

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 039**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48 (2007.01)

H02J 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2012 E 12170485 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2670041**

54 Título: **Conjunto de suministro de potencia con un inversor para crear corriente alterna N-fásica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.04.2015

73 Titular/es:

AEG POWER SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Emil-Siepmann-Strasse 32
59581 Warstein-Belecke, DE

72 Inventor/es:

AVERBERG, DR. ING. ANDREAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 533 039 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

Conjunto de suministro de potencia con un inversor para crear corriente alterna N-fásica.

La presente invención se refiere a una disposición de suministro de corriente con un inversor para la generación de corriente alterna N-fásica y con al menos un transformador de corriente alterna N-fásica con arrollamientos primarios y con arrollamientos secundarios, en la que los arrollamientos primarios están conectados en polígono y en la marcha en vacío del transformador se pone a cero un vector de sumas de las tensiones que se aplican en los N arrollamientos secundarios.

Se conoce a partir de la solicitud de patente europea no publicada con el número de solicitud 11 174 546.9 una disposición de suministro de corriente de este tipo (ver la figura 1, que está tomada de la solicitud 11 174 546.9). Se conoce a partir de la misma solicitud 11 174 546.9 emplear esta primera disposición de suministro de corriente para la alimentación de barras de silicio para la fabricación de polisilicio de acuerdo con el procedimiento de Siemens. La primera disposición de suministro de corriente representada en la solicitud 11 174 546.9 mencionada tiene tres salidas, en las que se ponen a disposición tensiones desplazadas 120° entre sí. Estas tensiones accionan corrientes de frecuencia media con una frecuencia entre 1 y 1000 kHz en las barras de silicio. Las tensiones son acondicionadas a través de un transformador de corriente alterna trifásica, que presenta tres arrollamientos primarios y tres arrollamientos secundarios. Los arrollamientos primarios están conectados en triángulo. En la marcha en vacío del transformador, un vector de sumas de las tensiones que se aplican en los tres arrollamientos secundarios pasa a cero.

Los tres arrollamientos secundarios están conectados en serie y están dispuestos paralelos a tres salidas de la tensión de suministro de corriente. En las salidas están conectadas como cargas unas barras de silicio, a través de las cuales la disposición de suministro de corriente acciona una corriente.

Además del suministro de corriente a través de las primeras disposiciones de suministro de corriente se pueden alimentar las barras de silicio, como se describe en la solicitud mencionada 11 174 546.9, al mismo tiempo para la alimentación con las primeras disposiciones de suministro de corriente desde una segunda disposición de suministro de corriente. En esta segunda disposición de suministro de corriente, las barras de silicio están conectadas en serie. El suministro de corriente se realiza con una corriente con una frecuencia de aproximadamente 50 Hz.

En la solicitud 11 174 546.9 se describe que la segunda disposición de suministro de corriente está desacoplada desde las primeras disposiciones de suministro de corriente porque la tensión a través de las salidas conectadas en serie de las primeras disposiciones de suministro de corriente es cero.

También se conocen como estado de la técnica los documentos US 2 758 144, DE 1 204 321, EP 2 346 150 y DE 1 509 941.

Sin embargo en la práctica se plantean problemas cuando las cargas en las salidas de una primera disposición de suministro de corriente no son del mismo tamaño. Especialmente cuando la inductividad de una de las cargas es mayor que la inductividad de la otra carga, pueden resultar diferencias, en parte, muy considerables, en los importes de las tensiones proporcionadas en las salidas de las primeras disposiciones de suministro de corriente. Esto conduciría a que esta suma de las tensiones a través de las salidas de la primera disposición de suministro de corriente no sea ya 0 V. En su lugar, se consiguen importes de varios 100 V. La tensión, que se consigue puede depender de la frecuencia, con la que se acciona la primera disposición de suministro de corriente.

Esta carga irregular de la primera disposición de suministro de corriente y la tensión que resulta de ello a través de las salidas conectadas en serie de la primera disposición de suministro de corriente puede conducir a que la segunda disposición de suministro de corriente se dale o se destruya.

Por lo tanto, la invención tiene el cometido de desarrollar una primera disposición de suministro de corriente, de tal manera que se eviten en la mayor medida posible las diferencias entre los valores de las tensiones en las salidas de una primera disposición de suministro de corriente mencionada al principio.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque cada punto de esquina del polígono formado por los arrollamientos primarios está conectado a través de un condensador, respectivamente, con una conexión de conductores exteriores del inversor.

