

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 054**

51 Int. Cl.:

H02M 7/487 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2015** E 15195907 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019** EP 3032733

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar un convertidor y un convertidor de 3 niveles**

30 Prioridad:

13.12.2014 DE 102014018666

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

04.03.2020

73 Titular/es:

**BAUMÜLLER NÜRNBERG GMBH (100.0%)
Ostendstrasse 80-90
90482 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es:

LELKES, ANDRÁS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 746 054 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para hacer funcionar un convertidor y un convertidor de 3 niveles

5 La invención se refiere a un convertidor con un brazo superior, y con un brazo inferior, y con un brazo central.

Las plantas industriales suelen presentar una máquina eléctrica giratoria, por medio de la cual se impulsa un objeto, como, por ejemplo, una cinta transportadora. Para este propósito, la máquina eléctrica presenta un rotor y un estator, en el que el rotor se hace girar por medio de interacción magnética con respecto al estator durante su funcionamiento. Particularmente en el caso de una máquina eléctrica de relativo alto rendimiento (motor eléctrico), el rotor presenta varios imanes permanentes, y por medio del estator se genera un campo magnético giratorio. En otras palabras, es un motor eléctrico sin escobillas, por lo que se evita la formación de chispas ocasionadas por el cepillado de un conmutador. Como resultado, es necesario alimentar con corriente al estator por medio de una corriente eléctrica sustancialmente sinusoidal, en la que la frecuencia de la corriente eléctrica sea proporcional a las revoluciones de la máquina eléctrica, y en la que el par del motor eléctrico se ajuste por medio de la amplitud de la corriente eléctrica. Por lo tanto, es necesario regular o al menos controlar la frecuencia y la amplitud de la corriente eléctrica, y adaptarla a los requisitos del motor eléctrico.

Para este propósito, se utilizan convertidores que están conectados a una red eléctrica que presentan una frecuencia de red. La red eléctrica generalmente lleva a una corriente alterna trifásica con una frecuencia de 50 hercios. Esto se transforma por medio de un lado rectificador del convertidor en una corriente continua y por medio de un lado de corriente alterna del convertidor en una corriente alterna que se adapta a los requisitos del motor eléctrico. El lado del inversor de potencia en este caso generalmente comprende un circuito puente, en particular, un circuito B6, en el que cada brazo del puente presenta un interruptor semiconductor. Estos se controlan por medio de una frecuencia de conmutación y, de esta manera, pasan de un estado conductor a uno no conductor. En otras palabras, los interruptores semiconductores se accionan por pulsos. En cada proceso de conmutación, el valor de tensión eléctrica y de corriente eléctrica en cada uno de los interruptores semiconductores es relativamente alto, lo que conduce a pérdidas, que se conocen como pérdidas de conmutación. Por lo tanto, la pérdida de potencia de todo el convertidor depende de la cantidad de procesos de conmutación.

Sin embargo, a frecuencias de conmutación relativamente bajas, la corriente eléctrica alterna producida por medio del convertidor presenta una ondulación relativamente alta, es decir, armónicos relativamente pronunciados, lo que significa que las revoluciones del motor eléctrico tampoco son constantes, sino que también presentan armónicos con estas características. Debido a la aceleración y deceleración sustancialmente continuas y, por lo tanto, a las vibraciones que genera, esto da como resultado una carga mecánica relativamente alta. Además, los procesos de conmutación son perceptibles por el oído humano a una frecuencia de conmutación relativamente baja, por lo que trabajar en el entorno de dicho convertidor es relativamente incómodo.

Del documento DE 10 2010 008 426 B4 se conoce un inversor de pulso trifásico según lo que se entiende por el término genérico de la reivindicación 1 con una red de descarga. La red de descarga presenta dos condensadores y una inductancia. Debido a una disposición adecuada, no en todos los procesos de conmutación del interruptor semiconductor se da al mismo tiempo una corriente eléctrica alta y una tensión eléctrica alta. En este caso, la tensión eléctrica que se genera cuando el flujo de corriente se interrumpe por medio del interruptor semiconductor aumenta de manera relativamente lenta. Como resultado, según este principio, no hay prácticamente pérdidas. Sin embargo, se necesita un interruptor bidireccional que comprenda dos interruptores semiconductores y dos diodos. En consecuencia, siempre hay un flujo de corriente eléctrica a través de un diodo y un interruptor semiconductor, lo que aumenta las pérdidas directas. Estos interruptores semiconductores transportan además la corriente eléctrica completa, por lo que su diseño debe ser sustancialmente similar al de los interruptores semiconductores existentes. En consecuencia, el convertidor presenta el doble de interruptores semiconductores que son relativamente caros, lo que aumenta los costes de fabricación.

El documento DE 693 13 340 T2 da a conocer un dispositivo de control para convertidores de potencia y un dispositivo de control para vehículos con motor eléctrico. Por medio del dispositivo de control, se compensa una distribución de generación de calor.

El documento EP 2 110 322 A1 da a conocer un procedimiento para generar señales de accionamiento de un convertidor de 3 niveles sobre la base de las señales de un convertidor de 2 niveles.

A partir del documento DE 38 85 737 T2 se conoce un procedimiento para la modulación del ancho de los pulsos, que puede usarse para el control de inversores de tensión. En este caso, se cambia de un nivel inferior discreto pasando por un nivel intermedio discreto a un nivel superior discreto y viceversa.

La invención tiene como objetivo proporcionar un convertidor en el que se reduzcan adecuadamente las pérdidas de conmutación y los costes de fabricación.

Este objetivo se consigue mediante las características de la reivindicación 1 según la invención. Las variantes y

configuraciones ventajosas les competen a las respectivas reivindicaciones secundarias.

El convertidor de 3 niveles presenta un brazo superior, un brazo inferior y un brazo central. Cada uno de los brazos se guía contra una salida, con la cual está conectada eléctricamente, por ejemplo, una carga. En otras palabras, la carga está en contacto eléctrico con la salida. Cada uno de los brazos presenta un elemento de conmutación (interruptor) que es, en particular, un interruptor semiconductor. El extremo restante del brazo superior se guía contra un potencial eléctrico superior, el brazo inferior se guía sobre el lado opuesto a la salida contra un potencial eléctrico inferior y el brazo central se guía sobre el lado opuesto a la salida contra un potencial eléctrico central. El potencial eléctrico superior es, en particular, mayor que el potencial eléctrico inferior, y el potencial eléctrico central está situado entre el potencial eléctrico superior y el inferior. Es conveniente que la magnitud del potencial eléctrico superior e inferior sea la misma, y el potencial eléctrico central sea adecuadamente igual a tierra, y más particularmente sea la conexión a tierra.

El convertidor funciona según un procedimiento, en el cual en una primera etapa de trabajo la conmutación se realiza desde el brazo superior al brazo central. En este caso, por conmutación significa se entiende que el flujo de corriente a través de un brazo se interrumpe y que se crea un flujo de corriente a través de otro brazo. En otras palabras, la conductividad eléctrica de un brazo se interrumpe y se crea la del otro. Para este propósito, los elementos de conmutación de cada brazo se controlan de la manera correspondiente. En consecuencia, la salida está primero en contacto eléctrico con el potencial eléctrico superior y tras la conmutación con el potencial eléctrico central. En otra etapa de trabajo, se conmuta del brazo central al brazo inferior. De esta manera, tras la conmutación, el potencial eléctrico inferior es contactado eléctricamente por el brazo inferior a la salida, y la salida está situada en el potencial eléctrico inferior. Es conveniente que la conmutación tenga lugar desde el brazo central al inferior de manera directamente posterior a la conmutación desde el brazo superior al central.

En consecuencia, la salida está en el potencial eléctrico inferior tras realizar las dos etapas de trabajo, en la que la salida estaba en el potencial eléctrico superior antes de realizar las dos etapas de trabajo. De esta manera, el potencial de la salida cambia del potencial eléctrico superior al potencial eléctrico inferior, en el que en cada elemento de conmutación de los brazos solo se aplica como máximo un cambio potencial del potencial eléctrico superior al potencial eléctrico central y del potencial eléctrico central al potencial eléctrico inferior. Debido a la tensión eléctrica reducida, que se aplica a cada proceso de conmutación a través de los elementos de conmutación, se reduce en consecuencia la pérdida. Además, se producen picos de tensión solo relativamente bajos, lo que permite reducir una sobrecarga de la carga y/o de cualquier cable entre la carga y el convertidor.

