

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 190**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 7/12 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 7/487 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2014 PCT/EP2014/064577**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007569**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2014 E 14739747 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2994984**

54 Título: **Convertidor de corriente de tres puntos**

30 Prioridad:

17.07.2013 DE 102013213986

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

26.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ECKEL, HANS-GÜNTER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 656 190 T3

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

DESCRIPCIÓN

Convertidor de corriente de tres puntos

5 La invención se refiere a un convertidor de corriente de tres puntos. Se denomina convertidor de corriente de tres puntos a un circuito electrónico, que por medio de semiconductores de potencia (en particular conmutadores de semiconductores y/o diodos) transforma una tensión de entrada suministrada en una tensión de salida, pudiendo adoptar esta tensión de salida en el caso estático, en particular en cada instante individual, tres valores discretos (o niveles de potencial), por ejemplo en relación con la tensión de entrada los valores "0", "1/2" y "1".

10 En el caso del convertidor de corriente de tres puntos se trata en particular de un inversor de tres puntos, que transforma una tensión continua suministrada en el lado de entrada en una tensión alterna que se emite en un circuito de corriente de carga. A este respecto, la invención se refiere en particular a un convertidor de corriente de tres puntos, que está diseñado para su utilización en el intervalo de megavatios (por ejemplo en el intervalo de 1 MW - 20 MW), por ejemplo en una instalación de energía eólica o en un tren de laminación.

15 En un convertidor de corriente de tres puntos de este tipo, errores simples (es decir un fallo de un único semiconductor de potencia del convertidor de corriente) pueden conducir a que semiconductores de potencia adicionales fallen como error posterior. A este respecto, se denomina fallo en particular a un fallo de bloqueo del respectivo semiconductor de potencia, en el que el semiconductor de potencia se vuelve eléctricamente conductor de manera permanente (también dado el caso en un sentido inverso condicionado constructivamente). El fallo de varios semiconductores de potencia puede conducir a circuitos de cortocircuito con baja inducción dentro del convertidor de corriente o a cortocircuitos multipolares para la carga conectada. La corriente de cortocircuito que se produce a este respecto puede conducir a un momento de choque alto en una máquina eléctrica conectada como carga al convertidor de corriente. A este respecto, el momento de choque que puede esperarse para el caso de cortocircuito puede ser relevante desde el punto de vista del diseño para el sistema mecánico de la máquina eléctrica conectada y por consiguiente requerir un diseño sobredimensionado del mecanismo de esta máquina.

25 Además, el valor de cresta de la corriente en el caso de un cortocircuito conduce a una carga considerable de los diodos en el circuito de cortocircuito de lado de carga, en el caso de un fusible transversal completo incluso de todos los diodos, que están conectados al mismo circuito de tensión continua. Para proteger los diodos frente a una destrucción por el valor de cresta de la corriente, aguas arriba de un convertidor de corriente están conectados a menudo estranguladores en el lado de corriente alterna. Estos estranguladores conducen en una medida considerable a costes mayores, una masa mayor y un requisito de espacio mayor. Además, estos estranguladores también condicionan pérdidas aumentadas y una tensión de salida reducida.

30 Un convertidor de corriente de tres puntos según el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento EP 2 323 249 A1. Convertidores de corriente de tres puntos similares se conocen por los documentos CN 202 856 630 U y CN 201 869 116 U.

35 La utilización de inductancias de limitador de corriente en un convertidor de corriente se conoce básicamente por el documento DE 10 2005 049 208 A1. Un convertidor de tensión adecuado para la desconexión segura de corrientes de cortocircuito, en cuyo medio puente a ambos lados de la toma central del mismo están dispuestos estranguladores, se conoce además por el documento JP 2001 028881 A.

La invención se basa en el objetivo de indicar un convertidor de corriente de tres puntos mejorado en cuanto a la problemática descrita anteriormente.

40 Este objetivo se alcanza según la invención mediante las características de la reivindicación 1. Variantes de configuración ventajosas y en parte en sí mismas inventivas y perfeccionamientos de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes y la siguiente descripción.