Los condensadores que conectan los puntos de esquina del polígono con las conexiones de conductores exteriores están dispuestos indirectamente en el funcionamiento de la disposición de suministro de corriente, es decir, bajo la intercalación del transformador, en el circuito de corriente de dos cargas. De esta manera, los condensadores proporcionan una compensación de la diferencia de importe entre las tensiones en las salidas de la disposición de suministro de corriente. Los condensadores pueden tener una capacidad de 4 a 6 μF , en particular de 4,5 μF . Los condensadores sobre el lado primario pueden presentar otra capacidad y otros valores de la carga de la tensión que los condensadores sobre el lado secundario. Valores típicos de la capacidad para condensadores en el lado

secundario pueden ser 2 uF a 10 uF.

Las salidas de la disposición de suministro de corriente están dispuestas con preferencia paralelamente a los arrollamientos secundarios.

5 De la misma manera es posible de forma ventajosa que las salidas de la disposición de suministro de corriente estén dispuestas paralelamente a circuitos en serie formados, respectivamente, por uno de los arrollamientos secundarios y otro condensador. A través de los otros condensadores, la disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención, designada también como primera disposición de suministro de corriente, se puede desacoplar de una segunda disposición de suministro de corriente, que está prevista paralelamente a un circuito en serie de las salidas de la primera disposición de suministro de corriente. Estos otros condensadores forman junto con otros
10 componentes pasos altos, que impiden que corriente de baja frecuencia, en comparación con las corrientes de salida de la primera disposición de suministro de corriente, impulsada por la segunda disposición de suministro de corriente fluya hasta el interior de las primeras disposiciones de suministro de corriente y la dañe o destruya.

15 También en el caso de tal desacoplamiento de la primera disposición de suministro de corriente desde la segunda disposición de suministro de corriente, en el caso de carga desigual, se puede reducir la tensión a través de todas las salidas de la primera disposición de suministro de corriente. No obstante, la reducción no es tan clara como en el caso de que se prescindiera de estos condensadores de las conexiones de conductores exteriores.

20 El cometido se puede solucionar de acuerdo con la invención de la misma manera porque a tensión se puede regular a través de al menos N-1 arrollamientos secundarios de manera discreta o continua. Se puede conseguir una posibilidad de regulación discreta de la tensión porque los arrollamientos secundarios tienen varias tomas. Si la tensión se puede regular a través de N-1 arrollamientos secundarios, se puede modificar de tal forma que las tensiones sobre las cargas conectadas en la disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención son efectivamente iguales.

25 Otra solución de acuerdo con la invención consiste en que de los condensadores en serie con los arrollamientos secundarios al menos N-1 tienen una capacidad regulable. También con tales condensadores se podría conseguir que las tensiones sobre las cargas conectadas en la disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención sean efectivamente iguales.

El inversor puede ser un circuito p0uente con transistores de potencia.

30 La instalación de suministro de corriente puede comprender un convertidor de frecuencia y el inversor puede ser parte del convertidor de frecuencia. Además del inversor, el convertidor de frecuencia puede comprender un rectificador y un circuito intermedio de tensión continua.

El convertidor de frecuencia puede ser de manera alternativa también un convertidor directo. El inversor en el sentido de esta solicitud es entonces un componente digital del convertidor directo.

35 La disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención puede ser parte de un reactor para fabricación de polisilicio de acuerdo con el procedimiento de Siemens. La disposición de suministro de corriente puede ser una primera disposición de suministro de corriente para el suministro de barras de silicio o barras finas de silicio con corriente alterna para el calentamiento inductivo. Las barras de silicio o barras finas de silicio se pueden disponer en un recipiente reactor. En el recipiente reactor están previstos soportes de fijación, con los que se retienen las barras de silicio o barras finas de silicio. Los soportes de fijación son al mismo tiempo conexiones eléctricas, con las que se integran las barras de silicio o las barras finas de silicio en el circuito de carga.

40 El reactor puede presentar una segunda disposición de suministro de corriente para el suministro de las barras de silicio o barras finas de silicio con corriente alterna para el calentamiento inductivo. Esta segunda disposición de suministro de corriente puede presentar un transformador con varias tomas en el lado secundario y reguladores de potencia conectados en ella, que son impulsadas en control secuencial de la tensión y se conectan con una conexión de conductores exteriores de una salida de la segunda disposición de suministro de corriente, como se publica, por ejemplo, también en la figura 1. Una frecuencia de la corriente alterna que puede ser generada por la
45 primera disposición de suministro de tensión está entre 1 y 1000 kHz y una frecuencia de la corriente alterna que puede ser generada por la segunda disposición de suministro de corriente está entre 1 y 100 Hz.

