

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 404**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 3/158 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2012 PCT/EP2012/062091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13007494**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2012 E 12730484 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 2730018**

54 Título: **Elevador/inversor de 3 niveles integrado para acoplamiento de red de fuentes CC, planta de generación de energía y procedimiento operativo**

30 Prioridad:

08.07.2011 DE 102011107495

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

25.06.2020

73 Titular/es:

**SMA SOLAR TECHNOLOGY AG (100.0%)
Sonnenallee 1
34266 Niestetal , DE**

72 Inventor/es:

FALK, ANDREAS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 769 404 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

Elevador/inversor de 3 niveles integrado para acoplamiento de red de fuentes CC, planta de generación de energía y procedimiento operativo

5 La invención se refiere a un convertidor CC/CA, una planta de generación de energía eléctrica y un procedimiento de conversión de tensión CC (corriente continua) en tensión CA (corriente alterna) para alimentar una red de energía eléctrica monofásica o de múltiples fases.

10 La obtención de energía eléctrica a partir de fuentes renovables está cobrando cada vez más importancia. Una fuente de energía renovable es la luz solar, convertible en una tensión CC a través de generadores fotovoltaicos (generadores PV). Para este propósito, una pluralidad de módulos solares están conectados en serie para formar las llamadas cadenas que, si corresponde, también pueden conectarse en paralelo con cadenas adicionales. Aquí, la longitud de las cadenas determina la tensión CC alcanzable.

15 En particular en el caso de las plantas de generación de energía eléctrica que tienen potencias que exceden hoy en día un megavatio, es deseable operar con altas tensiones del generador, lo que corresponde a las grandes longitudes de cadena, con el fin de mantener bajas las corrientes de flujo. Esto reduce el gasto en conexiones dentro de la planta en virtud de secciones transversales de línea relativamente pequeñas. Al mismo tiempo, es deseable seleccionar una tensión del generador de manera que se superen los valores pico de la tensión de línea.

20 Dado que existe un requisito frecuente dentro de la planta de generación de energía eléctrica para ajustar el valor de la tensión del generador antes de alimentarla a la red eléctrica conectada, en particular para aumentar la tensión del generador a un valor de tensión de un circuito intermedio, las plantas frecuentemente tienen una configuración en la cual un convertidor elevador, un circuito intermedio y un puente convertidor están conectados en serie. Las pérdidas de los componentes individuales se suman en dicha configuración.

25 El documento US 2011/0080147 A1, por ejemplo, describe dicho inversor, el cual comprende un convertidor elevador, un circuito intermedio y un puente convertidor, en el que el circuito intermedio y el puente convertidor están acoplados al generador a través del convertidor elevador. Por lo tanto, la energía del generador siempre se transfiere a través del convertidor elevador, lo cual conduce a mayores pérdidas totales.

El documento US 2007/0273338 A1 describe un inversor con dos puentes CC/CA utilizados alternativamente, en el que se dispone un convertidor elevador CC/CC antes de uno de los puentes CC/CA. Dependiendo de la tensión de entrada, se puede usar el trayecto indirecto o directo, minimizando así las pérdidas. Una desventaja de la configuración surge de la gran cantidad de partes que se requieren, en particular elementos de conmutación.

30 El documento DE 10 2006 010694 A1 divulga una configuración con un puente CC/CA y un convertidor elevador CC/CC. Se utilizan dos elementos de conmutación adicionales para acoplar directamente una fuente de CC con el puente CC/CA o para acoplar indirectamente la fuente de CC con el puente CC/CA a través del convertidor elevador. A pesar de un número reducido de elementos de conmutación en comparación con la disposición que se muestra en el documento US 2007/0273338 A1, todavía se necesita un gran número de elementos de conmutación.

35 Es por tanto un objeto de la presente invención proporcionar un convertidor CC/CA que puede emplear un número relativamente bajo de conmutadores para llevar a cabo de manera eficiente una conversión de la energía proporcionada por el generador en una red de energía eléctrica conformada de tensión CA. Es un objeto adicional proporcionar un procedimiento de conversión y una planta de energía que muestre las mismas ventajas.

40 El objeto se consigue mediante un convertidor como se reivindica de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 7, el convertidor siendo posiblemente parte de un sistema de generación de energía eléctrica como se reivindica en la reivindicación 8. Un procedimiento de conversión se describe en el procedimiento de la reivindicación 14. Se describen ventajosas realizaciones de la invención en las respectivas reivindicaciones dependientes.

45 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, un convertidor CC/CA para la conversión de energía CC de un número de generadores conectados de manera inductiva a la red de energía eléctrica conformada de tensión CA para la alimentación en una red de energía conectada con un número de fases, estando cada fase asignada a un generador, comprende un circuito intermedio con condensador de circuito intermedio y una conexión positiva y negativa de circuito intermedio y para cada fase de la red eléctrica, un puente. Cada puente comprende un primer conmutador que forma un trayecto de conexión conmutable entre la conexión positiva de circuito intermedio y un terminal de fase, un segundo conmutador que conecta directamente un terminal generador positivo del generador asignado a la fase y el terminal de fase, un tercer conmutador que conecta directamente un terminal generador negativo del generador asignado a la fase y el terminal de fase, y un cuarto conmutador que forma un trayecto de conexión conmutable entre la conexión negativa de circuito intermedio y el terminal de fase. Además, el puente comprende un primer diodo que conecta la conexión positiva de circuito intermedio al terminal generador positivo del generador asignado a la fase, y un cuarto diodo que conecta la conexión negativa de circuito intermedio al terminal generador negativo del generador asignado a la fase.

50

55

La configuración del conmutador permite que los inductores generadores se carguen con la ayuda de la corriente del generador, implementando así una función de convertidor elevador de tal manera que la energía almacenada en los inductores se pueda utilizar para cargar el circuito intermedio o para alimentarse a la red eléctrica para que el circuito intermedio pueda funcionar con una tensión de circuito intermedio que exceda la tensión del generador. Por lo tanto, se implementa un inversor con una función de convertidor elevador con solo cuatro conmutadores.

En realizaciones ventajosas del convertidor, el número de las fases es uno o es tres.

En una realización ventajosa adicional del convertidor, cada puente está conectado respectivamente al circuito intermedio como un circuito intermedio común a través de la conexión positiva de circuito intermedio y la conexión negativa de circuito intermedio. Debido al circuito intermedio común, se puede compensar un déficit de energía de un generador individual, lo que permite una salida de energía uniforme a través de todas las fases. En este caso, es posible equilibrar la energía entre las fases en sistemas de múltiples fases, aunque cada fase está asociada con un generador correspondiente.

En una realización ventajosa adicional del convertidor, al menos uno de los generadores conectados de manera inductiva comprende una primera y una segunda inductancia que están interacopladas magnéticamente, estando la primera inductancia conectada al terminal generador positivo, y estando la segunda inductancia conectada al terminal generador negativo. De esta manera, la energía puede almacenarse efectivamente en las inductancias.