45 El convertidor de corriente de tres puntos según la invención presenta un circuito de tensión continua de lado de entrada, que comprende una barra de potencial alto y una barra de potencial bajo. En el caso del circuito de tensión continua puede tratarse en particular de un circuito indirecto de tensión continua, que se intercala dentro de un convertidor entre un tramo de rectificador y un tramo de inversor.

50 Por lo demás, el convertidor de corriente de tres puntos comprende al menos un circuito de medios puentes, que está conectado entre la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo. Preferiblemente, el convertidor de corriente de tres puntos comprende varios (en particular tres) circuitos de medios puentes, que están conectados en paralelo entre sí entre la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo. Los circuitos de medios puentes se denominan a continuación también fases de convertidor de corriente.

El convertidor de corriente de tres puntos está configurado como convertidor de corriente de tres puntos con

conmutadores de sujeción activos (*active-neutral point clamped converter*), tal como se conoce, por ejemplo, por el documento DE 101 40 747 A1. El o cada circuito de medios puentes está formado para ello (en cada caso) por tres medios puentes, concretamente por

- 5
- un medio puente (de entrada) de lado de potencial alto,
 - un medio puente (de entrada) de lado de potencial bajo y
 - un medio puente (de salida).

10 Los dos medios puentes de entrada están conectados en serie entre la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo del circuito de tensión continua. Por el contrario, el medio puente de salida está conectado en el lado de entrada entre una toma central del medio puente de entrada de lado de potencial alto y una toma central del medio puente de entrada de lado de potencial bajo. Una toma central del medio puente de salida forma un terminal de fase, al que se conecta según lo previsto un circuito de corriente de carga, o está unido a un terminal de fase de este tipo.

15 La toma central del medio puente de entrada de lado de potencial alto se denomina a continuación también "primera toma central". La toma central del medio puente de entrada de lado de potencial bajo se denomina a continuación también "segunda toma central". La toma central del medio puente de salida se denomina a continuación también "tercera toma central". Cada una de las tres tomas centrales está dispuesta en cada caso entre dos semiconductores de potencia o dos grupos de semiconductores de potencia.

Así, cada uno de los tres medios puentes en particular en serie (es decir en un circuito en serie) presenta en cada caso un conmutador de semiconductores de lado de potencial alto y un conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo, entre los que está dispuesta la respectiva toma central.

20 Concretamente, el medio puente de entrada de lado de potencial alto presenta un primer conmutador de semiconductores de lado de potencial alto y un primer conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo, que están conectados en serie a través de la primera toma central. De manera correspondiente, el medio puente de entrada de lado de potencial bajo presenta un segundo conmutador de semiconductores de lado de potencial alto y un segundo conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo, que están conectados en serie a través de la segunda toma central. El medio puente de salida presenta finalmente un tercer conmutador de semiconductores de lado de potencial alto y un tercer conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo, que están conectados en serie a través de la tercera toma central. A cada conmutador de semiconductores está conectado en paralelo en particular un diodo de marcha libre.

25

30 A ambos medios puentes de entrada está conectada en paralelo en cada caso una capacitancia. A este respecto, estas dos capacitancias están dimensionadas preferiblemente de la misma manera en cuanto a su valor de capacitancia, de modo que en el caso estático a través de cada medio puente de entrada cae en cada caso la mitad de la tensión de entrada aplicada entre la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo. El potencial eléctrico entre las capacitancias se denomina potencial del punto medio.

Según la invención, la inductancia total (es decir la suma de las inductancias individuales) está dimensionada

- 35
- dentro del medio puente de salida,
 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto y el medio puente de entrada de lado de potencial bajo,
 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto y el medio puente de salida así como
 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial bajo y el medio puente de salida

40 de tal manera que el cortocircuito en el caso de un fallo de un semiconductor de potencia arbitrario del circuito de medios puentes (o de uno de dado el caso varios circuitos de medios puentes) puede desconectarse de manera segura a través de un circuito de cortocircuito formado entre los tres medios puentes de este circuito de medios puentes mediante los semiconductores de potencia intactos en este circuito de cortocircuito. Por consiguiente, en el foco de la invención se encuentra la desconexión segura de cortocircuitos internos del convertidor de corriente, que por consiguiente no incluyen el circuito de corriente de carga, pero dentro de un circuito de medios puentes van más allá de un único medio puente.