Otras características de la invención se ilustran con la ayuda de la siguiente descripción de ejemplos de realización preferidos con referencia a las figuras adjuntas. En ellas.

50 La figura 1 muestra un diagrama de una disposición de acuerdo con el estado de la técnica de una primera disposición de suministro de corriente y una segunda disposición de suministro de corriente.

La figura 2 muestra un diagrama de una primera disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención, y

La figura 3 muestra un diagrama de una segunda disposición de suministro de corriente de acuerdo con la invención.

La disposición de acuerdo con la invención representada en la figura 1 comprende una primera disposición de suministro de corriente VSC y una segunda disposición de suministro de corriente MF, que están previstas en común para el suministro de cargas conectadas en la disposición con energía eléctrica. En las cargas se trata de barras de silicio 3, que están colocadas en un reactor para la fabricación de polisilicio a través de separación de vapor de acuerdo con el procedimiento de Siemens.

En un recipiente de reactor están colocados unos soportes de fijación 7, que retienen, por una parte, las barras de silicio 3 y, por otra parte, establecen un contacto eléctrico entre las barras de silicio 3 y las conexiones eléctricas del reactor.

La primera disposición de suministro de corriente MF tiene una entrada, que está conectada en un conductor exterior L 1 y en un conductor neutro N de un sistema de corriente alterna monofásica, como una segunda disposición de suministro de corriente VSC. La primera disposición de suministro de corriente MF presenta un convertidos AC-AC 1, que está conectado en la entrada de la segunda disposición de suministro de corriente MF.

En el convertidor AC-AC 1 se puede tratar de un convertidor de matriz, con el que se convierte la corriente alterna monofásica en la entrada del convertidor AC-AC 1 con una frecuencia de 50 a 60 Hz en una corriente alterna trifásica con una frecuencia de 20 a 200 MHz. El convertidor AC-AC 1 es, por lo tanto, al mismo tiempo un circuito para la conversión de la corriente de entrada en las corrientes alternas trifásicas y un convertidor de frecuencia. En la salida del convertidor AC-AC 1 se proporcionan a través de tres conductores exteriores L1', L2', L3' las corrientes alternas trifásicas.

La salida del convertidor AC-AC 1 está conectada con un transformador de corriente alterna trifásica 2, cuyos arrollamientos primarios 211, 212, 213 están conectados en el triángulo. Los arrollamientos secundarios 212, 222, 232 están conectados con conexiones H", L1", L2", L3", que forman por parejas salidas de las segundas disposiciones de suministro de corriente MF. En esta salidas están conectadas las barras de silicio 3, estando conectada una barra de silicio 31 con las conexiones H", L1", que forman una primera salida, estando conectada una segunda barra de silicio 32 con las conexiones L1", L2", que forman una segunda salida y estando conectada una tercera barra de silicio 33 con las conexiones L2", L3", que forman una tercera salida de la segunda instalación de suministro de corriente MF. En virtud del ángulo de las fases de 120° entre los conductores exteriores se ajusta de tal manera que entre la conexión H" y la conexión L3", en el caso de carga simétrica a través de las barras de silicio 31, 32, 33 no cae ninguna tensión.

El convertidor AC-AC 1 es controlado por un control 8, lo que no se representa en detalle.

En principio, las conexiones H" y L3" podrían conectarse sin repercusiones sobre la segunda disposición de suministro de corriente MF. Los arrollamientos secundarios 31, 32, 33 estarían conectados entonces en el triángulo. No obstante, no se establece una conexión entre estas dos conexiones H" y L3", puesto que ésta cortocircuitaría también la conexión de conductores exteriores L1" y la conexión de conductores exteriores N" de la segunda disposición de suministro de corriente VSC. Sin embargo, esto no es deseable.

Puesto que entre las conexiones H" y L3" de la segunda disposición de suministro de corriente MF no cae ninguna tensión, y de esta manera tampoco entre las conexiones L1", N" de la salida de la segunda disposición de suministro de corriente VSC cae ninguna tensión acondicionada por la primera disposición de suministro de corriente MF, la segunda disposición de suministro de corriente MF en el caso de una carga simétrica a través de las barras de silicio 31, 32, 33 no puede impulsar ninguna corriente en la primera disposición de suministro de corriente VSC.