En una realización ventajosa adicional del convertidor, al menos uno de los generadores está conectado a uno de los terminales generadores a través de un diodo de corriente inversa. De esta forma, se suprimen las corrientes compensadoras excesivas entre los generadores.

En realizaciones adicionales ventajosas del convertidor, el trayecto de conexión conmutable entre la conexión positiva de circuito intermedio y el terminal de fase comprende el segundo conmutador, y un diodo de circulación libre es asignado respectivamente, a cada conmutador del puente.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, un convertidor CC/CA para la conversión de energía CC de un número de generadores conectados de manera inductiva a la red de energía eléctrica conformada de tensión CA para la alimentación en una red de energía conectada con un número de fases, estando cada fase asociada con un generador del número de generadores, comprende un circuito intermedio con condensador de circuito intermedio y una conexión positiva de circuito intermedio y una conexión negativa de circuito intermedio. Para cada fase de la red eléctrica, se proporciona un puente para conmutar entre una pluralidad de configuraciones de conmutador. En una primera configuración de conmutador del puente, los terminales generadores están interconectados y el circuito intermedio transmite una energía a la red eléctrica. En una segunda configuración de conmutador del puente, la energía del generador se transmite a la red eléctrica y el circuito intermedio equilibra la diferencia entre la energía proporcionada por el generador y la energía que fluye en la red eléctrica. Nuevamente, se implementa una función de convertidor elevador y se puede compensar el déficit de energía de un generador, lo que permite una salida de energía uniforme a través de todas las fases.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, una planta de generación de energía eléctrica comprende un convertidor CC/CA como se describe anteriormente, al cual un número de generadores están conectados de manera inductiva. Preferiblemente, al menos uno de los generadores está conectado a tierra, particularmente con resistencia elevada. Más preferiblemente, el generador está conectado a tierra a través de un monitor de corriente a tierra. En realizaciones preferidas adicionales, cada uno de los generadores está conectado a tierra, y todos los generadores están respectivamente, directamente interconectados en un polo. Se obtienen las mismas ventajas que para los aspectos primero y segundo.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, un procedimiento de conversión de una alimentación CC, provisto por un generador conectado de manera inductiva a un terminal generador positivo y un terminal generador negativo, en una energía CA para alimentar a una red de energía eléctrica en un terminal de fase a través de un puente con una conexión positiva de circuito intermedio y una conexión negativa de circuito intermedio, comprende la conmutación temporizada del puente entre al menos dos configuraciones de conmutadores del puente. En al menos una primera configuración de conmutador, los terminales generadores están interconectados y el circuito intermedio transmite energía a la red eléctrica. En al menos una segunda configuración de conmutador, la energía del generador se transmite a la red eléctrica, y el circuito intermedio equilibra la diferencia entre la energía proporcionada por el generador y la energía que fluye en la red eléctrica. Se obtienen las mismas ventajas que para los aspectos primero y segundo. En una realización ventajosa, el procedimiento comprende la conmutación temporizada del puente entre cuatro configuraciones de los conmutadores del puente. En la primera configuración, los terminales generadores positivo y negativo están interconectados y están conectados a la conexión positiva de circuito intermedio y al terminal de fase. En la segunda configuración, el terminal generador positivo está conectado al terminal de fase y a la conexión positiva de circuito intermedio, pero está aislado del terminal generador negativo. En una tercera configuración, el terminal generador negativo está conectado al terminal de fase y a la conexión negativa de circuito intermedio, pero está aislado del terminal generador positivo. En una cuarta configuración, los terminales generadores positivo y negativo están interconectados y están conectados a la conexión negativa de circuito intermedio y al terminal de fase.

- En realizaciones adicionales ventajosas del procedimiento, la red de energía comprende tres fases, cada fase está asociada a un puente y un generador, la conmutación temporizada de los puentes se realiza por un control común utilizando una modulación delta de onda sinusoidal o utilizando una modulación de vector espacial, respectivamente.
- 5 Ambos esquemas de modulación son adecuados para controlar con precisión los conmutadores para proporcionar tensión CA conforme a la red.
- En una realización ventajosa adicional del procedimiento, la conmutación temporizada entre la primera y la segunda configuración se realiza a intervalos seleccionados para maximizar el número de conmutadores dentro del puente que están siendo activados con el diodo de circulación libre asociado que está en un estado conductivo. De esta forma, las pérdidas de conmutación se minimizan y se logra la máxima eficiencia del convertidor.
- 10 La invención se ilustra a continuación con la ayuda de figuras las cuales han de ser interpretadas como que son explicativas pero no restrictivas. En el dibujo:
- la figura 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema de generación de energía eléctrica monofásico,
- la figura 2 muestra un diagrama esquemático de dos configuraciones de puente de la invención,
- la figura 3 muestra un diagrama esquemático de un sistema trifásico de generación de energía eléctrica,
- 15 la figura 4 muestra una ilustración de los trayectos de corriente dentro de un puente durante una media onda positiva de la fase en diferentes configuraciones de conmutador,
- la figura 5 muestra un diagrama de perfiles temporales de las corrientes dentro del puente con una secuencia asignada de configuraciones de conmutador del puente.
- la figura 6 muestra un esquema de una planta de generación de energía eléctrica trifásica que comprende un puente
- 20 en una primera configuración de la invención, y
- la figura 7 muestra un esquema de una planta de generación de energía eléctrica trifásica que comprende un puente en una segunda configuración de la invención y con generadores de tierra.
- La figura 1 muestra una ilustración de un sistema de generación de energía eléctrica que comprende un generador 120. El polo positivo del generador está conectado a un terminal 150 generador positivo del puente 160 a través de un inductor 130 generador y un diodo 140 de corriente inversa opcional. El polo negativo del generador 120 está
- 25 conectado directamente a un terminal 155 generador negativo del puente 160 a través de un segundo inductor 131 generador. Los dos inductores 130, 131 generadores están interacoplados magnéticamente. Alternativamente, es concebible proporcionar solo uno de los dos polos del generador 120 con un inductor, o no interacoplar los dos inductores magnéticamente.
- 30 El sistema de generación de energía eléctrica comprende además un circuito intermedio que se forma aquí como una división de circuito intermedio que comprende un primer condensador 100 de circuito intermedio y un segundo condensador 110 de circuito intermedio. El punto medio entre los dos condensadores de circuito intermedio está conectado a un conductor N neutro de una red eléctrica conectada. Los dos puntos finales de circuito intermedio
- 35 están conectados al puente 160 a través de una conexión 170 positiva de circuito intermedio y una conexión 175 negativa de circuito intermedio. El puente comprende además un terminal 180 de fase a través del cual una fase L de la red eléctrica conectada está conectada a través de un filtro que comprende un inductor 190 de red eléctrica y un condensador 195 de filtro.
- El puente 160 comprende una pluralidad de conmutadores, y sirve para el propósito de interconectar o aislar a partir de uno al otro en una secuencia regulada en tiempo, las diferentes conexiones a través de una pluralidad de
- 40 configuraciones de conmutador, en otras palabras, una combinación de los estados de bloqueo o conductividad de los conmutadores contenidos en el puente 160, haciéndolo de tal manera que la energía CC eléctrica proporcionada por el generador 120 esté disponible en el terminal 180 de fase como energía CA conforme a la red eléctrica.
- Las figuras 2A y 2B ilustran dos posibles disposiciones de conmutadores dentro del puente 160. En una primera disposición de acuerdo con la figura 2A, el puente 160 comprende un primer conmutador 211 que está conectado en un extremo a la conexión 170 positiva de circuito intermedio y, en el otro extremo, tanto al terminal 150 generador
- 45 positivo como a un extremo de un segundo conmutador 212. El otro extremo del segundo conmutador 212 está conectado al terminal 180 de fase, y a un extremo de un tercer conmutador 213. El tercer conmutador 213 está conectado en el otro extremo tanto al terminal 155 generador negativo como a un extremo del cuarto conmutador 214. El otro extremo del cuarto conmutador 214 está conectado a la conexión 175 negativa de circuito intermedio. El primer conmutador 211 forma así un trayecto de conexión conmutable entre la conexión 170 positiva de circuito intermedio y el terminal 180 de fase, el trayecto de conexión en este caso también comprende así mismo el segundo conmutador 212. Lo mismo es cierto para el trayecto de conexión conmutable entre la conexión 175 negativa de
- 50 circuito intermedio y el terminal 180 de fase que conduce a través del tercer conmutador 213. Los conmutadores individuales pueden estar formados por cualquier tipo de conmutador semiconductor conocido, en particular

