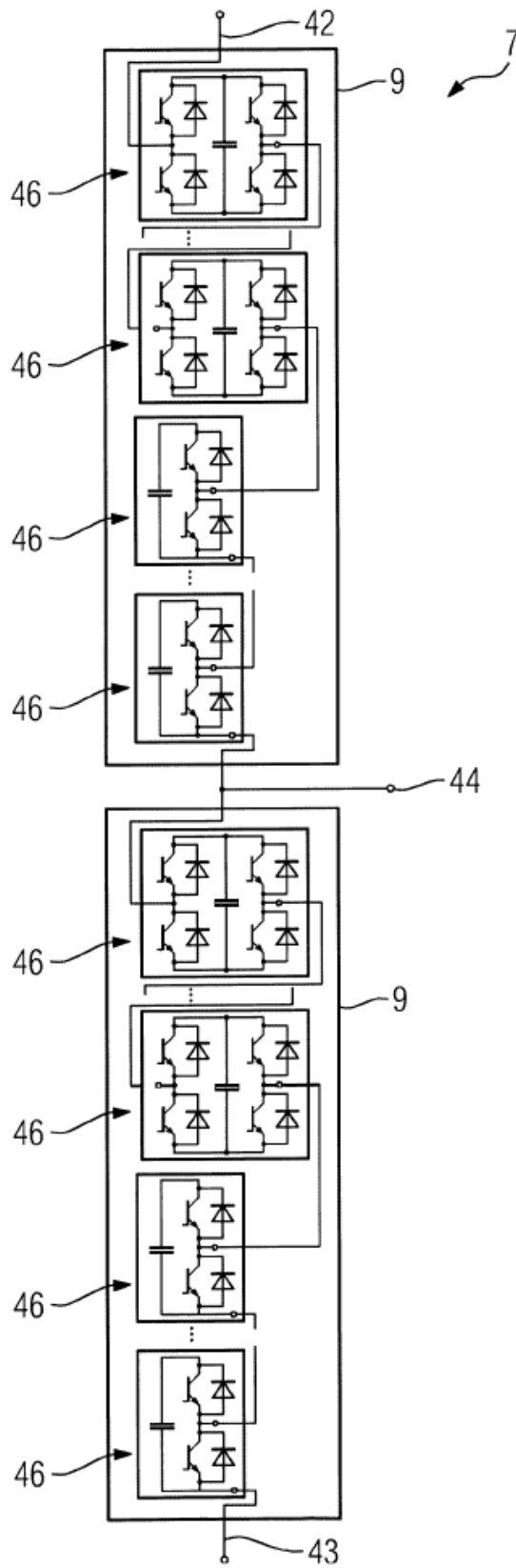


FIG 6

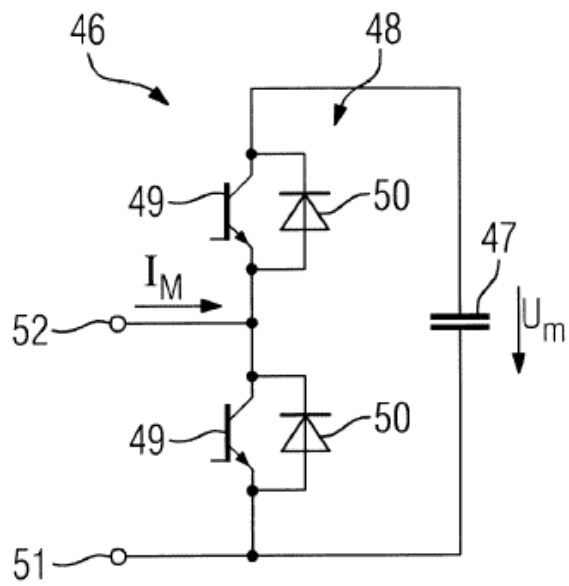


FIG 7

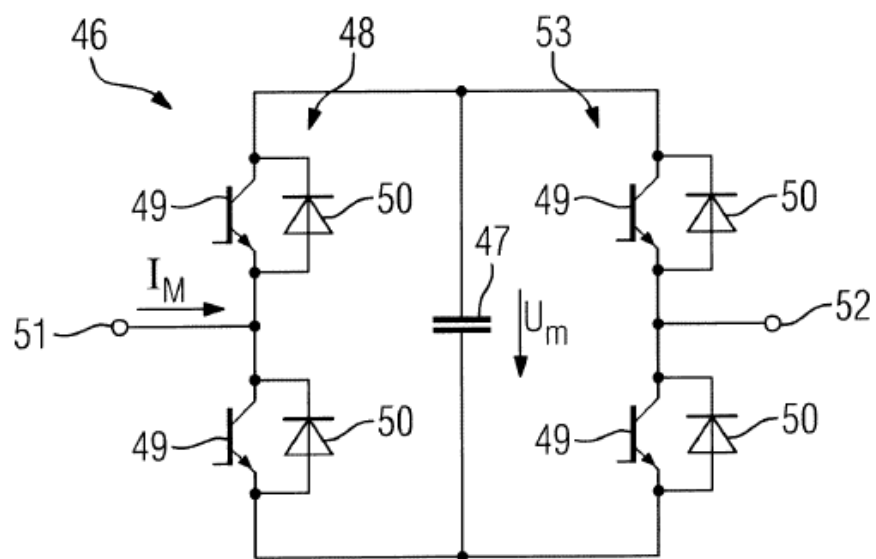