La segunda disposición de suministro de corriente VSC tiene una entrada, que está conectada en un conductor exterior L1 y en un conductor neutro N de un sistema de corriente alterna monofásica. La segunda disposición de suministro de corriente VSC presenta un transformador de corriente alterna monofásica 4, cuyo arrollamiento primario 41 está conectado con la entrada de la segunda disposición de suministro de corriente VSC. Un arrollamiento secundario 42 del transformador 4 presenta cuatro tomas 421, 422, 423, 424, tres de las cuales 421, 422, 423 están conectadas a través de reguladores de potencia 51, 52, 53 con una conexión de conductores exteriores L1" de una salida de la segunda disposición de suministro de corriente VSC. La cuarta toma 424, en cambio, está conectada con una conexión de conductor neutro N" de la salida de la segunda disposición de alimentación de corriente VSC.

La cuarta toma 424 está prevista en un extremo del arrollamiento secundario 42.

Los reguladores de potencia 51, 52, 53 son reguladores de potencia-tiristores, que se forman por dos tiristores conectados antiparalelos. Los reguladores de potencia 51, 52, 53 son impulsados en un control secuencial de potencia.

El control secuencial de potencia se realiza a través de un control 9, que está conectado con los tiristores de los

reguladores de potencia 51, 52, 53 y otros componentes y/o sensores a controlar para la detección de corriente, tensión y otros, lo que no se representa en detalle.

5 Para evitar repercusiones de la segunda disposición de suministro de corriente VSC sobre a primera disposición de suministro de corriente MF, se pueden incorporar en las salidas de la primera disposición de suministro de corriente MF unos filtros de paso alto, que no pueden ser pasados por la tensión de salida de la primera disposición de suministro de tensión VSC.

10 La disposición representada en la figura 1, en particular la primera disposición de suministro de corriente MF se puede ampliar para poder conectar más barras de silicio en más salidas. A tal fin, en lugar de un convertidor AC-AC con una salida para un sistema de corriente alterna trifásica se puede utilizar un convertidor AC-AC, que proporciona una salida para un sistema de corriente alterna polifásica con más de tres fases, por ejemplo para un sistema de corriente alterna de cuatro, cinco o seis fases.

A través de la utilización de dos transformadores de corriente alterna trifásica 2, cuyos arrollamientos primarios están conectados en paralelo por parejas y cuyos arrollamientos secundarios están conectados en serie, se puede ampliar igualmente la primera disposición de suministro de corriente.

15 La primera disposición de suministro de corriente MF proporciona en su salida L1'', L2'', L3'', H'' tres tensiones desplazadas 120° entre sí, que tienen en la marcha en vacío y en el caso de carga simétrica de la salida L1'', L2'', L3'', H'' un mismo importe. La tensión entre las conexiones L3'', H'' es entonces 0 V.

20 A través de una carga asimétrica de las conexiones de la salida L1'', L2'', L3'', H'' puede resultar que las tensiones en la conexión de la salida L1'', L2'', L3'', H'' sean de diferente magnitud. La tensión entre las conexiones L3'', H'' no es entonces 0 V. La desviación puede estar, de acuerdo con la frecuencia de las tensiones alternas en las salidas y de acuerdo con el tipo de la carga, en un orden de magnitud, que es problemático para la incorporación de la primera disposición de suministro de corriente MF en una instalación mayor, especialmente en el caso de carga inductiva diferente, se pueden dispersar las tensiones alternas en el funcionamiento de la primera disposición de suministro de la corriente. Especialmente en el caso del funcionamiento de la primera disposición de suministro de corriente para la preparación de tensiones alternas con frecuencias, que están cerca de las frecuencias de resonancia de los circuitos de corriente de salida, pueden aparecer tensiones altas entre las conexiones L3'', H''.

30 De acuerdo con la invención, ahora está previsto conectar entre las conexiones de la salida del convertidor AC-AC 1 y los puntos de esquina de los arrollamientos primarios 211, 212, 213 conectados en el triángulo, respectivamente, un condensador C11, C12, C13. Las primeras disposiciones de suministro de corriente MF según la invención se representan en las figuras 2 y 3.