conmutadores semiconductivos de energía tales como MOSFET, IGBT, JFETs y tiristores. A cada conmutador se le puede asignar en este caso un diodo 221, 222, 223, 224 de circulación libre.

La figura 2B muestra una segunda disposición de conmutador que comprende igualmente cuatro conmutadores. Aquí, el primer conmutador 231 está conectado con un extremo a la conexión 170 positiva de circuito intermedio, y con otro extremo al terminal 180 de fase. El segundo conmutador 232 está conectado para actuar con un extremo al terminal 150 generador positivo y también está conectado con el otro extremo al terminal 180 de fase. El tercer conmutador está dispuesto entre el terminal 155 generador negativo y el terminal 180 de fase, a la vez que el cuarto conmutador está dispuesto entre la conexión 175 negativa de circuito intermedio y el terminal 180 de fase. El segundo conmutador 232 y el tercer conmutador 233 aquí también comprenden diodos 222, 223 de circulación libre paralelos. Como se muestra, un primer diodo 221 de circulación libre está dispuesto entre la conexión 170 positiva de circuito intermedio y el terminal 150 generador positivo, a la vez que un cuarto diodo 224 de circulación libre está dispuesto entre la conexión 175 negativa de circuito intermedio y el terminal 155 generador negativo. Por supuesto, el primer conmutador 231 y el cuarto conmutador 234 pueden comprender adicionalmente diodos de circulación libre paralelos dedicados (no se muestran).

En contraste con la disposición de los conmutadores de la figura 2A, en la disposición de acuerdo con la figura 2B una energía proporcionada a través de las conexiones 170, 175 de circuito intermedio se puede transmitir al terminal 180 de fase a través de un solo conmutador 231, 234, a la vez que en la disposición de acuerdo con la figura 2A, esta energía fluye a través de dos conmutadores 211, 212 o 213, 214. Por lo tanto, es posible una minimización correspondiente de las pérdidas de energía directa.

La figura 3 muestra una ilustración, extendida al uso con una red eléctrica trifásica, de una planta de generación de energía eléctrica en el caso del cual cada fase L1, L2, L3 de la red eléctrica se asigne respectivamente a un puente 160 al cual en cada caso un generador 120 correspondiente está conectado de manera inductiva, es decir a través de un inductor 130 generador o un par de inductores 130, 131 generadores. El puente 160 puede estar diseñado de acuerdo con una de las disposiciones de conmutación de la figura 2. Los tres puentes 160 están conectados, tanto a través de su conexión 170 positiva de circuito intermedio como a través de su conexión 175 negativa de circuito intermedio, a un circuito intermedio común que está configurado aquí como un circuito intermedio dividido con dos condensadores 100, 110 de circuito intermedio con conexión del punto medio al conductor N neutro. Debido a esta conexión, es posible que el exceso de energía de los generadores 120 se intercambie entre los puentes 160 individuales y, por lo tanto, entre las fases L1, L2, L3 de la red eléctrica para así compensar un déficit de energía de un generador 120 individual, permitiendo así una salida de energía uniforme a través de las tres fases.

A modo de ejemplo, en una variante de la invención, es posible para este propósito emplear cuatro configuraciones de conmutador diferentes en secuencia temporal para implementar un perfil de corriente sinusoidal al terminal 180 de fase. Las cuatro configuraciones de conmutador se enumeran en la tabla 1 a continuación. Aquí, 1 representa un estado conductivo del conmutador S1, S2, S3, S4 respectivo y 0 para un estado de bloqueo. Los conmutadores S1, S2, S3, S4 corresponden a los conmutadores 211, 212, 213, 214 o los conmutadores 231, 232, 233, 234 en las figuras 2A y 2B. En las dos últimas columnas de la tabla se enumeran el signo de la tasa de cambio de la corriente i_{Gen} del generador en uno de los terminales 150, 155 generadores y el signo de la tasa de cambio de la corriente i_{Netz} de fase en el terminal 180 de fase.

Tabla 1:

Configuración	S1	S2	S3	S4	i_{Gen}	i_{Netz}
1	1	1	1	0	+	+
2	1	1	0	0	-	+
3	0	0	1	1	-	-
4	0	1	1	1	+	-

Los trayectos de corriente en el caso de las respectivas configuraciones de conmutador de acuerdo con la tabla 1 se muestran en la figura 4 con la ayuda de la disposición de conmutador de la figura 2A con el fin de ilustrar el modo de funcionamiento del circuito 160 de puente. En la configuración 1, donde los tres conmutadores S1, S2, S3 superiores del puente 160 están en un estado conductivo, la corriente de línea en el terminal 180 de fase se proporciona a través de la conexión 170 positiva de circuito intermedio, esto se ilustra en la sección 401 del trayecto de corriente. Al mismo tiempo, los terminales 150, 155 generadores están en cortocircuito a través de los conmutadores S2 y S3, de modo que se construye un circuito 402 eléctrico con un valor de corriente creciente a través del generador 120 y los inductores 130, 131 generadores.

En el caso de un cambio en la configuración 2, donde sólo los dos conmutadores S1, S2 superiores están en un estado conductivo, el circuito 402 eléctrico se interrumpe por la apertura del conmutador S3 de manera que la

corriente del generador es redirigida a lo largo del trayecto 412 de corriente en el terminal de fase. Una diferencia entre la corriente de generador presente y la corriente de fase presente se equilibra a través de un flujo 411 de corriente a través de la conexión 170 positiva de circuito intermedio la cual, dependiendo del signo de esta diferencia, puede fluir en ambas direcciones. El circuito eléctrico a través del generador 120 se cierra por una corriente correspondiente a lo largo del trayecto 413 de corriente a través de la conexión 175 negativa de circuito intermedio y el diodo 224 de circulación libre.