Es conveniente que, tras la conmutación, el brazo inferior se conmute nuevamente al brazo central y nuevamente se conmute eléctricamente desde el brazo central al brazo superior, y esto ocurra desde el punto de vista temporal, en particular, directamente a continuación. Es conveniente que el procedimiento para hacer funcionar el convertidor se repita siempre que exista una demanda en la carga conectada eléctricamente a la salida. En resumen, todas las veces se conmuta eléctricamente desde el punto de vista temporal directamente a continuación del brazo superior al central, del central al inferior, del inferior al central, del central al superior, del superior al central, del central al inferior. De esta manera, cualquier carga en contacto eléctrico con la salida se somete a una tensión alterna que presenta una amplitud relativamente grande, en la que las pérdidas de conmutación son relativamente bajas. Dependiendo de la configuración de la relación de conmutación, en este caso la energía suministrada a la carga se puede configurar de forma relativamente precisa. En particular, la frecuencia de conmutación se sitúa entre 10 kHz y 30 kHz, y es convenientemente mayor o igual a 15 kHz o 18 kHz y, por ejemplo, menor o igual a 25 kHz o 20 kHz.

De manera particularmente preferible, el período de tiempo de conducción de corriente por medio del brazo central es menor que el período de tiempo de conducción de corriente por medio del brazo inferior y/o superior. De manera particularmente preferible, el período de tiempo de la conducción de corriente por medio del brazo inferior es igual al período de conducción de corriente por medio del brazo superior, y es conveniente que el período de conducción de corriente por medio del brazo central sea inferior al 10 %, 5 %, 2 %, 1 % del período de tiempo de la conducción de corriente por medio del brazo inferior y/o superior. En otras palabras, tras la conmutación al brazo central tras un período relativamente corto, ya se conmuta en el brazo inferior o superior. Como resultado, aun así la potencia conducida por medio del brazo central es igual a la energía eléctrica conducida por el brazo inferior y/o superior. Sin embargo, la energía es más baja, por lo que los componentes del brazo central tienen una carga térmica relativamente baja. En consecuencia, se pueden seleccionar componentes para el brazo central que presenten solo una corriente nominal baja y/o una temperatura máxima de funcionamiento baja y un límite de carga térmica baja, es decir, una temperatura a partir de la que los componentes fallan térmicamente. Por lo tanto, para la construcción del brazo central es posible utilizar componentes relativamente baratos, en los que, sin embargo, las pérdidas de conmutación sean relativamente bajas. En particular, el período de tiempo de la conducción de corriente por medio del brazo central es constante mientras que el período de tiempo de la conducción de corriente por medio del brazo inferior y/o superior se selecciona en función de los requisitos de potencia.

Es conveniente conmutar eléctricamente directamente desde el brazo superior al brazo inferior si un requisito de potencia para el convertidor es mayor que un valor límite. En particular, el valor límite es la potencia máxima que puede proporcionarse mediante la conmutación del brazo superior al brazo central y a continuación al brazo inferior por medio del convertidor. Siempre que el requisito de potencia exceda este valor, se conmuta directamente desde el brazo

superior al inferior, y más particularmente, desde el brazo inferior al superior. De esta forma, se acorta el tiempo requerido para aplicar el potencial superior o inferior a la salida para permitir aumentar la potencia de salida del convertidor. Aunque se producen pérdidas relativamente altas debido a los procesos de conmutación, un convertidor permite una mayor potencia de salida. En otras palabras, el convertidor de 3 niveles funciona como un convertidor de 2 niveles.

El convertidor presenta una salida, un polo positivo, un polo negativo y una toma central. En este caso, durante el funcionamiento del convertidor, el polo positivo tiene un potencial eléctrico mayor en comparación con el polo negativo. El potencial eléctrico de la toma central está situado entre el potencial eléctrico de los polos positivo y negativo. Por ejemplo, la toma central está en contacto eléctricamente con masa, en particular, conectada a tierra. En otras palabras, el potencial eléctrico de la toma central es igual a tierra. Es conveniente durante el funcionamiento del convertidor que la tensión eléctrica entre el polo positivo y la toma central sea igual a la cantidad de tensión eléctrica entre el polo negativo y la toma central. Por ejemplo, la tensión eléctrica entre la toma central y el polo respectivo es mayor o igual a 300 V, 500 V, 700 V, 900 V o 1100 V. Preferiblemente, la tensión eléctrica entre la toma central y el polo respectivo es menor o igual a 400 V, 600V, 800 V, 1100 V o 1200 V.

El polo positivo está en contacto eléctrico con la salida por medio de un brazo superior. El brazo superior comprende un primer elemento de conmutación, por medio del cual se puede ajustar, al menos parcialmente, un flujo de corriente entre el polo positivo y la salida. El polo negativo está en contacto eléctrico con la salida por medio de un brazo inferior, en el que el brazo inferior presenta un segundo elemento de conmutación. Por medio del segundo elemento de conmutación, un flujo de corriente entre la salida y el polo negativo se puede ajustar al menos parcialmente. Cada primer o segundo elemento de conmutación es un interruptor por medio del cual un flujo de corriente es preferiblemente conmutable solo en una dirección. Es conveniente que un flujo de corriente en la dirección opuesta no se vea afectado en consecuencia por el elemento de conmutación respectivo. En otras palabras, en el caso de un primer y/o segundo elemento de conmutación no activado, es decir, el interruptor abierto respectivo, se interrumpe un flujo de corriente eléctrica en una dirección preferida. Un flujo de corriente eléctrica en la dirección preferida respectiva es convenientemente independiente del estado del elemento de conmutación, es decir, de si el interruptor está abierto o cerrado. En particular, una corriente eléctrica en la dirección de la corriente técnica se conmuta desde el polo positivo a la salida por medio del primer elemento de conmutación. A modo de ejemplo, un flujo de corriente eléctrica se conmuta desde la salida al polo negativo por medio del segundo elemento de conmutación.

La toma central se conecta eléctricamente a la salida por medio de un brazo central, en el que el brazo central presenta un interruptor bidireccional. Por medio del interruptor bidireccional se puede ajustar tanto el flujo de corriente eléctrica desde la salida hacia la toma central como desde la toma central hacia la salida. En otras palabras, por medio del interruptor bidireccional, se puede conmutar, es decir, se puede interrumpir y configurar un flujo de corriente eléctrica por medio del brazo central independientemente de la dirección de la corriente técnica. En consecuencia, el convertidor es un convertidor de 3 niveles, en el que los tres niveles están constituidos por el polo positivo, la toma central y el polo negativo. En particular, el polo positivo y la toma central y/o la toma y el polo negativo están en contacto eléctrico entre sí por medio de un condensador, en particular, un condensador electrolítico.

Durante su funcionamiento, se conmuta eléctricamente desde el brazo superior al brazo central y desde el brazo central al brazo inferior. En otras palabras, durante su funcionamiento, primero se activa solamente el primer elemento de conmutación, lo que permite que haya un flujo de corriente entre el polo positivo y la salida. Tras la conmutación, hay un flujo de corriente eléctrica entre la toma central y la salida. En otras palabras, se activa solamente el interruptor bidireccional, en el que el primer y el segundo elemento de conmutación se accionan de tal manera que se bloquean. Tras la conmutación al brazo inferior, solamente hay flujo de corriente a través del brazo inferior, y más particularmente desde el polo negativo a la salida, siempre que cualquier carga conectada eléctricamente a la salida tenga suficiente inductancia. En este caso, tanto el primer elemento de conmutación como el interruptor bidireccional se accionan de tal manera que no es posible conducir un flujo de corriente eléctrica por medio de estos. Tras la conmutación al brazo inferior, se conmuta al brazo central y a continuación al brazo superior. En este caso, inmediatamente tras la conmutación al brazo central siempre se conmuta al brazo que no tenía la capacidad de conducir electricidad previa a la conmutación al brazo central. En otras palabras, del brazo superior se conmuta al brazo inferior, siempre pasando por el brazo central como etapa intermedia. Incluso con una conmutación del brazo inferior al brazo superior, el brazo central se usa primero como una etapa intermedia.