45

A este respecto, la desconexión segura se manifiesta en particular en que, en caso de cortocircuito, también y precisamente en el caso de un fallo de un semiconductor de potencia, pueden evitarse errores posteriores eléctricos que se propagan entre medios puentes. Por tanto, mediante el dimensionamiento dirigido de las inductancias dentro del medio puente de salida así como entre los tres medios puentes del o de cada circuito de medios puentes se descarta que el aumento de corriente o de tensión como consecuencia de un error simple (es decir el fallo de un semiconductor de potencia individual de un medio puente) arrastre el fallo de al menos un semiconductor de potencia adicional a otro medio puente del mismo circuito de medios puentes.

50

5 Dado que pueden descartarse errores posteriores eléctricos que se propagan entre medios puentes, se garantiza que en el caso de un error simple todavía se mantenga al menos la mitad de la tensión de entrada como contratensión en el circuito de corriente de carga. La corriente de cortocircuito que fluye en caso de cortocircuito puede reducirse con ello en comparación con los convertidores de corriente de tres puntos convencionales aproximadamente hasta un tercio. De manera correspondiente, también se reducen los momentos de choque y la carga de los diodos en el convertidor de corriente.

A este respecto, el o cada circuito de medios puentes está diseñado preferiblemente de tal manera que dicha inductancia total (Lg) presenta un valor de inductancia de entre 100 nH (preferiblemente 300 nH) y 10 μH (preferiblemente 1 μH)

10 Para ajustar la inductancia total preferiblemente

- dentro del medio puente de salida y/o
 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto y el medio puente de entrada de lado de potencial bajo y/o
 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto y el medio puente de salida y/o
- 15 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial bajo y el medio puente de salida

está dispuesto al menos un estrangulador (es decir un componente discreto en forma de una bobina magnética).

A este respecto, preferiblemente dentro del medio puente de salida a ambos lados de la tercera toma central está dispuesto en cada caso un estrangulador. Adicional o alternativamente, entre los tres medios puentes del o de cada circuito de medios puentes está dispuesto preferiblemente en cada caso un estrangulador adicional.

20 Sin embargo, conservando la inductancia total suficientemente grande también pueden suprimirse uno o varios de estos estranguladores. Además uno, varios o incluso todos los estranguladores también pueden estar sustituidos por una inductancia de fuga condicionada constructivamente.

25 En un perfeccionamiento ventajoso de la invención, los tres medios puentes del o de cada circuito de medios puentes están aislados mecánicamente entre sí de tal manera que puede descartarse un daño o una destrucción mecánica o térmica de un medio puente mediante uno de los otros dos medios puentes del mismo circuito de medios puentes. De este modo se evita que la desconexión de cortocircuito segura del convertidor de corriente de tres puntos se ponga en peligro por complicaciones mecánicas o térmicas (errores posteriores mecánicos o térmicos). Por ejemplo, a ese respecto, los medios puentes individuales del mismo circuito de medios puentes están suficientemente espaciados espacialmente (por ejemplo dispuestos en cada caso a una distancia de desde 10 cm hasta 1 m entre sí) y/o estar separados entre sí mediante paredes de separación o una carcasa protectora (por ejemplo de chapa de acero con un grosor de pared de al menos 1 mm o de plástico con un grosor de pared de al menos 5 mm). Sin embargo, en el caso de un convertidor de corriente de múltiples fases, en el contexto de la invención, medios puentes de diferentes circuitos de medios puentes pueden estar alojados en una carcasa común.