En la tercera configuración, que corresponde a la configuración 2 de una manera duplicada, los dos conmutadores S3, S4 inferiores del puente 160 están en un estado conductivo. En consecuencia, la corriente del generador a lo largo del trayecto 421 fluye a través del diodo 221 de circulación libre y la conexión 170 positiva de circuito intermedio hacia el circuito intermedio y, a partir de allí, a través de la conexión 175 negativa de circuito intermedio de regreso al generador a lo largo del trayecto 422 de corriente. Además, una corriente fluye a través del trayecto 423 de corriente hacia la fase L de la red eléctrica de manera que, finalmente, los inductores 130, 131 generadores se descargan parcialmente en el circuito intermedio y parcialmente en la red eléctrica.

En la cuarta configuración, donde los tres conmutadores S2, S3, S4 inferiores del puente 160 están en un estado conductivo, una corriente se construye del mismo modo en el circuito 431 eléctrico del generador, a través de la conexión de los dos terminales 150, 155 generadores, a la vez que la corriente de fase de circuito intermedio se mantiene a lo largo del trayecto 432 de corriente.

Las configuraciones 1 y 4, donde los inductores generadores se cargan con la ayuda de la corriente del generador, implementar una función de convertidor elevador de tal manera que la energía almacenada en los inductores se puede utilizar en configuraciones 2 y 3 para cargar el circuito intermedio o se alimenta a la red eléctrica para que el circuito intermedio pueda funcionar con una tensión de circuito intermedio que exceda la tensión del generador.

A modo de ejemplo, sólo cambios específicos entre configuraciones pueden ser permitidos en una realización de una secuencia de configuraciones durante el funcionamiento del convertidor de la invención. Por lo tanto, es concebible operar el puente solo en una secuencia 212343212343..., los tiempos de permanencia en las configuraciones respectivas varían de acuerdo con el control del puente dentro del período de una media onda de línea.

Tras los cambios entre las configuraciones, es posible también brevemente adoptar otras configuraciones de conmutador en el puente, por ejemplo, debido a que los instantes del cambio entre un conductor y un estado de bloqueo de un conmutador pueden variar, y que se debe garantizar que no se produce un cortocircuito no deseado del puente durante la conmutación. Para para dicho fin, es típico usar un tiempo muerto durante las operaciones de conmutación en el puente.

Sin embargo, también es concebible hacer uso deliberado de otras configuraciones del conmutador con el fin de controlar el puente. También puede observarse que diversas de las operaciones de conmutación dentro del puente pueden continuar sin pérdida, ya que el diodo de circulación libre asignado al conmutador ya transporta una corriente en el instante de conmutación, por lo que la carga de tensión del conmutador es baja en el instante de conmutación. Con el fin de maximizar la eficiencia del convertidor, por lo tanto, se contempla cambiar entre configuraciones de conmutador o seleccionar la configuración posterior de modo que se maximice el número de conmutadores activados en un momento, en el cual el diodo de circulación libre asociado está en un estado conductivo.

El perfil temporal de las diversas corrientes en el puente 160 se muestra en la forma de un diagrama en la figura 5 como un resultado de una simulación. Aquí, la curva 510 muestra el perfil de la corriente de fase en comparación con el perfil 500 de valor objetivo sinusoidal de la corriente, y la curva 520 muestra el perfil de la corriente del generador. Las subidas y bajadas en las curvas 510, 520 son causadas por las diferentes configuraciones de conmutador del puente 160, las cuales también se muestran como etapas de valor de la curva 530, y demuestran cómo el puente puede simular el perfil 500 de valor objetivo mediante un cambio adecuado entre las configuraciones de conmutador, la corriente del generador asume un perfil 520 en una región estrecha sobre un valor constante, por ejemplo, la corriente en el MPP (Punto de Máxima Energía).

Cuando la planta de generación de energía eléctrica está configurada para alimentación en las redes eléctricas de múltiples fases, en una realización ventajosa, los puentes asignados a las fases individuales se operan, en particular cada vez que el circuito intermedio de tensión es demasiado bajo en comparación con la tensión pico de la red eléctrica, de tal manera que se pueda utilizar una modulación de onda sinusoidal o delta o una modulación de vector espacial. El potencial del conductor N neutro puede por lo tanto tener un componente de tensión CC con respecto al potencial de tierra, y/o un componente de tensión CA con frecuencia de línea triple.

La figura 6 muestra una planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con la figura 3 para alimentar a una red eléctrica trifásica, formando los puentes 160 mediante una disposición de conmutador de acuerdo con la figura 2B.

Por el contrario, la Figura 7 muestra una planta de generación de energía eléctrica con una disposición de conmutador en los puentes 160 de acuerdo con la figura 2A, en este caso estando formado el circuito intermedio

5 solamente por un solo condensador 100. Con el fin de definir el potencial de fase medio de las fases L1, L2, L3, estas últimas están conectadas respectivamente a través de condensadores 750 de filtro a las conexiones positiva y negativa de circuito intermedio. La planta de generación de energía eléctrica comprende además un seccionador 720 de CA, por ejemplo, una protección de red eléctrica, con la cual el puente 160 se puede conectar a un transformador 730 que convierte la tensión CA saliente en un valor de tensión adecuada de la red 740 eléctrica conectada. El transformador 730 puede ser, por ejemplo, un transformador de tensión media que permite que la energía eléctrica generada por los generadores 120 se alimente directamente a una red eléctrica de tensión media.

10 Además, la planta de generación de energía eléctrica comprende un monitor 700 de corriente de tierra, por ejemplo un GFDI (Interrupción de Detección de Fallos de Tierra) que está conectado respectivamente a un polo de cada generador 120 de la planta de generación de energía eléctrica y monitoriza una corriente a una conexión 710 a tierra y, cuando se excede un valor de corriente permisible, instituye medidas adecuadas, por ejemplo, aísla la planta de la red eléctrica a través del seccionador 720 de CA. Si el objetivo es interconectar generadores 120 asignados a diferentes fases de la red eléctrica, por ejemplo con el fin de producir una referencia de tierra, se recomienda utilizar diodos 140 de corriente inversa con el fin de impedir corrientes compensadoras excesivas entre los generadores 120.

A diferencia de lo que se muestra en la figura 7, la referencia de tierra puede también proporcionarse solamente para un solo o un subconjunto de los generadores 120, y también puede diseñarse con resistencia elevada.

20 La invención no se limita a las realizaciones descritas, las cuales se pueden modificar de diversas maneras y complementadas por alguien experto en la técnica. En particular, es posible que las características mencionadas también se diseñen en combinaciones diferentes a las dadas, y que se complementen con otros modos de procedimiento o componentes previamente conocidos con el fin de implementar la idea de la invención.