35 Las primeras disposiciones de suministro de corriente MF representadas en las figuras 2 y 3 corresponden en gran parte a la disposición de suministro de corriente MF representada en la figura 1. Los elementos y componentes funcionalmente iguales están designados con los mismos signos de referencia. En la figura 2 no se representa la segunda disposición de suministro de corriente VSC. Pero ésta se puede conectar de la misma manera en las cargas 31, 32, 33 que en la disposición representada en la figura 1 y en la figura 2.

El convertidor AC-AC 1 se representa de forma más detallada en las figuras 2 y 3. En el convertidor AC-AC 1 se trata de un convertidor de frecuencia 1 con un rectificador 11, un circuito intermedio de corriente continua con un condensador CG con un inversor 12.

40 El rectificador 11 está conectado en un conductor exterior L1 y en un conductor neutro N de una red de suministro. En la salida del rectificador está conectado el condensador CG, que forma el circuito intermedio de tensión continua. En el circuito intermedio de tensión continua está conectado el inversor 12.

45 En el inversor 12 se trata de un puente-H de válvulas rectificadoras de corriente IGBTs 121, como están muy extendidas de múltiples maneras en inversores. En lugar de IGBTs se pueden utilizar también otros conmutadores controlables. Los puntos entre las válvulas rectificadoras de corriente 121 de los semipuentes del puente-H forman conexiones de una salida del inversor 12. En las conexiones están conectados los condensadores C11, C12, C13. Los condensadores C11, C12, C13 están conectados con los puntos de esquina L1', L2', L3' del circuito de triángulo formado por los arrollamientos primarios 211, 212, 213 del transformador de corriente alterna trifásica 2. El circuito del lado secundario del transformador de corriente alterna trifásica 2 y de las cargas 31, 32, 33 conectadas en él no se diferencia del circuito representado en la figura 1.

50 A través de los condensadores C11, C12, C13 se puede aminorar considerablemente la tensión, que aparece en el caso de carga asimétrica, entre las conexiones L3'', H''.

A través de los condensadores C11, C12, C13 se produce un acoplamiento en el lado primario de los circuitos de corriente de salida, lo que conduce a una reducción de la tensión entre las conexiones L3'', H''. Las tensiones en las conexiones L3'', H'' son compensadas frente a los casos descritos con la ayuda de la figura 1 de carga asimétrica.

Las tensiones se pueden reducir hasta aproximadamente 100 %.

5 Se puede conseguir una reducción casi hasta el 80 % de la tensión entre los conductores exteriores en el caso de una carga asimétrica, en particular óhmica-inductiva asimétrica de la salida de la primera disposición de suministro de corriente MF cuando se emplean condensadores C21, C22 y C23 en las conexiones entre los arrollamientos secundarios 212, 222, 232 del transformador 2 y las conexiones L1", L2", L3", H", como se representa en la figura 3 para la segunda disposición de circuito de acuerdo con la invención, que corresponde, por lo demás, a la primera disposición de circuito de acuerdo con la invención según la figura 2. Estos condensadores adicionales C21, C22 y C23 impiden, en efecto, la simetría completa de las tensiones de salida, pero, en cambio, se puede conseguir un desacoplamiento de la primera disposición de suministro de corriente MF desde la primera disposición de suministro de corriente VSC.