30

35 Preferiblemente, el circuito de tensión continua está configurado de tal manera que se descarta un contorno eléctrico entre la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo. Preferiblemente, para ello la barra de potencial alto y la barra de potencial bajo del circuito de tensión continua están separadas por una pared de separación que se encuentra al potencial de punto central de material eléctricamente conductor, en particular chapa de acero.

A continuación se explicarán más detalladamente ejemplos de realización de la invención mediante dibujos. En ellos muestran:

- 40 la Figura 1, en un diagrama de bloques simplificado esquemáticamente, un convertidor de corriente de tres puntos trifásico con un circuito de tensión continua de lado de entrada, que comprende una barra de potencial alto y una barra de potencial bajo, así como con tres circuitos de medios puentes, de los que cada uno está unido a través de un terminal de fase con en cada caso una fase de un circuito de corriente de carga trifásico, y
- 45 la Figura 2, en un diagrama de flujo eléctrico, uno de los tres circuitos de medios puentes del convertidor de corriente según la Figura 1.

Las partes y las magnitudes correspondientes entre sí están dotadas en todas las figuras siempre de los mismos símbolos de referencia.

50 El convertidor de corriente (de tres puntos) 1 representado en la Figura 1 comprende en el lado de entrada un circuito de tensión continua 2, a través del que se suministra al convertidor de corriente 1 una tensión de entrada constante Ue. El circuito de tensión continua 2 comprende una barra de potencial alto 3 y una barra de potencial bajo 4, entre las que se aplica la tensión de entrada Ue.

El convertidor de corriente 1 comprende por lo demás tres circuitos de medios puentes 5, únicamente indicados en la Figura 1, que están conectados en una conexión en paralelo entre sí entre la barra de potencial alto 3 y la barra de potencial bajo 4.

5 Cada uno de los circuitos de medios puentes 5 (también denominados fases de convertidor de corriente) está conectado a través de un terminal de fase 6 asociado con en cada caso una fase 7 asociada de un circuito de corriente de carga trifásico 8. En el circuito de corriente de carga 8 está conectada a modo de ejemplo una máquina eléctrica 9 como carga.

10 Durante el funcionamiento del convertidor de corriente 1 se transforma la tensión de entrada U_e mediante los circuitos de medios puentes 5 en una tensión de salida U_a en forma de una tensión alterna trifásica. La tensión de salida U_a se alimenta a través de terminales de fase 6 al circuito de corriente de carga 8.

En la Figura 2 se representa en detalle la construcción de uno de los tres circuitos de medios puentes 5 constructivamente iguales.

Como resulta evidente a partir de la representación, cada uno de los circuitos de medios puentes 5 está dividido en tres medios puentes 20, 21 y 22, concretamente en

- 15
- un medio puente (de entrada) de lado de potencial alto 20,
 - un medio puente (de entrada) de lado de potencial bajo 21, y
 - un medio puente (de salida) 22.

20 El medio puente 20 comprende un (primer) conmutador de semiconductores de lado de potencial alto 23 y un (primer) conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo 24, que están conectados en serie a través de una (primera) toma central 25. A cada uno de los conmutadores de semiconductores 23 y 24 está conectado en paralelo en cada caso un diodo de marcha libre 26 o 27. Al circuito en serie de los conmutadores de semiconductores 23 y 24 está conectada en paralelo una capacitancia 28, a través de la que cae una tensión U_{d1} .

25 El medio puente 21 comprende igualmente un (segundo) conmutador de semiconductores de lado de potencial alto 29 y un (segundo) conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo 30, que están conectados en serie a través de una (segunda) toma central 31. A cada uno de los conmutadores de semiconductores 29 y 30 está conectado en paralelo en cada caso un diodo de marcha libre 32 o 33. Al circuito en serie de los conmutadores de semiconductores 29 y 30 está conectada en paralelo una capacitancia 34, a través de la que cae una tensión U_{d2} .