Lista de símbolos de referencia.

	100, 110	Condensador de circuito intermedio
	120	Generador
25	130	Inductor generador
	140	Diodo de corriente inversa
	150	Terminal generador positivo
	155	Terminal generador negativo
	160	Puente
30	170	Conexión positiva de circuito intermedio
	175	Conexión negativa de circuito intermedio
	180	Terminal de fase
	190	Inductor de red eléctrica
	195	Condensador de filtro
35	211, 231, S1	Primer conmutador
	212, 232, S2	Segundo conmutador
	213, 233, S3	Tercer conmutador
	214, 234, S4	Cuarto conmutador
	221, 222, 223, 224	Diodo de circulación libre
40	401, 402, 411, 412, 413, 421, 422, 423, 431, 432	Sección de trayecto de corriente
	500	Perfil de valor objetivo de la corriente de fase
	510	Perfil de valor real de la corriente de fase
	520	Perfil de la corriente del generador
45	530	Secuencia temporal de configuraciones de conmutador de puente

ES 2 769 404 T3

	700	Monitor de corriente de tierra
	710	Conexión a tierra
	720	Seccionador CA
	730	Transformador
5	740	Red eléctrica
	750	Condensadores de filtro
	N	Conductor neutro
	L, L1, L2, L3	Fase

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor CC/CA para convertir la energía CC de un número de generadores (120) conectados de manera inductiva en energía CA conforme a la red eléctrica para alimentar a una red (740) eléctrica conectada con un número de fases, cada fase (L, L1, L2, L3) está asignada a un generador (120) asociado, que comprende:
 - 5 - un circuito intermedio con condensador (100, 110) de circuito intermedio y una conexión positiva y negativa de circuito intermedio, y
 - un puente (160) para cada fase (L, L1, L2, L3) de la red (740) eléctrica, comprendiendo el puente (160):
 - un primer conmutador (211, 231) que forma un trayecto de conexión conmutable entre la conexión (170) positiva de circuito intermedio y un terminal (180) de fase correspondiente,
 - 10 - un segundo conmutador (212, 232) que conecta directamente un terminal (150) generador positivo del generador (120) asociado a la fase y al terminal (180) de fase,
 - un tercer conmutador (213, 233) que conecta directamente un terminal (155) generador negativo del generador (120) asociado a la fase y el terminal (180) de fase,
 - 15 - un cuarto conmutador (214, 234) que forma un trayecto de conexión conmutable entre la conexión (175) negativa de circuito intermedio y el terminal (180) de fase,
 - un primer diodo (221) que conecta la conexión (170) positiva de circuito intermedio al terminal (150) generador positivo del generador (120) asociado a la fase, y
 - un cuarto diodo (224) que conecta la conexión (175) negativa de circuito intermedio al terminal (155) generador negativo del generador (120) asociado a la fase.
- 20 2. El convertidor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el número de fases es tres y en el que cada puente (160) está conectado respectivamente al circuito intermedio como un circuito intermedio común a través de la conexión (170) positiva de circuito intermedio y la conexión (175) negativa de circuito intermedio.
3. El convertidor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los generadores (120) conectados de manera inductiva comprende una primera y una segunda inductancia (130, 131) que están interacopladas magnéticamente, estando conectada la primera inductancia (130) al terminal (150) generador positivo, y la segunda inductancia (131) estando conectada al terminal (155) generador negativo.
- 25 4. El convertidor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los generadores (120) está conectado a uno de los terminales (150, 155) generadores a través de un diodo (140) de corriente inversa.
- 30 5. El convertidor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el trayecto de conexión conmutable entre la conexión (170) positiva de circuito intermedio y el terminal (180) de fase comprende el segundo conmutador (212).
6. El convertidor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que se asigna un diodo (221, 222, 223, 224) de circulación libre a cada conmutador del puente (160).
- 35 7. Un convertidor CC/CA para convertir la energía CC de un número de generadores (120) conectados de manera inductiva en energía CA conforme a la red eléctrica para alimentar a una red (740) eléctrica conectada con un número de fases (L, L1, L2, L3), cada fase está asociada a un generador del número de generadores (120), que comprende:
 - 40 - un circuito intermedio con un condensador (100, 110) de circuito intermedio y una conexión (170) positiva de circuito intermedio y una conexión (175) negativa de circuito intermedio, y
 - para cada fase de la red eléctrica, un puente (160) para conmutar entre una pluralidad de configuraciones de conmutador, en el que en una primera configuración de conmutador del puente (160), los terminales (150, 155) generadores están interconectados, y el circuito intermedio transmite energía a la red (740) eléctrica, en una segunda configuración de conmutador del puente (160), la energía del generador (120) se transmite directamente a la red (740) eléctrica y una diferencia entre la energía proporcionada por el generador (120) y la energía que fluye en la red (740) eléctrica está equilibrada por el circuito intermedio.
 - 45 - un tercer conmutador (213, 233) que conecta directamente un terminal (155) generador negativo del generador (120) asociado a la fase y el terminal (180) de fase,
8. Una planta de generación de energía eléctrica que comprende un convertidor CC/CA como se reivindica en una de las reivindicaciones anteriores, al cual se conectan de manera inductiva un número de generadores (120).
9. La planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 8, en la que al menos uno de los generadores (120) está conectado a tierra.
- 50

10. La planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 9, en la que uno de los generadores (120) está conectado a tierra con resistencia elevada.
11. La planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el generador (120) está conectado a tierra a través de un monitor (700) de corriente a tierra.
- 5 12. La planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, en la que cada uno de los generadores (120) está conectado a tierra.
13. La planta de generación de energía eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 12, en la que todos los generadores (120) están directamente interconectados a un polo.
- 10 14. Un procedimiento de conversión de una energía CC, proporcionada por un generador (120) conectado de manera inductiva en un terminal (150) generador positivo y un terminal (155) generador negativo, en una energía CA para alimentar a una red (740) eléctrica en un terminal (180) de fase a través de un puente (160) con una conexión (170) positiva de circuito intermedio y una conexión (175) negativa de circuito intermedio, que comprende la conmutación temporizada del puente (160) entre al menos dos configuraciones de conmutadores del puente (160), en el que
- 15 - en al menos una primera configuración de conmutador, los terminales (150, 155) generadores están interconectados, y el circuito intermedio transmite energía a la red (740) eléctrica,
- en al menos una segunda configuración de conmutador, la energía del generador se transmite directamente a la red (740) eléctrica, y una diferencia entre la energía proporcionada por el generador (120) y una energía que fluye en la red (740) eléctrica es equilibrada por el circuito intermedio.
- 20 15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende cuatro configuraciones de los conmutadores del puente (160), en el que
- en la primera configuración, los terminales (150, 155) generadores positivo y negativo están interconectados y están conectados a la conexión (170) positiva de circuito intermedio y al terminal (180) de fase,
- 25 - en la segunda configuración, el terminal (150) generador positivo está conectado al terminal (180) de fase y a la conexión (170) positiva de circuito intermedio, pero está aislado del terminal (155) generador negativo,
- en una tercera configuración, el terminal (155) generador negativo está conectado al terminal (180) de fase y a la conexión (175) negativa de circuito intermedio, pero está aislado del terminal (150) generador
- 30 positivo, y
- en una cuarta configuración, los terminales (150, 155) generadores positivo y negativo están interconectados y están conectados a la conexión (175) negativa de circuito intermedio y al terminal (180) de fase.
- 35 16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, en el que la conmutación temporizada entre la primera y la segunda configuración se realiza a intervalos seleccionados para maximizar el número de conmutadores dentro del puente (160) que se activan con el diodo de circulación libre que está asociado en un estado conductivo.