10

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Disposición de suministro de corriente (MF) con un inversor (12) para la generación de corriente alterna de N-fases y con al menos un transformador de corriente alterna de N-fases (2) con arrollamientos primarios (211, 212, 213) y arrollamientos secundarios (221, 222, 223), en la que los arrollamientos primarios (211, 212, 213) están conectados en el polígono y en la marcha en vacío del transformador (2) un vector de suma de las tensiones que se aplican en los N arrollamientos secundarios (221, 222, 223) pasa a cero, caracterizada por que
- cada punto de esquina del polígono formado por los arrollamientos primarios (211, 212, 213) está conectado, respectivamente, a través de un condensador (C11, C12, C13) con una conexión de conductor exterior del inversor,
- 10 - porque la tensión se puede regular a través de al menos N-1 arrollamientos secundarios (221, 222, 223) discretamente o continuamente y/o
- están previstos condensadores en serie con los arrollamientos secundarios (221, 222, 223), al menos N-1 de los cuales tienen una capacidad regulable.
- 15 2.- Disposición de suministro de corriente (MF) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que las salidas de la disposición de suministro de corriente (MF) están dispuestas paralelamente a los arrollamientos secundarios (221, 222, 223).
- 20 3.- Disposición de suministro de corriente (MF) de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada por que las salidas de la disposición de suministro de corriente (MF) están dispuestas paralelamente a circuitos en serie formados, respectivamente, por uno de los arrollamientos secundarios (221, 222, 223) y, respectivamente, por un condensador (C21, C22, C23).
- 4.- Disposición de suministro de corriente (MF) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el inversor (12) es un puente-H con transistores de potencia (121).
- 25 5.- Disposición de suministro de corriente (MF) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que la disposición de suministro de corriente comprende un convertidor de frecuencia (11, 12, CG) y por que el inversor (12) forma parte del convertidor de frecuencia (11, 12, CG).
- 30 6.- Reactor para la fabricación de polisilicio de acuerdo con el procedimiento de Siemens con una primera disposición de suministro de corriente (MF) para el suministro de barras de silicio o de barras finas de silicio, que se pueden disponer en un recipiente reactor, con corriente alterna para el calentamiento inductivo, caracterizado por que la primera disposición de corriente (MF) es una disposición de suministro de corriente de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 35 7.- Reactor de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que el reactor presenta una segunda disposición de suministro de corriente (VSC) para el suministro de las barras de silicio o barras finas de silicio con corriente alterna para el calentamiento inductivo, en el que una frecuencia de la corriente alterna, que puede ser generada por la primera disposición de suministro de corriente, es de 10 a 100 Hz y una frecuencia de la corriente alterna, que puede ser generada por la segunda disposición de suministro de corriente, es de 10 a 1000 kHz.