Es conveniente, en este caso, que la duración del tiempo de conmutación en el brazo central sea menor a la duración del tiempo durante el cual el brazo superior y/o inferior conducen electricidad. Es conveniente que la duración del tiempo sea menor o igual a 10 %, 5 %, 2 %, 1 % y 0,5 % de la duración de tiempo de conducción de electricidad por medio del brazo superior y/o inferior. En consecuencia, el funcionamiento de un convertidor de 2 niveles se lleva a cabo sustancialmente por medio del convertidor de 3 niveles, en el que las tensiones eléctricas que se producen cuando se activa el primer y/o segundo elemento de conmutación se reducen en comparación con un convertidor de 2 niveles. Como resultado, se reducen las pérdidas de conmutación y aumenta la eficiencia del convertidor. En consecuencia, el convertidor puede funcionar con pérdidas relativamente bajas incluso a una frecuencia de conmutación relativamente alta. En particular, la frecuencia de conmutación se sitúa entre 15 kHz y 20 kHz, y es preferiblemente mayor de 18 kHz.

Por medio del convertidor, una tensión de corriente alterna se transforma, por ejemplo, en una tensión de corriente continua o una tensión de corriente continua en una tensión de corriente alterna. En otras palabras, el convertidor es un inversor o un rectificador. Por ejemplo, el convertidor presenta un diseño trifásico. Para este propósito, el convertidor comprende convenientemente tres salidas, en las que cada una de las tres salidas ahora y sus respectivos elementos de conmutación o interruptores bidireccionales están en contacto eléctrico entre sí por medio de un brazo superior, central e inferior respectivamente asignado. En otras palabras, el convertidor en este caso comprende tres primeros elementos de conmutación, tres segundos elementos de conmutación y tres interruptores bidireccionales.

Adecuadamente, el primer elemento de conmutación está puentado por medio de un primer condensador, que está conectado en serie con un primer diodo. La dirección de bloqueo de los diodos es adecuadamente igual a la dirección de conmutación del primer elemento de conmutación. En otras palabras, no es posible conseguir un flujo de corriente a través del diodo en la dirección en que la corriente eléctrica se puede conmutar por medio del elemento de conmutación. Además, el interruptor bidireccional también está puentado por medio del primer condensador, en el que el circuito puente presenta un tercer diodo. En particular, el tercer diodo está conectado en serie con el primer diodo, entre los cuales el primer condensador está en contacto eléctrico en un lado. Por ejemplo, la dirección de bloqueo del primer y el tercer diodo es la misma. Es conveniente que el primer elemento de conmutación esté puentado sin más componentes eléctricos ni/o electrónicos. Preferiblemente, para puntear el primer elemento de conmutación con el primer diodo y el primer condensador, no hay más componentes eléctricos ni/o electrónicos, pero al menos no hay inductancia ni/o capacitancias adicionales conectadas en serie.

Preferiblemente, el segundo elemento de conmutación está puentado por medio de un segundo condensador conectado en serie a un segundo diodo, en el que el interruptor bidireccional también está puentado por medio del segundo condensador, que, sin embargo, en este caso está conectado en serie con un cuarto diodo. En otras palabras, el segundo y el cuarto diodo están conectados en serie, en el que entre estos un lado del segundo condensador está en contacto eléctrico. La dirección de bloqueo del segundo y el cuarto diodo es, en particular, la misma y preferiblemente igual a la dirección de conmutación del segundo elemento de conmutación.

Tanto por medio del primer como del segundo condensador tiene lugar un almacenamiento de energía eléctrica, lo que al conmutar el primer o el segundo elemento de conmutación conduce a una interrupción del flujo de corriente por medio del elemento de conmutación, aunque continúa habiendo un flujo de corriente relativamente corto, lo que da como resultado un retraso temporal en la acumulación de la tensión eléctrica. En otras palabras, por medio del primer y segundo condensador se crea una red de descarga que permite que cuando se activa el primer o segundo elemento de conmutación no se aplique al mismo tiempo un cambio de corriente alto y un cambio de tensión. Es conveniente que el primer condensador esté construido de manera similar al segundo condensador, es decir, que presente la misma capacidad y estructura. En particular, el primer diodo, el segundo diodo, el tercer diodo y el cuarto diodo tienen una construcción similar. De esta manera, es posible usar relativamente muchas partes idénticas para montar el convertidor, lo que da como resultado una reducción de costes.

En particular, la toma central está en contacto eléctrico por medio de una inductancia con el interruptor bidireccional. En otras palabras, el interruptor bidireccional está conectado entre la inductancia y la salida, y la inductancia está conectada en serie al interruptor bidireccional. Preferiblemente, entre la toma central y la salida al interruptor bidireccional no se conecta ninguna otra inductancia ni capacitancia en serie. Por medio de la inductancia, por un lado, se obtiene una limitación del cambio de corriente, lo que da como resultado una reducción de las pérdidas eléctricas. Por otro lado, se garantiza una continuación del flujo de corriente eléctrica durante la conmutación mediante la inductancia en interacción con el primer y segundo condensador y los diodos lo que permite reducir las pérdidas eléctricas aún más.

Adecuadamente, el primer elemento de conmutación está construido de manera similar al segundo elemento de conmutación. En particular, el primer elemento de conmutación y el segundo elemento de conmutación presentan cada uno un interruptor semiconductor, cada uno de los cuales se puentea, en particular, por medio de un diodo de rueda libre. En este caso, la dirección de bloqueo del diodo de rueda libre es paralela a la dirección de la corriente eléctrica, que se puede conmutar mediante el interruptor semiconductor. En otras palabras, un flujo de corriente a través del diodo de rueda libre respectivo no es posible en la dirección en la que se puede conmutar un flujo de corriente con el interruptor semiconductor respectivo. En particular, la dirección de bloqueo del diodo de rueda libre respectivo es paralela a la dirección de bloqueo del primer y del tercer diodo. Adecuadamente, el interruptor semiconductor es un IGBT, un MOSFET, un GTO, un JFET, un IGCT u otro tipo de transistor de efecto de campo u otro tiristor. El material base del interruptor semiconductor es, por ejemplo, silicio, carburo de silicio, arseniuro de galio o nitruro de galio. Convenientemente, el primer y el segundo elemento de conmutación están adaptados para conmutar una corriente eléctrica y una tensión eléctrica que son mayores a 1 amperio y 24 voltios. Es conveniente que la tensión eléctrica conmutable sea mayor o igual a 100 voltios, 500 voltios, 600 voltios, 700 voltios, 800 voltios, 1000 voltios, 1100 voltios, 1200 voltios, 1300 voltios, 1400 voltios o 1500 voltios.

Preferentemente, el interruptor bidireccional comprende dos rutas paralelas, en las que cada ruta presenta un interruptor semiconductor conectado en serie a un diodo. En este caso, la dirección de bloqueo es, en particular, opuesta a la dirección de conmutación del interruptor semiconductor respectivo. De esta manera, se descarta que se puedan dañar los respectivos interruptores semiconductores. Es conveniente que las dos rutas estén conectadas de

manera antiparalela entre sí. En otras palabras, la dirección hacia adelante de los dos diodos de las dos rutas es antiparalela entre sí lo que permite que, con un control adecuado del interruptor semiconductor, el interruptor bidireccional permita un flujo de corriente en ambas direcciones. Es conveniente que uno de los dos interruptores semiconductores esté puentado por medio del diodo de la ruta restante, lo que permite que el interruptor bidireccional pueda estar constituido por un interruptor semiconductor conectado entre sí en serie con un diodo de rueda libre. De esta manera, es posible recurrir a componentes estandarizados para construir un interruptor bidireccional, lo que reduce los costes de fabricación.

En una realización particularmente preferida de la invención, el interruptor bidireccional presenta un puente rectificador, que está constituido, en particular, por medio de diodos. En este caso, el puente rectificador presenta preferentemente cuatro diodos. El interruptor bidireccional comprende dos rutas, cada una con dos diodos conectados en antiparalelo entre sí. Un interruptor semiconductor está en contacto eléctrico con cada una de las dos rutas entre cada uno de los dos diodos. Por lo tanto, por medio de un único interruptor semiconductor es posible conmutar un flujo de corriente eléctrica en ambas direcciones. De esta manera, los costes de material del convertidor se reducen aún más. El o los interruptores semiconductores del interruptor bidireccional conviene que sean transistores de efecto de campo, como, MOSFET, JFET o IG-BT u otros tiristores, como GTO. Preferentemente, el interruptor semiconductor respectivo está hecho de un silicio. Por ejemplo, los interruptores semiconductores del interruptor bidireccional son similares a los interruptores semiconductores del primer y/o segundo elemento de conmutación, siempre que tengan interruptores semiconductores. De esta manera, es posible usar relativamente muchas partes idénticas para fabricar el convertidor, lo que reduce los costes.