Fig. 1

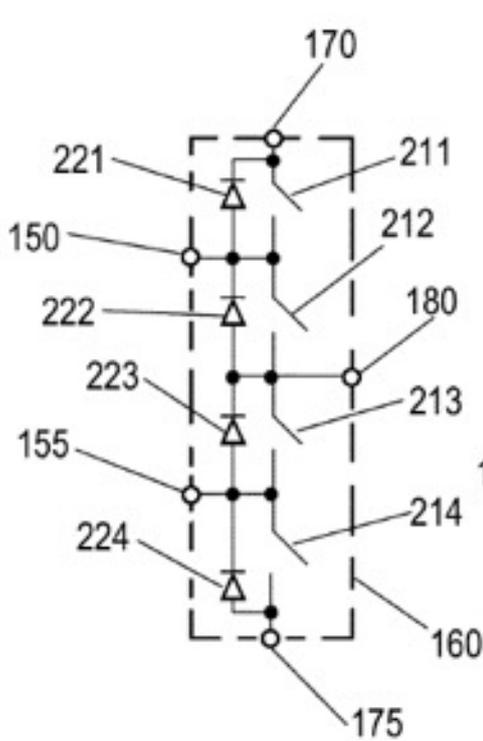
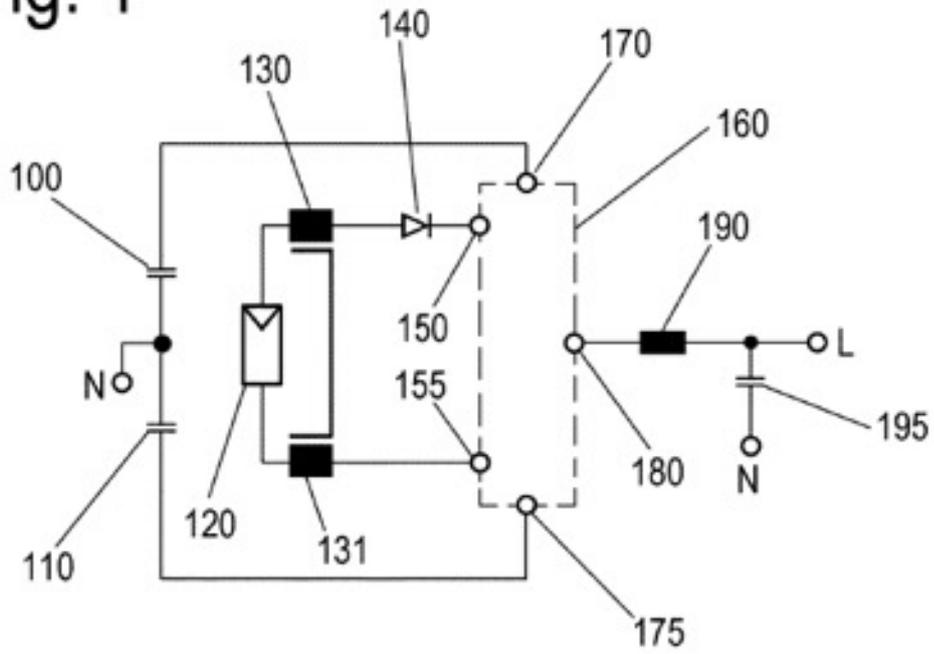