FIG 8

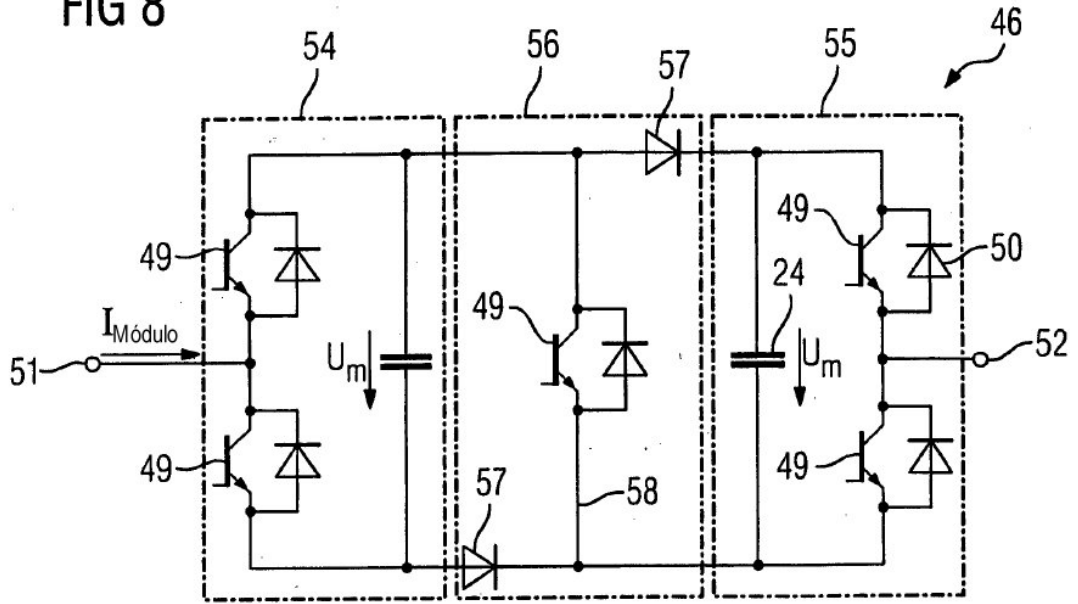


FIG 9

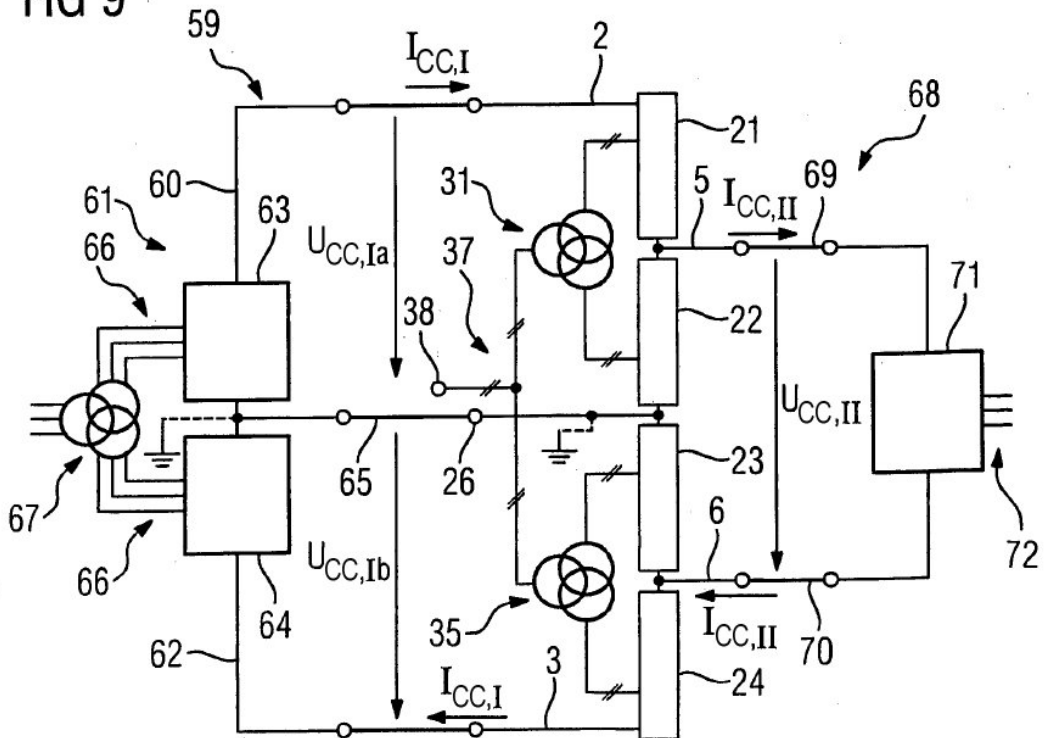


FIG 10