Sin embargo, de manera particularmente preferible, el primer elemento de conmutación y el segundo elemento de conmutación presentan una corriente nominal más alta que el interruptor bidireccional. En otras palabras, es posible conmutar una corriente eléctrica más alta por medio del primer y segundo elemento de conmutación. En particular, la corriente colectora, preferentemente máxima, del primer y el segundo elemento de conmutación es mayor que la corriente colectora, preferentemente máxima, del interruptor bidireccional. Dado que la corriente eléctrica se conduce con el interruptor bidireccional solo durante un período de tiempo relativamente corto, la carga térmica es relativamente baja, lo que permite que una corriente nominal relativamente baja sea suficiente para un funcionamiento seguro. Por lo tanto, es posible utilizar un interruptor bidireccional relativamente económico. Preferentemente, el interruptor bidireccional está diseñado térmicamente para corrientes eléctricas efectivas más bajas. Por ejemplo, el primer elemento de conmutación y el segundo elemento de conmutación presentan una temperatura máxima de funcionamiento más alta que el interruptor bidireccional. En otras palabras, la resistencia térmica, es decir, el límite de carga térmica del primer y del segundo elemento de conmutación es mayor que el correspondiente al interruptor bidireccional. En consecuencia, un fallo en el funcionamiento del primer y del segundo elemento de conmutación se puede esperar solo a una temperatura a la que el elemento de conmutación bidireccional ya esté dañado. De esta manera, es posible utilizar componentes relativamente económicos para construir un interruptor bidireccional, lo que reduce los costes de fabricación. Dado que el brazo central con el interruptor bidireccional conduce corriente eléctrica solo durante períodos de tiempo relativamente cortos, el calentamiento del interruptor bidireccional y sus componentes es relativamente bajo, aunque la intensidad de corriente corresponde sustancialmente a la intensidad de corriente conducida por el primer y el segundo brazo.

El convertidor sirve preferentemente para el funcionamiento de una máquina eléctrica, en particular, un motor eléctrico. Adecuadamente, el convertidor es parte de una planta industrial. En particular, el convertidor presenta una salida de línea máxima entre 700 W y 500 kW. Es conveniente que la salida de la línea sea mayor o igual a 1 kW, 5 kW, 10 kW, 50 kW, 100 kW o 200 kW. Por ejemplo, la salida de la línea es menor o igual a 400 kW, 250 kW, 100 kW, 50 kW, 15 kW o 2 kW.

A continuación, se describen ejemplos de realización de la invención con más detalle usando como referencia un dibujo. En este:

La figura 1 muestra un convertidor con un polo positivo, un polo negativo, una toma central y tres salidas,
 La figura 2 muestra un detalle esquemático de una de las salidas, que se contacta eléctricamente por medio de un primer elemento de conmutación con el polo positivo, por medio de un segundo elemento de conmutación con el polo negativo y por medio de un interruptor bidireccional con la toma central,
 Las figuras 3a y 3b muestran formas de realización adicionales del interruptor bidireccional,
 La figura 4 muestra de forma esquemática y simplificada un procedimiento para hacer funcionar el convertidor, y
 La figura 5a-5m muestra el flujo de corriente a través del convertidor GE según la figura 2 durante la ejecución del procedimiento según la figura 4.

Las partes que se corresponden se proporcionan en todas las figuras con los mismos números de referencia.

En la figura 1, se muestra esquemáticamente un convertidor 2 con tres salidas 4. En otras palabras, el convertidor 2 es un convertidor trifásico. El convertidor 2 comprende además un polo positivo 6, un polo negativo 8 y una toma central 10. El potencial de la toma central 10 es, en este caso, la tierra 12, mientras que el polo positivo 6 presenta un potencial eléctrico positivo y el polo negativo 8 un potencial eléctrico negativo. La tensión eléctrica entre el polo positivo 6 y el polo negativo 8 es de 1000 voltios. La tensión eléctrica entre el polo positivo 6 y la toma central 10 es igual a 500 voltios

y entre la toma central 10 y el polo negativo 8 también es igual a 5000 voltios. Durante el funcionamiento del convertidor 2, esta tensión eléctrica es constante, lo que se obtiene por medio de un suministro adecuado mediante un lado de rectificador acoplado a una red de alimentación que aquí no se muestra.

5 Además, un primer condensador de circuito intermedio 14 está dispuesto eléctricamente entre la toma central 10 y el polo positivo 6, y un segundo condensador de circuito intermedio 16 entre la toma central 10 y el polo negativo 8, por medio del cual la tensión eléctrica se mantiene sustancialmente constante. Cada una de las salidas 4 se puede llevar por medio de una disposición 18 al potencial eléctrico del polo positivo 6, al potencial eléctrico de la toma central 10 o al potencial eléctrico del polo negativo 8. En otras palabras, por medio del convertidor 2 se obtienen tres niveles, lo que
10 hace que el convertidor 2 sea un convertidor de 3 niveles. Cada una de las 4 salidas se someten a una corriente alterna, que sirve para alimentar un motor eléctrico que aquí no se muestra.

En la figura 2, se muestra con más detalle la disposición 18 del convertidor 2. En este caso, también es posible que el convertidor 2 presente solo una de las disposiciones 18 lo que haría que el convertidor 2 fuera un convertidor monofásico. Además, el primer y el segundo condensador de circuito intermedio 14 y 16 se reemplazan por un condensador electrolítico. El polo positivo 6 está en contacto por medio de un brazo superior 20, la toma central 10 por medio de un brazo central 22 y el polo negativo 8 por medio de un brazo inferior 24 conectado eléctricamente a la salida 4. El brazo superior 20 en este caso comprende un primer elemento de conmutación 26 que comprende un interruptor semiconductor 28 en forma de un IGBT y un diodo de rueda libre 30 conectado en paralelo. El ánodo del diodo de rueda libre está en contacto eléctrico con el emisor del interruptor semiconductor 28 y el cátodo con el colector del interruptor semiconductor 28 eléctricamente. El colector del interruptor semiconductor 28 está en el potencial eléctrico del polo positivo 6 y el emisor en el potencial eléctrico de la salida 4. Por lo tanto, por medio del primer elemento de conmutación 26, es posible mediante un control adecuado del interruptor semiconductor 28 crear un flujo de corriente desde el polo positivo 6 a la salida 4.
15
20
25

El brazo inferior 24 comprende un segundo elemento de conmutación 32, que está construido de manera similar al primer elemento de conmutación. En otras palabras, el segundo elemento de conmutación 32 también comprende un interruptor semiconductor 34 en forma de IGBT y un diodo de rueda libre 36 conectado en paralelo, cuyo ánodo está en contacto eléctrico con el emisor del interruptor semiconductor 34 del segundo elemento de conmutación. En otras palabras, el primer elemento de conmutación 26 y el segundo elemento de conmutación 32 tienen una construcción idéntica. En este caso, el ánodo del diodo de rueda libre del segundo elemento de conmutación 32 se encuentra en el potencial eléctrico del polo negativo 8 y el cátodo del diodo de rueda libre 36 del segundo elemento de conmutación 32 en el potencial eléctrico de la salida 4.
30

El brazo central 22 comprende una inductancia 38 en forma de estrangulador, que está conectada en serie a un interruptor bidireccional 40. El interruptor bidireccional 40 está conectado eléctricamente entre la inductancia 38 y la salida 4. El interruptor bidireccional 40 comprende un puente rectificador 42 con un interruptor semiconductor 44 conectado entre ellos en forma de IGBT. En otras palabras, el puente rectificador 42 presenta una primera ruta 46 y una segunda ruta 48, que están conectadas en paralelo entre sí. La primera ruta 46 presenta dos diodos conectados en serie cuyos cátodos están en contacto eléctrico entre sí. La segunda ruta 48 también comprende dos diodos conectados en serie, pero sus ánodos están en contacto eléctrico entre sí. El emisor del interruptor semiconductor 44 está en contacto eléctrico con los ánodos de los diodos de la segunda ruta y el colector del interruptor semiconductor 44 con los cátodos de los diodos de la primera ruta 46. La corriente nominal del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 es menor que la corriente nominal de los interruptores semiconductores 28 y 34 del primer y del segundo elemento de conmutación 26 y 32.
35
40
45