Fig. 2a

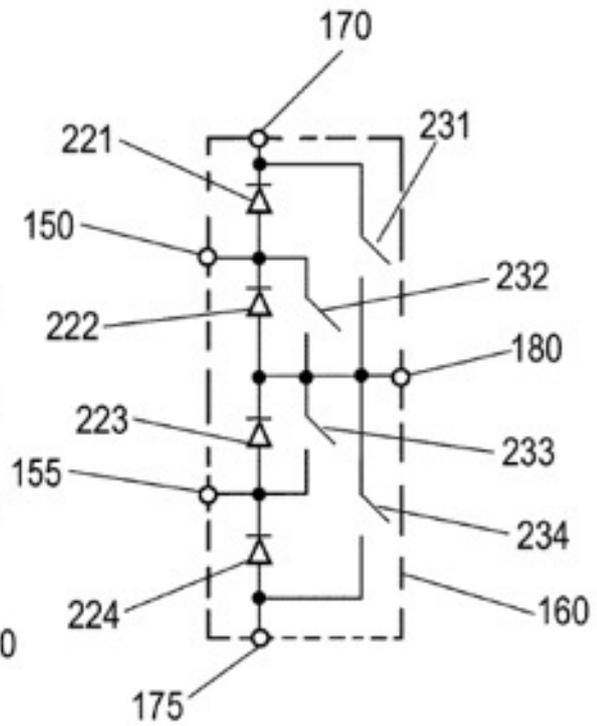


Fig. 2b

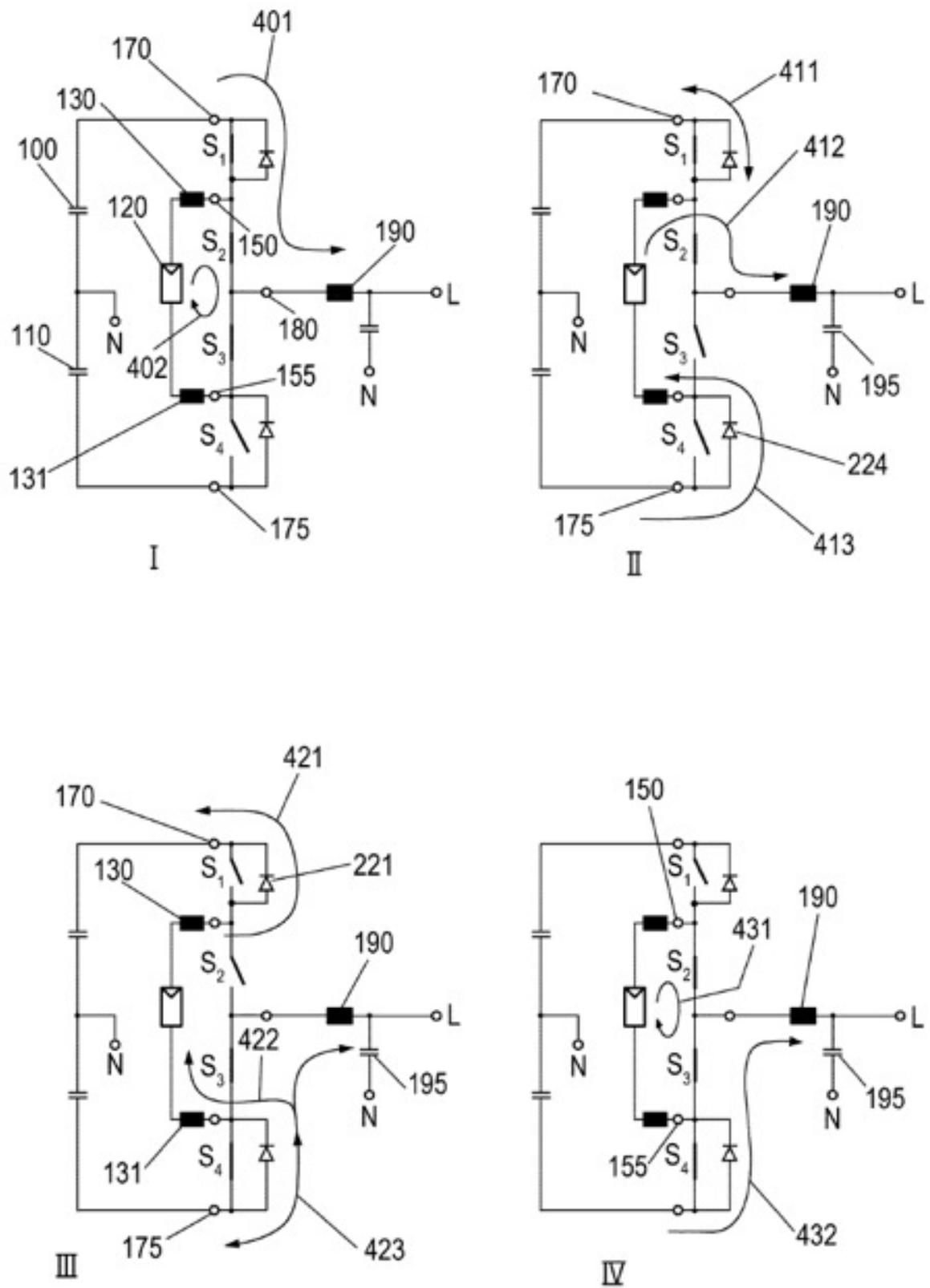


Fig. 4