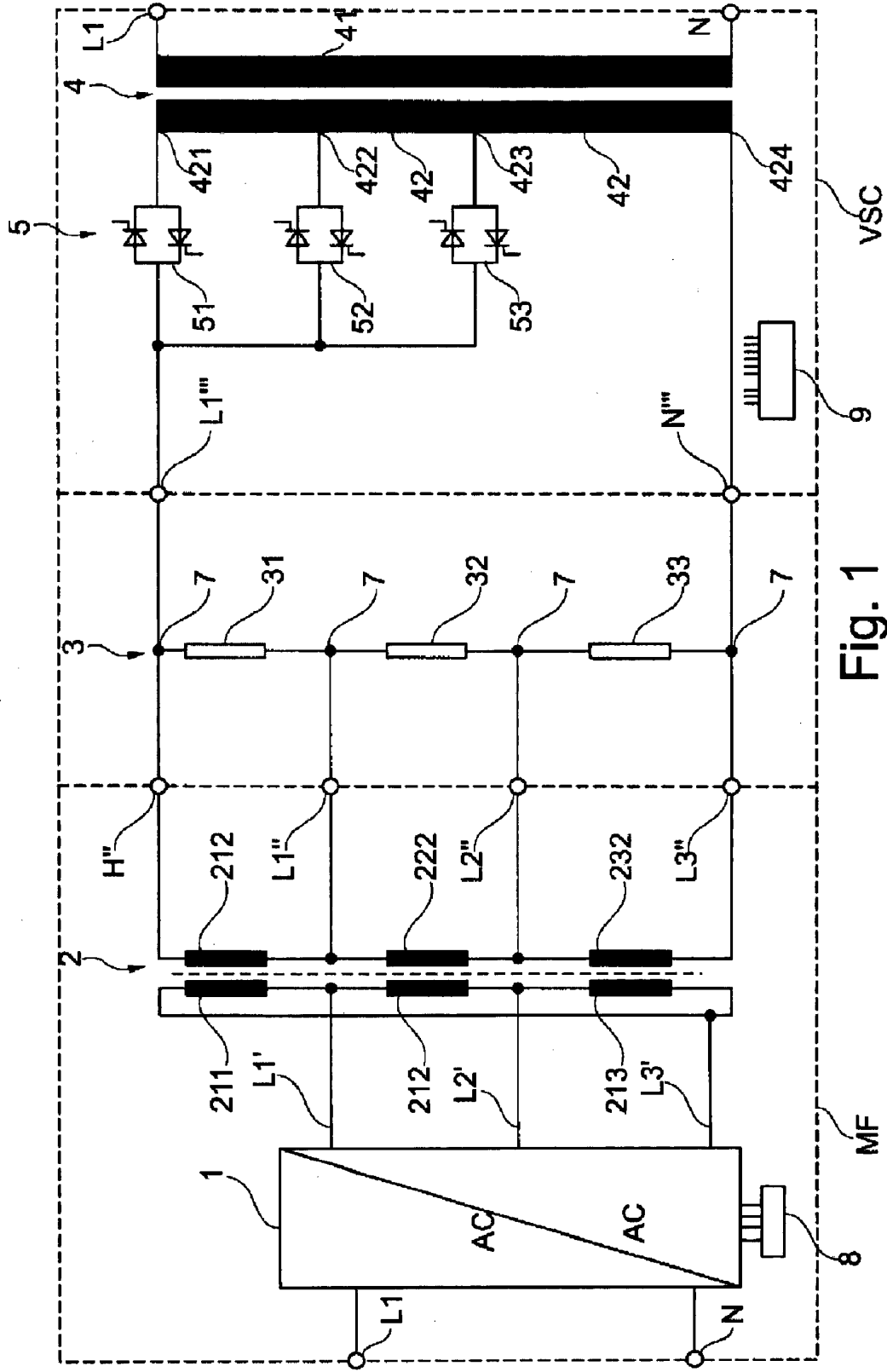


Fig. 1

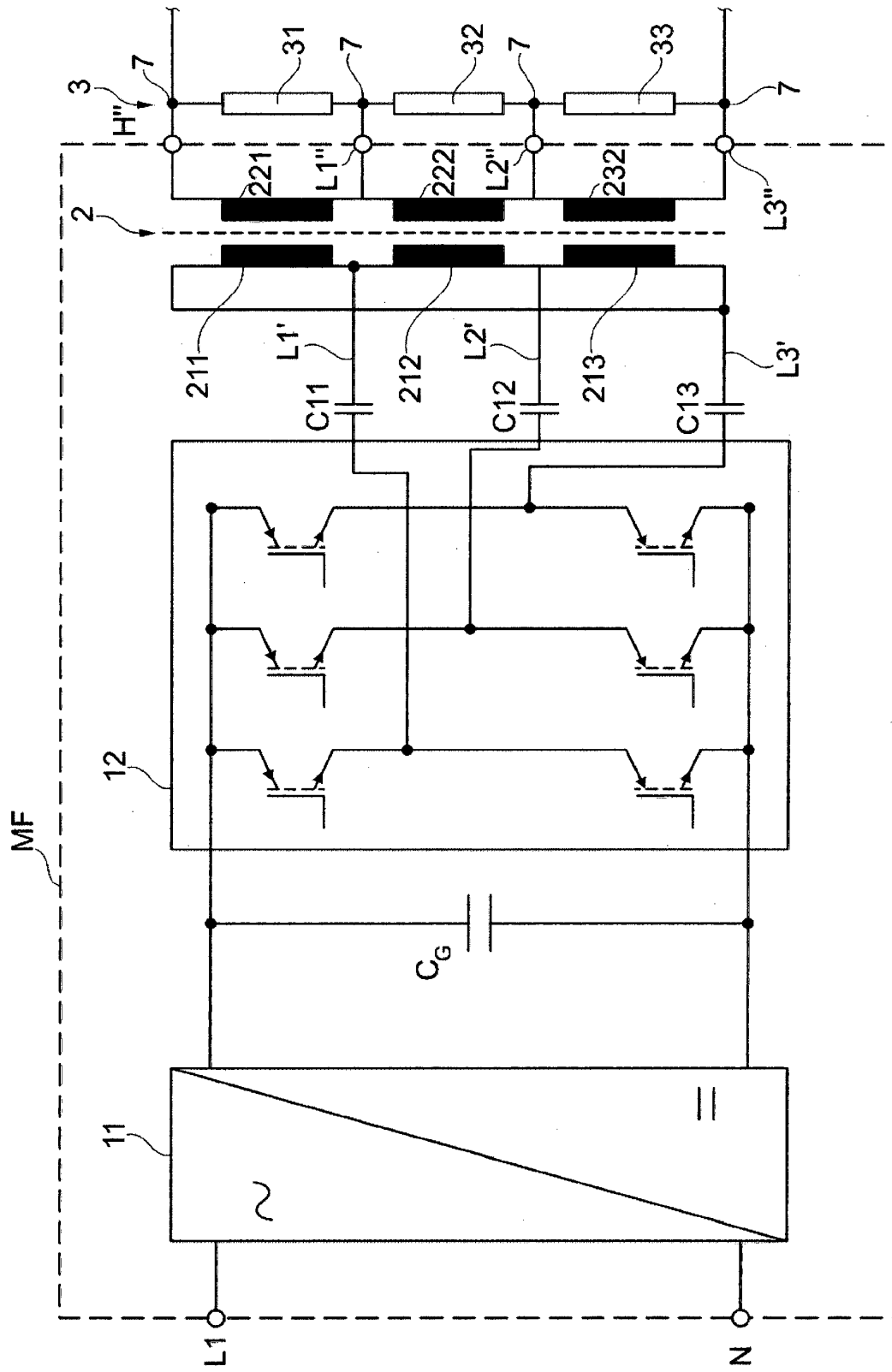