El primer elemento de conmutación 26 está puentado por medio de un primer condensador 50 y un primer diodo 52, que están conectados en serie entre sí. El cátodo del primer diodo 52 y el cátodo del diodo de rueda libre 30 del primer elemento de conmutación 26 se encuentran en el mismo potencial eléctrico, mientras que uno de los electrodos del primer condensador 50 presenta el mismo potencial eléctrico que el emisor del interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26, es decir, el potencial eléctrico de la salida 4. El cátodo de un tercer diodo 54 está en contacto eléctrico con el ánodo del primer diodo 52, cuyo ánodo está en contacto eléctrico entre el interruptor bidireccional 40 y la inductancia 38 con el brazo central 22 eléctricamente. En otras palabras, el interruptor bidireccional 40 está puentado por medio del tercer diodo 54 y del primer condensador 50, que están conectados en serie entre sí.
50
55

El interruptor bidireccional 40 además está puentado por medio de un cuarto diodo 56 y un segundo condensador 58 conectado en serie, en el que el cátodo del cuarto diodo 56 está conectado eléctricamente al ánodo del tercer diodo y el ánodo del cuarto diodo 56 a uno de los electrodos del segundo condensador 58. El electrodo restante del segundo condensador 58 está conectado eléctricamente a la salida 4, lo que permite que, en estado estacionario, presente el mismo potencial eléctrico que la salida 4. La disposición 18 comprende además un segundo diodo cuyo cátodo está en contacto eléctrico con el ánodo del cuarto diodo. El ánodo del segundo diodo 60 está en contacto eléctrico con el polo negativo 8. En otras palabras, el segundo elemento de conmutación 32 está puentado por medio del segundo diodo 60 y el segundo condensador 58 conectado en serie.
60
65

La figura 3a muestra una realización adicional del interruptor bidireccional 40, que se usa dentro de la disposición 18

en una alternativa a la realización que se muestra en la figura 2. El interruptor bidireccional 40 comprende además la primera ruta 46 y la segunda ruta 48, que están conectadas en paralelo entre sí. Tanto la primera ruta 46 como la segunda ruta 48 presentan cada una un interruptor semiconductor 62 conectado en serie a un diodo 64. Los dos interruptores semiconductores 62 tienen una construcción idéntica y cada uno tiene un IGBT, en el que el emisor de cada uno de los interruptores semiconductores 62 de cada ruta 46 y 48 está en contacto eléctrico con el ánodo del diodo 64 respectivo. Los interruptores de semiconductores 62 y sus respectivos diodos asignados 64 están conectados en antiparalelo entre sí, lo que permite que el cátodo del diodo 64 de la primera ruta 46 presente el mismo potencial eléctrico que el colector del interruptor de semiconductores 62 de la segunda ruta 48. Este potencial correspondería al potencial eléctrico del ánodo del tercer diodo 54. Sin embargo, en una realización adicional, que no es absolutamente necesaria, los emisores de los dos interruptores semiconductores 62 están en cortocircuito entre sí por medio de una conexión eléctrica 66.

En la figura 3b, se muestra una configuración adicional del interruptor bidireccional 40, constituido por medio de dos MOSFET de bloqueo normal 68 conectados en serie. Las dos fuentes de los dos MOSFET 68 están en cortocircuito eléctrico y, como resultado, sus respectivos diodos de inversión 70 están en contacto eléctrico entre sí en el lado del ánodo.

En la figura 4, se muestra un procedimiento 72 para hacer funcionar el convertidor 2, en el que en las figuras 5a a 5m se muestra una forma de corriente a través del convertidor 2, siempre que este presente una única disposición 18, es decir, el convertidor 2 esté construido en una sola fase. Una carga 74 está en contacto eléctrico con el convertidor 2 y se somete a una tensión alterna que presenta una frecuencia de conmutación, en la que la corriente alterna resultante presenta una frecuencia mucho mayor debido a la inductancia relativamente alta de la carga 74. La carga 74 está en contacto eléctrico, por un lado, con la salida 4 y, por otro lado, con la toma central 10, que es la tierra 12. De esta manera, se obtiene un circuito eléctrico. En el estado que se muestra en la figura 5a, se activa el primer elemento de conmutación 26 durante un primer período de tiempo t_1 , lo que permite que el interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26 se accione para que tenga la capacidad de conducir electricidad. Tanto el interruptor bidireccional 40, como el interruptor semiconductor 34 del segundo elemento de conmutación 32 no tienen la capacidad de conducir electricidad. El primer condensador 50 no está cargado, mientras que el segundo condensador 58 está cargado eléctricamente. El electrodo del segundo condensador 58, que está en contacto eléctrico con la salida 4, se encuentra en el potencial eléctrico del polo positivo 6, mientras que el electrodo restante se encuentra en el potencial eléctrico del polo negativo 8. Debido al cuarto diodo 56, se descarta que pueda ocurrir una descarga parcial del segundo condensador 58.

En una primera etapa de trabajo 76, se conmuta del brazo superior 20 al brazo central 22. Para este propósito, como se muestra en la figura 5b, el primer elemento de conmutación 26 se acciona de tal manera que el interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26 no tenga la capacidad de conducir corriente eléctrica. En otras palabras, no es posible obtener un flujo de corriente desde el polo positivo 6 a la salida 4 a través del primer elemento de conmutación 26. Además, el interruptor bidireccional 40 se lleva a un estado en el que tiene la capacidad de conducir electricidad. Para este propósito, se cambia el estado del interruptor semiconductor 44 para que tenga la capacidad de conducir electricidad. Debido al apagado repentino del primer elemento de conmutación 26, se produce una descarga del segundo condensador 58, lo que produce una caída de tensión entre la salida 4 y el polo positivo 6 con un retraso de tiempo. Como resultado, cuando se apaga el primer elemento de conmutación 26, se producen pérdidas eléctricas relativamente bajas.

Además, mientras hay un flujo de corriente a través del interruptor bidireccional 40, un aumento de corriente entre la toma central 43 y la salida 4 se ralentiza en el tiempo debido a la inductancia 38, lo que permite que las pérdidas eléctricas que se produzcan aquí también sean relativamente bajas. Por medio de la inductancia 38 y el segundo condensador 58, se forma un circuito resonante, en el que debido al segundo diodo 60, se evita que una carga del segundo condensador 58 invierta la polaridad. Tras la descarga del segundo condensador 58, el flujo de corriente mantenido debido a la inductancia 38 se disipa a través del diodo de rueda libre 36 del segundo elemento de conmutación 32, en el que el interruptor bidireccional 40 es solo un flujo de corriente desde la toma central 10 a la salida 4, como se muestra en la figura 5c.

A continuación de la segunda fase de conmutación, solo el brazo central 22 con el interruptor bidireccional 40 conduce la corriente eléctrica, y la inductancia 38 da como resultado un flujo de corriente eléctrica sustancialmente constante. Tanto el primer elemento de conmutación 26 como el segundo elemento de conmutación 32 se bloquean tras la conmutación en el brazo central 22, como se muestra en la figura 5d. La corriente eléctrica completa se conduce por medio del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 y sus diodos, lo que da como resultado que estos se calienten.

Sustancialmente, inmediatamente a continuación de alcanzar el estado que se muestra en la figura 5d, es decir, una vez acabada la conducción de corriente por medio del diodo de rueda libre 36 del segundo elemento de conmutación, se lleva a cabo una segunda etapa de trabajo 78. En otras palabras, el estado que se muestra en la figura 5d es para un segundo período de tiempo t_2 , pero es sustancialmente cercano a cero. En una segunda etapa de trabajo 78, se conmuta del brazo central 22 al brazo inferior 24. Para este propósito, como se muestra en la figura 5e, el interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 se pone nuevamente en un estado que no tenga la capacidad de

conducir electricidad, es decir, se bloquea el interruptor bidireccional 40. En otras palabras, en cuanto la corriente eléctrica I sea conducida solamente por medio del brazo central 22, es decir, la corriente eléctrica completa I se conduzca por medio del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40, se bloquea el interruptor bidireccional 40, lo que impide una mayor carga térmica. Además, se cambia simultáneamente el estado del interruptor semiconductor 34 del segundo elemento de conmutación 32 para que tenga la capacidad de conducir electricidad. Debido a la inductancia 38, continúa un flujo de corriente que provoca una carga del primer condensador 50. Por medio del tercer diodo 54 se evita una descarga debido al circuito resonante constituido de esta manera.