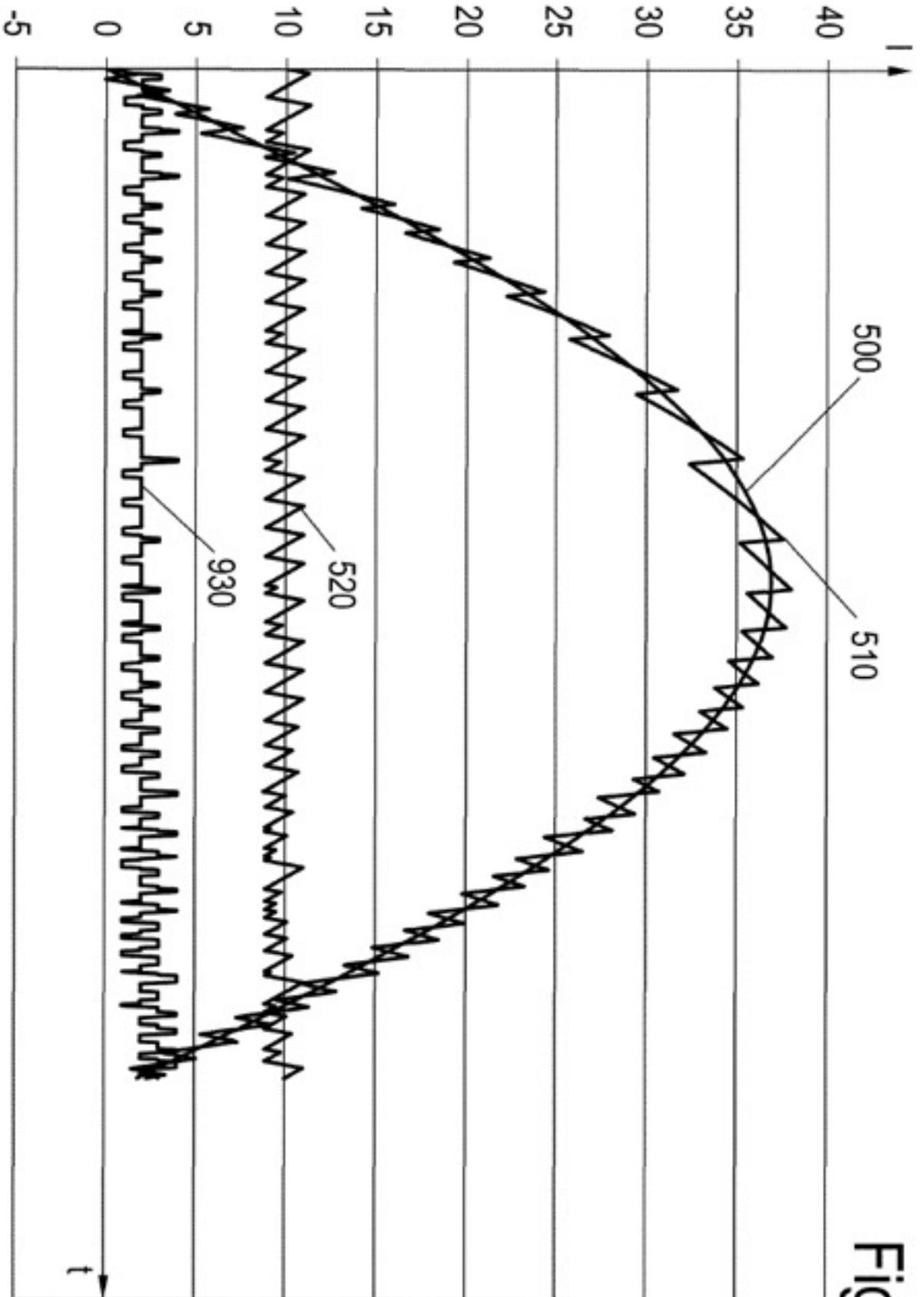


Fig. 5

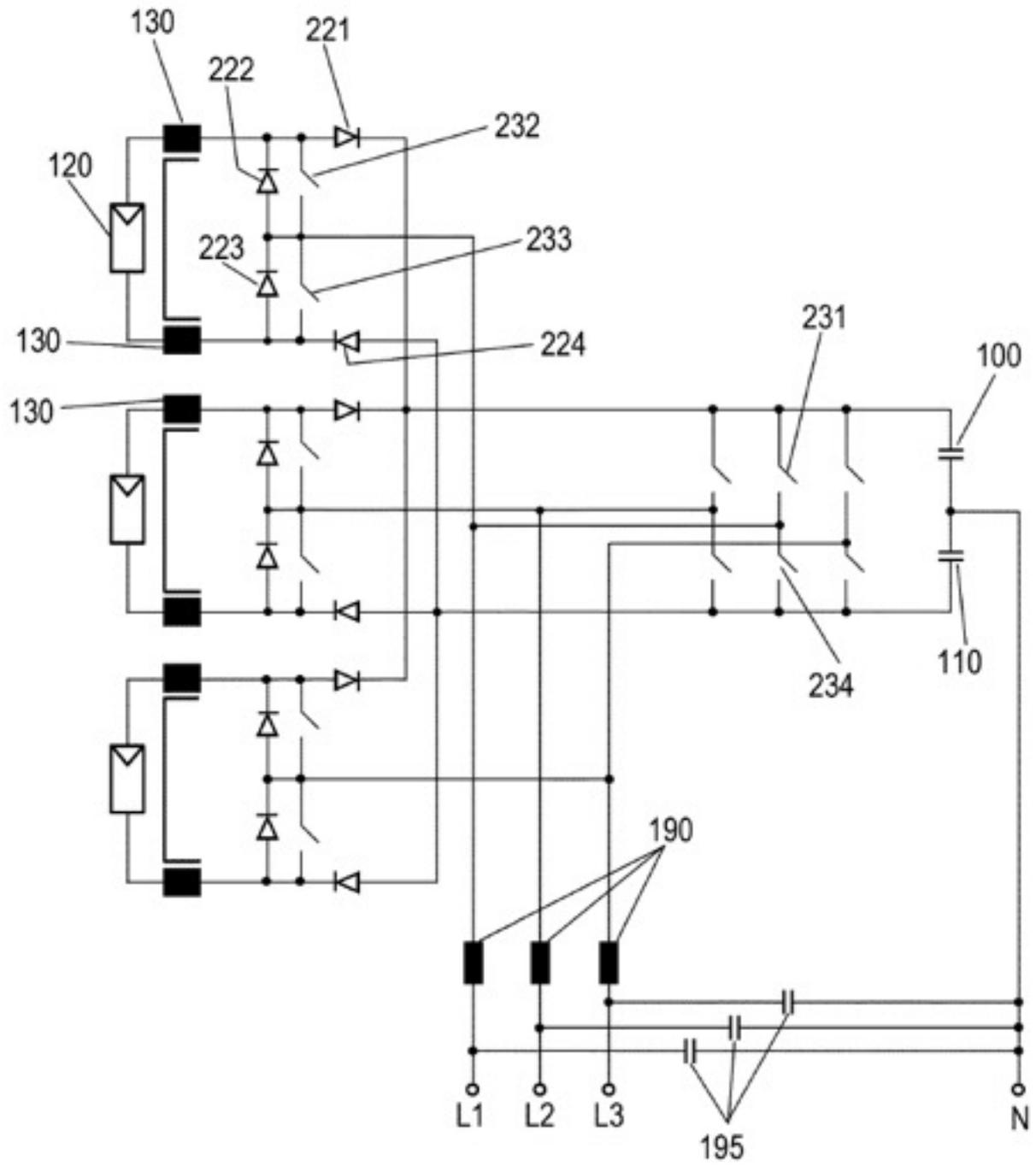


Fig. 6

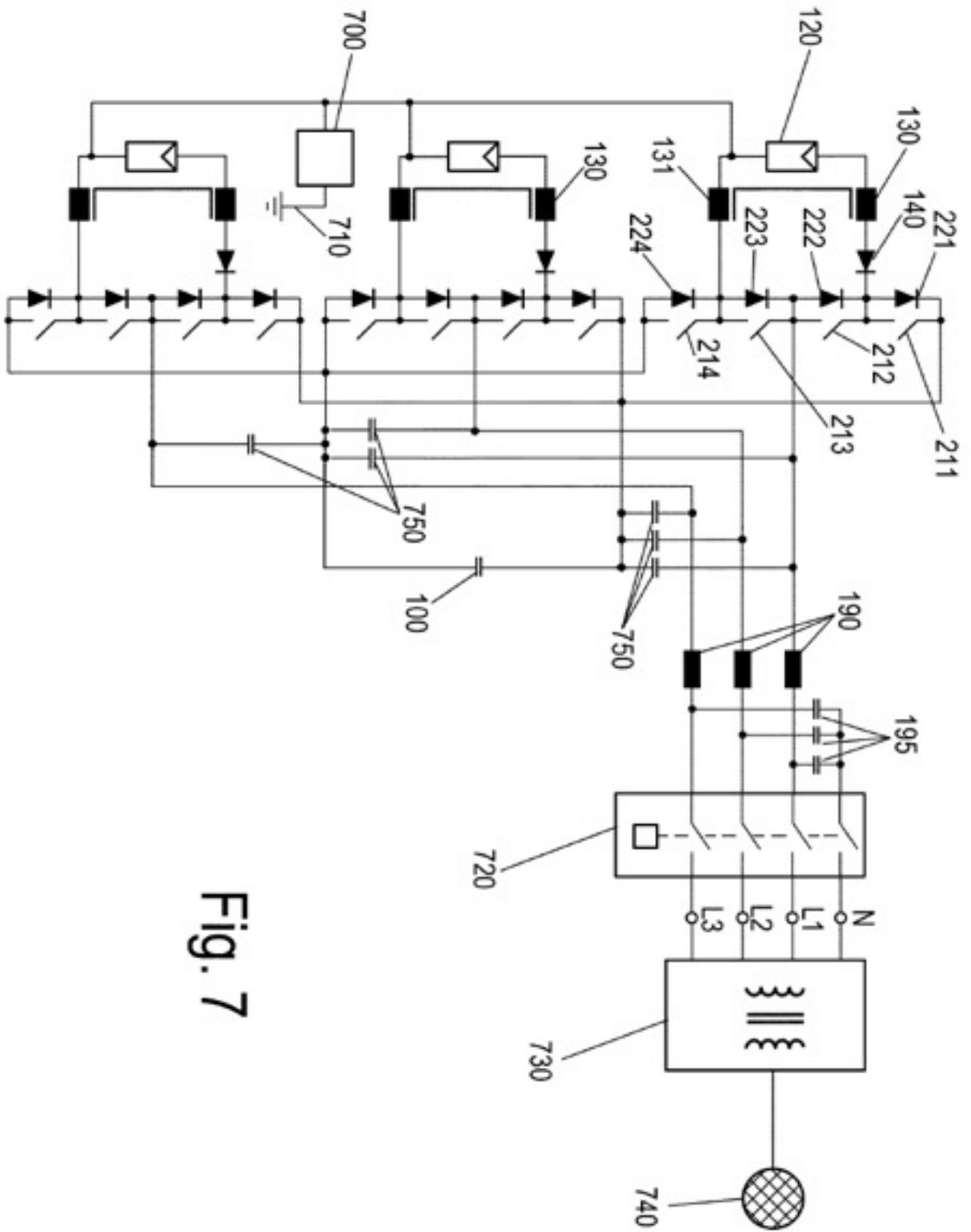


Fig. 7