Fig. 2

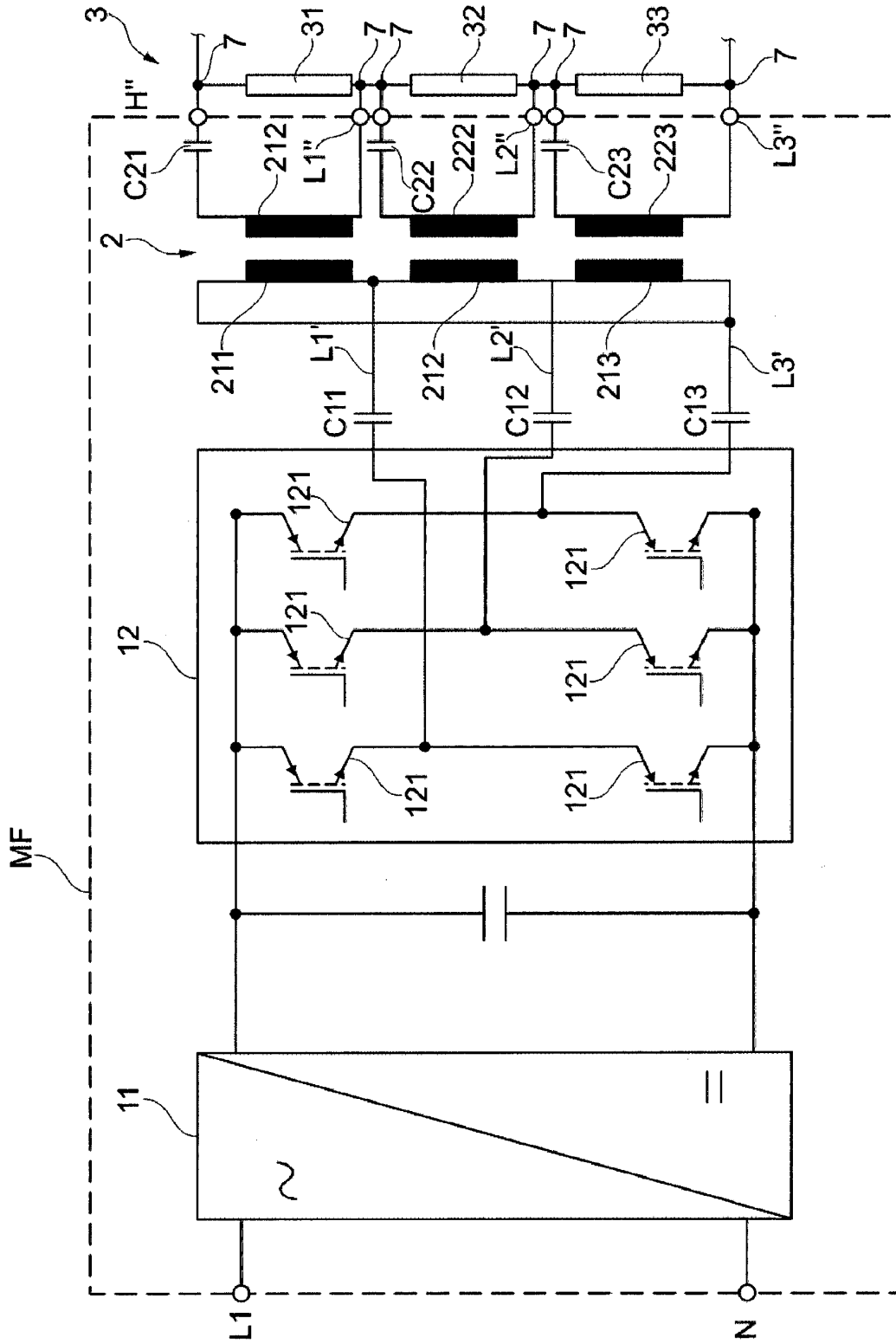


Fig. 3