Una vez que está cargado el primer condensador 50, debido a la inductancia 38, el flujo de corriente eléctrica restante se reduce por medio del primer y del tercer diodo 52 y 54 a través del polo positivo 6. Como resultado, solamente es posible obtener un flujo de corriente eléctrica desde la toma central 10 a la salida 4 por medio del brazo inferior 24 a través del diodo de rueda libre 36 del segundo elemento de conmutación 32. Esto continúa incluso tras interrumpir el circuito formado por medio de la inductancia 38, lo que permite que ahora la conmutación se lleve a cabo en el brazo inferior 24, como se muestra en la figura 5g. La conmutación al brazo inferior 24 se mantiene durante un tercer período de tiempo, en el que la relación de tiempo $t1$ a $t3$, debido a una demanda de potencia de la carga 74 y en respuesta a la frecuencia de conmutación del convertidor 21, es decir, la conmutación del brazo superior 20 al brazo inferior 24, en el que el brazo central 22 se usa solamente para la conducción de corriente durante el segundo período de tiempo $t2$.

En una tercera etapa de trabajo 80, una vez que se ha acabado el tercer período de tiempo $t3$, el brazo inferior 24 conmuta al brazo central 22. En este caso, el interruptor semiconductor 24 del segundo elemento de conmutación 32 se pone en un estado en el que no tenga la capacidad de conducir electricidad y el interruptor bidireccional 40 en un estado en el que tenga la capacidad de conducir electricidad. Se cambia el estado del interruptor semiconductor 44 para que tenga la capacidad de conducir electricidad, lo que permite que debido a la inductancia se obtenga un aumento de corriente relentecido a través del interruptor bidireccional 40. En una segunda fase, esta forma con el primer condensador 50, como se muestra en la figura 5i, un circuito resonante que conduce a una carga del primer condensador 50, en la que por medio del primer diodo 20 se evita una descarga. Tras completar la carga del primer condensador 50, solamente el brazo 22 conduce la corriente eléctrica I , como se muestra en la figura 5j.

Este estado se extiende nuevamente durante el segundo período de tiempo $t2$. El segundo período de tiempo $t2$ es nuevamente constante e independiente tanto del primer período de tiempo $t1$ como del tercer período de tiempo $t3$. Nuevamente el segundo período de tiempo $t2$ es sustancialmente igual a cero. En otras palabras, sustancialmente sin demora tras obtener el flujo de corriente I solamente por medio del brazo central 22, se lleva a cabo una cuarta etapa de trabajo 82, en la que el brazo central 22 conmuta de nuevo al brazo superior 20. En este caso, primero se cambia el estado del interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26 para que tenga la capacidad de conducir electricidad, lo que permite un flujo de corriente desde el polo positivo 6 a la salida 4. Debido a la inductancia 38 continúa habiendo un flujo de corriente desde la toma central 10 a través del interruptor bidireccional 40 hasta la salida 4, por lo que hay una tensión eléctrica relativamente alta en el primer elemento de conmutación 28, no obstante, no hay prácticamente flujo de corriente eléctrica durante el proceso de encendido. Como resultado, se producen pérdidas eléctricas relativamente bajas.

En una segunda fase, como se muestra en la figura 5l, se cambia el estado del interruptor bidireccional 40 para que no tenga la capacidad de conducir electricidad. En otras palabras, no es posible obtener un flujo de corriente a través del interruptor bidireccional 40 independientemente de la dirección de la corriente. Para este propósito, se cambia el estado del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 para que no tenga la capacidad de conducir electricidad. Debido a la inductancia 38 y al segundo condensador 58, se forma nuevamente un circuito resonante, que conduce a una carga del segundo condensador 58, que, en una descarga, se evita por medio del cuarto diodo 56. Tras completar la carga del segundo condensador 58, la conmutación se completa en el brazo superior. En otras palabras, la corriente alterna I se conduce a través del convertidor 2 solamente por medio del brazo superior 20. La conducción por medio del brazo superior 20 se extiende nuevamente durante el primer período de tiempo $t1$, que es al menos diez veces el segundo período de tiempo $t2$, siempre que el segundo período de tiempo $t2$ no sea cero. El primer período de tiempo $t1$ dura, por ejemplo, entre uno y cinco microsegundos, en el que convenientemente el tercer período de tiempo $t3$ dura entre uno y cinco microsegundos. En particular, el segundo período de tiempo $t2$ es inferior a diez nanosegundos, cinco nanosegundos, un nanosegundo, 0,1 nanosegundos y 0,01 nanosegundos. Una vez que se ha acabado el primer período de tiempo $t1$, se lleva a cabo nuevamente la primera etapa de trabajo 76 y se conmuta en el brazo central 22.

Siempre que un requisito de potencia de la carga 74 sea tal que no sea posible la carga del primer condensador 50 o del segundo condensador 58 por medio de la inductancia 38 debido al tiempo requerido para esto o la frecuencia natural del circuito resonante constituido de esta manera, es decir, se debe llevar a cabo una conmutación desde el brazo superior 20 al brazo inferior 24 durante un período de tiempo corto, en el procedimiento 72, se omiten la segunda etapa de trabajo 78 y la cuarta etapa de trabajo 82 y, en la primera etapa de trabajo 76 se conmuta directamente desde el brazo superior 20 al brazo inferior 24, y en la tercera etapa de trabajo 80 se conmuta eléctricamente desde el brazo inferior 24 al brazo superior 20. En este caso, el interruptor bidireccional 40 siempre permanece en el estado en el que no tiene capacidad de conducir electricidad, lo que da como resultado una pérdida de potencia relativamente alta tanto del primer elemento de conmutación 26 como del segundo elemento de conmutación 32, pero a su vez habilita al convertidor 2 para una generación de potencia adicional.

En consecuencia, el procedimiento 72 permite el funcionamiento de la disposición 18 que se muestra en la figura 2 con el puente rectificador 42 en modo de funcionamiento de 3 niveles, en el que, por ejemplo, el primer y el segundo condensador 50 y 58 y/o el primer, el segundo, el tercer y el cuarto diodo 52, 60, 54 y 56 no están presentes. Si no se usa este procedimiento 72, no sería posible una conmutación directa desde el brazo superior 20 al brazo central 22. En este caso, entonces el interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26 tendría en primer lugar la capacidad de conducir electricidad. Antes de abrir el interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26, no es posible cambiar el estado del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 para que tenga la capacidad de conducir electricidad, ya que esto provocaría un cortocircuito, es decir, entre el polo positivo 6 y la masa M. En consecuencia, el interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40 puede estar cerrado solo durante un período de tiempo, es decir, un tiempo muerto o tiempo de bloqueo, tras haber abierto el interruptor semiconductor 28 del primer elemento de conmutación 26. Sin embargo, debido a la inductancia de la carga 74, continúa habiendo corriente eléctrica durante el tiempo muerto. En consecuencia, esta fluye a través del diodo de rueda libre 36 del segundo elemento de conmutación 32, lo que permite que, debido a la conmutación, en la salida 4 se produzca una caída de la tensión eléctrica completa presente entre el polo positivo 6 y el polo negativo 8. En otras palabras, se conmuta primero al brazo inferior 24. En un cierre posterior del interruptor semiconductor 44 del interruptor bidireccional 40, el potencial eléctrico en el que se encuentra la salida 4 es la masa M, lo que permite a su vez que caiga la tensión eléctrica. En resumen, por un lado, no es posible una conmutación directa del brazo superior 20 al brazo central 22. Por otro lado, durante la conmutación del brazo superior 20 al brazo central 22, tanto la tensión eléctrica presente entre el polo superior 6 y el polo inferior 8, como entre el polo inferior 8 y la toma central 10 se producen sucesivamente en el tiempo, lo que resulta en un aumento de las pérdidas eléctricas, así como de la carga.

La invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos anteriormente. El objetivo de la invención está definido, en realidad, por las reivindicaciones.

Lista de los números de referencia

- 2 Convertidor
- 4 Salida
- 6 Polos positivo
- 8 Polos negativos
- 10 Toma central
- 12 Tierra
- 14 Primer condensador de circuito intermedio
- 16 Segundo condensador de circuito intermedio
- 18 Disposición
- 20 Brazo superior
- 22 Brazo central
- 24 Brazo inferior
- 26 Primer elemento de conmutación
- 28 Interruptor semiconductor
- 30 Diodo de rueda libre
- 32 Segundo elemento de conmutación
- 34 Interruptor semiconductor
- 36 Diodo de rueda libre
- 38 Inductancia
- 40 Interruptor bidireccional
- 42 Puente rectificador
- 44 Interruptor semiconductor
- 46 Primera ruta
- 48 Segunda ruta
- 50 Primer condensador
- 52 Primer diodo
- 54 Tercer diodo
- 56 Cuarto diodo
- 58 Segundo condensador
- 60 Segundo diodo
- 62 Interruptor semiconductor
- 64 Diodo 66 Conexión
- 68 MOSFET
- 70 Diodo de inversión
- 72 Procedimiento
- 74 Carga
- 76 Primera etapa de trabajo
- 78 Segunda etapa de trabajo
- 80 Tercera etapa de trabajo

82 Cuarta etapa de trabajo

I Corriente alterna

t1 Primer período de tiempo

5 t2 Segundo período de tiempo

t3 Tercer período de tiempo

REIVINDICACIONES

1. Convertidor (2) que presenta una salida (4) y un polo positivo (6) y también un polo negativo (8), y una toma central (10), en el que
- 5 - el polo positivo (6) está en contacto eléctrico con la salida (4) por medio de un primer elemento de conmutación (26) que presenta un brazo superior (20)
- y el polo negativo (8) está en contacto eléctrico con la salida (4) por medio de un segundo elemento de conmutación (32) que presenta un brazo inferior (24)
- 10 - y la toma central (10) está en contacto eléctrico con la salida (4) por medio de un interruptor bidireccional (40) que presenta un brazo central (22), caracterizado porque se ha constituido un control de los elementos de conmutación (26, 32 y 40) para llevar a cabo un procedimiento en el que
- se conmuta eléctricamente desde brazo superior (20) al brazo central (22), y
- desde el brazo central (22) al brazo inferior (24), y en el que
- 15 - el período de tiempo (t2) de conducción de corriente por medio del brazo central (22) es constante y el período de tiempo (t1 y t3) de conducción de corriente por medio del brazo inferior y/o superior (20 y 24) se selecciona en función de los requisitos de potencia.
2. Convertidor (2) según la reivindicación 1, caracterizado
- 20 - porque el primer elemento de conmutación (26) está puenteado por medio de un primer condensador (50) conectado en serie a un primer diodo (52), en el que el interruptor bidireccional (40) está puenteado por medio del primer condensador (50) conectado en serie a un tercer diodo (54),
- porque el segundo elemento de conmutación (32) está puenteado por medio de un segundo condensador (58) conectado en serie a un segundo diodo (60), en el que el interruptor bidireccional (40) está puenteado por medio del segundo condensador (58) conectado en serie a un cuarto diodo (56), y
- 25 - porque la toma central (10) está en contacto eléctricamente con el interruptor bidireccional (40) por medio de una inductancia (38).
3. Convertidor (2) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el primer elemento de conmutación (26) y el segundo elemento de conmutación (32) presentan cada uno un interruptor semiconductor (28 y 34), en particular, con un diodo de rueda libre conectado en paralelo (30 y 36).
4. Convertidor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el interruptor bidireccional (40) presenta dos interruptores semiconductores (62) conectados en antiparalelo entre sí y cada uno en serie con un diodo (64).
5. Convertidor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el interruptor bidireccional (40) comprende un puente rectificador (42) con un interruptor semiconductor (44) conectado entre ellos.
- 40 6. Convertidor (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el primer elemento de conmutación (26) y el segundo elemento de conmutación (32) presentan una corriente nominal mayor a la del interruptor bidireccional (40).
- 45 7. Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque en el procedimiento (72), la conmutación eléctrica se realiza desde el brazo inferior (24) al brazo central (22) y desde el brazo central (22) al brazo superior (20).
- 50 8. Convertidor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque en el procedimiento (72) se selecciona un período de tiempo (t2) de la conducción de corriente por medio del brazo central (22) menor al período de tiempo (t1 y t3) de conducción de corriente por medio del brazo inferior y/o superior (20 y 24) en función de los requisitos de potencia.

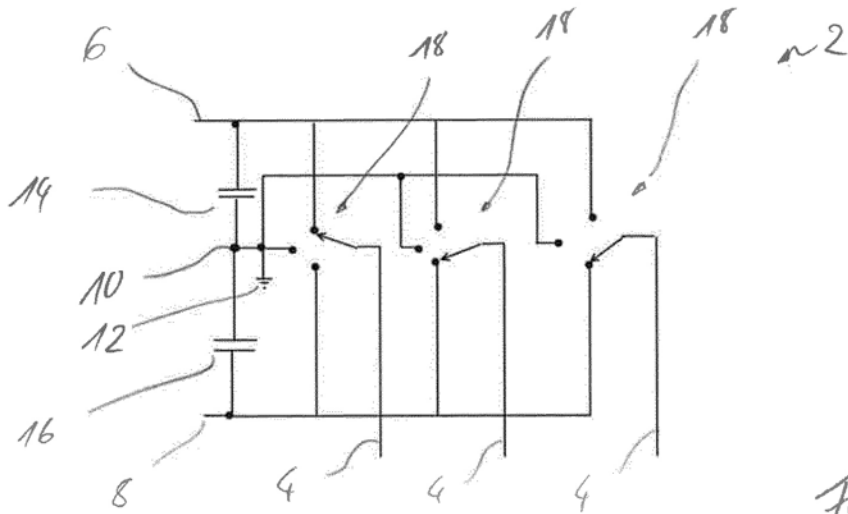


Fig. 1

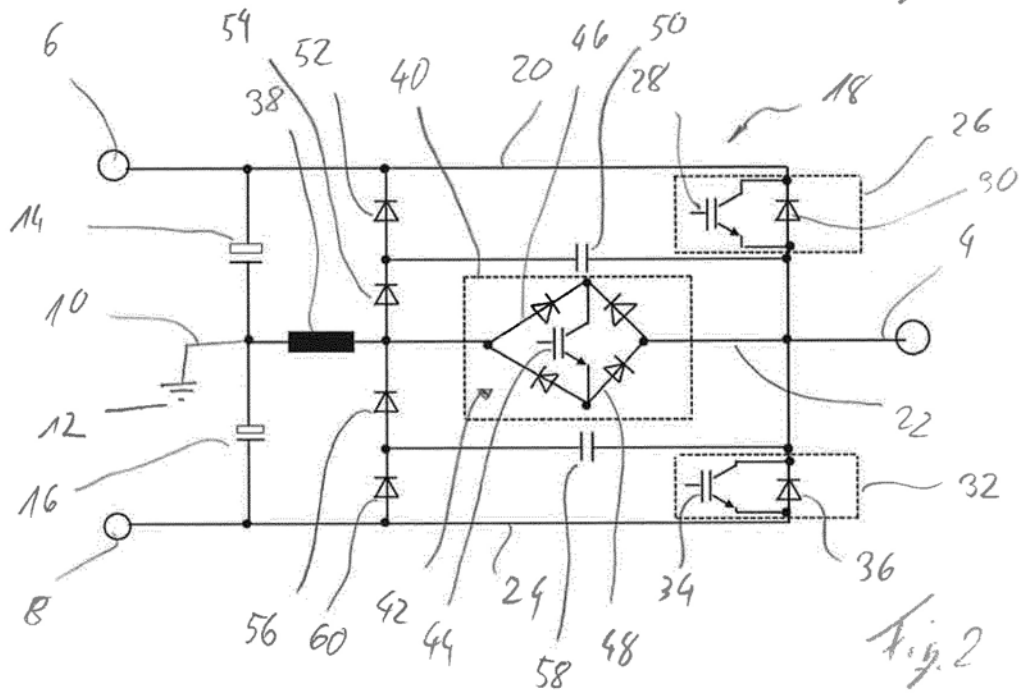


Fig. 2

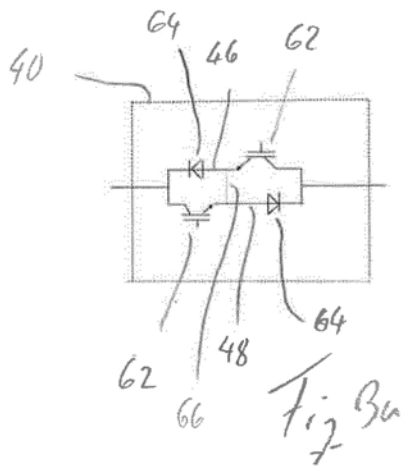


Fig. 3a

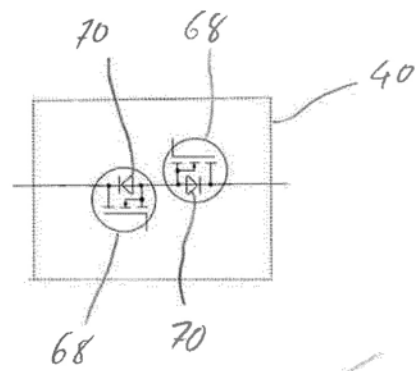
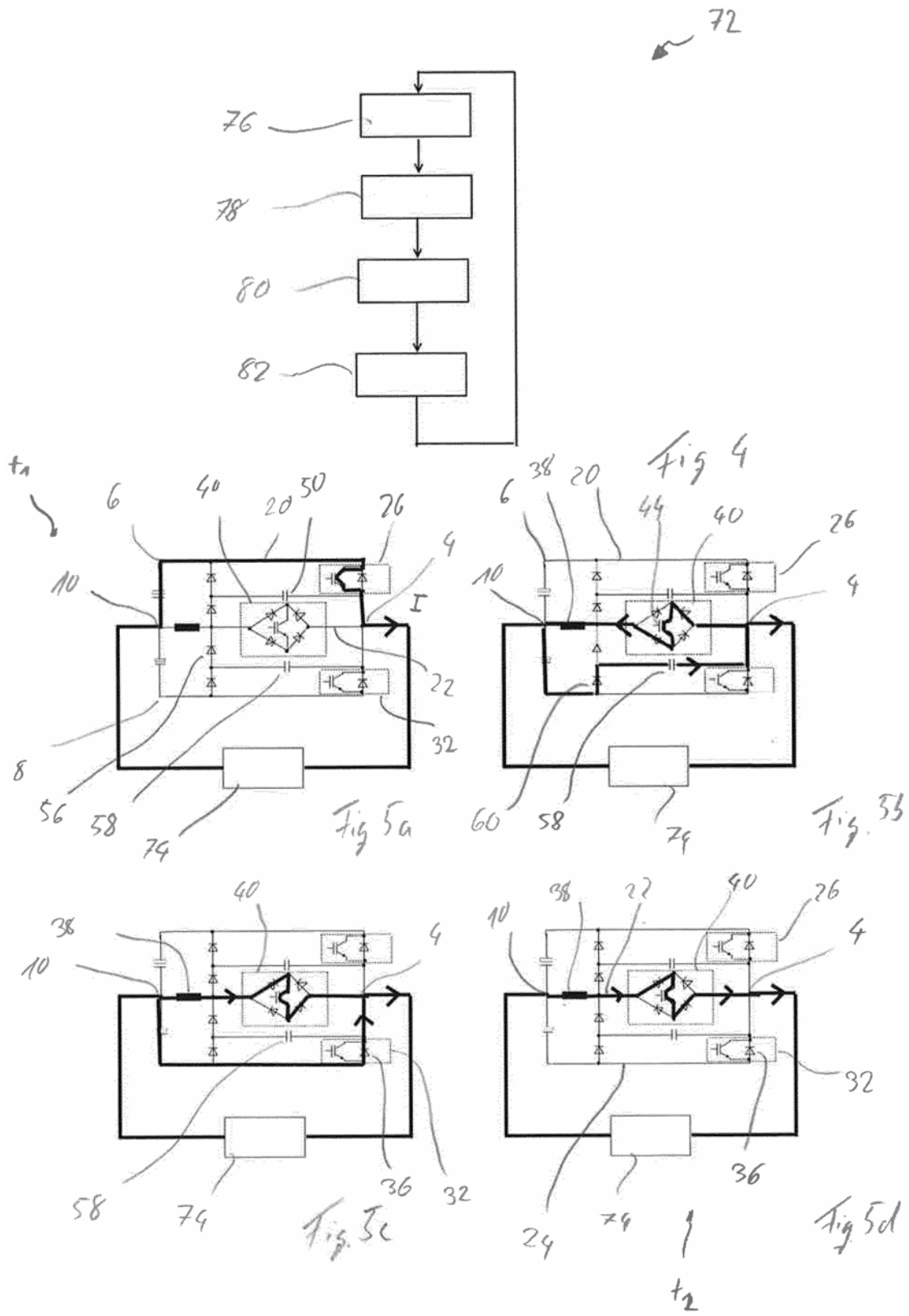
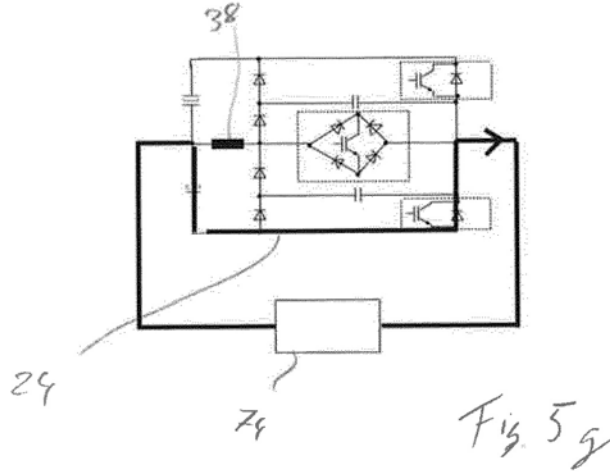
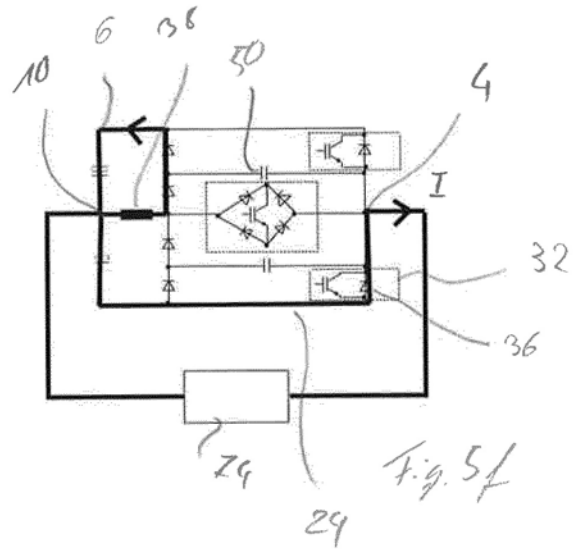
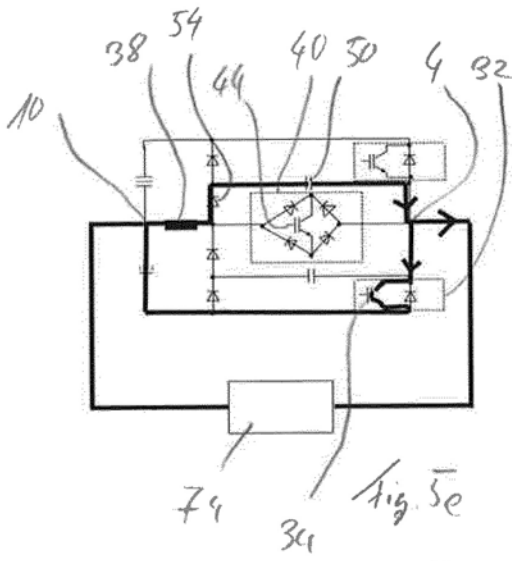


Fig. 3b





~ t₃