30 Finalmente, el medio puente 22 comprende también un (tercer) conmutador de semiconductores de lado de potencial alto 35 y un (tercer) conmutador de semiconductores de lado de potencial bajo 36, que están conectados en serie a través de una (tercera) toma central 37. A cada uno de los conmutadores de semiconductores 35 y 36 está conectado en paralelo en cada caso un diodo de marcha libre 38 o 39.

Los conmutadores de semiconductores 23, 24, 29, 30, 35 y 36 están formados preferiblemente en cada caso por transistores bipolares con electrodo de compuesta aislado (*insulated-gate bipolar transistor*, abreviado: IGBT). Sin embargo, también pueden utilizarse otros conmutadores de semiconductores.

35 Los medios puentes 20 y 21 están conectados en serie entre la barra de potencial alto 3 y la barra de potencial bajo 4. El medio puente 22 está conectado en el lado de entrada entre la toma central 25 del medio puente 20 y la toma central 31 del medio puente 21. La toma central 37 del medio puente 22 está conectada con el terminal de fase 6 asociado en cada caso.

40 Los medios puentes 20 y 21 están configurados en cada caso con inducción baja, de modo que la inductancia de estos medios puentes 20 y 21 puede despreciarse. En particular, la inductancia de fuga (no representada explícitamente en la Figura 2) dentro de cada uno de los medios puentes 20 y 21 tiene un valor de menos de 100 nH.

Por el contrario, en la Figura 2 a modo de un diagrama de flujo de sustitución se incluye

- 45
- entre los medios puentes 20 y 21 una inductancia 40 con un valor de inductancia L_1 ,
 - entre los medios puentes 20 y 22 una inductancia 41 con un valor de inductancia L_2 , y
 - entre los medios puentes 21 y 22 una inductancia 42 con un valor de inductancia L_3 .

Por lo demás, dentro del medio puente 22 entre el conmutador de semiconductores 35 y la toma central 37 así como entre la toma central 37 y el conmutador de semiconductores 36 están incluidas dos inductancias adicionales 43 o 44 con valores de inductancia L_4 o L_5 .

ES 2 656 190 T3

Las inductancias 40 a 44 están formadas preferiblemente por componentes discretos en forma de estranguladores (es decir bobinas de reactancia magnéticas). Sin embargo, alternativamente también una, varias (es decir al menos dos) o incluso todas las inductancias 40 a 44 pueden estar formadas por la inductancia de fuga en cada caso condicionada constructivamente del circuito de medios puentes 5 en el respectivo punto del circuito de medios puentes 5.

En cualquier caso, las inductancias 40 a 44 están dimensionadas de tal manera que la inductancia total L_g que resulta de la suma de los valores de inductancia L_1 a L_5 ($L_g = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$) es tan grande, que el circuito de medios puentes 5 también puede desconectar de manera segura un cortocircuito interno del convertidor de corriente entre los medios puentes 20 a 22 también cuando uno de los conmutadores de semiconductores 23,24,29,30,35 o 36 o uno de los diodos de marcha libre 26,27,32,33,38 o 39 ha fallado debido a un fallo de bloqueo y por consiguiente cortocircuita la rama de conducción asignada al mismo del circuito de medios puentes 5.

Para ello, la inductancia total L_g se selecciona en un intervalo de valores de entre 100 nH y 10 μ H. A este respecto, preferiblemente la inductancia total se selecciona mayor de 300 nH y/o menor de 1 μ H. En la realización concreta, la inductancia total se determina preferiblemente en función de la corriente nominal I_n de los conmutadores de semiconductores 23,24,29,30,35,36 así como en función de la tensión de entrada U_e . A este respecto, en un dimensionamiento especialmente adecuado, la inductancia total L_g está fijada de tal manera que el valor del producto matemático $L_g \cdot I_n / U_e$ se encuentra en un intervalo de desde 25 ns (nanosegundos) hasta 150 ns.

El dimensionamiento descrito anteriormente permite desconectar de manera segura los siguientes circuitos de cortocircuito, internos de las fases de convertidor, pero que se propagan entre medios puentes:

1. Primer circuito de cortocircuito (corriente de cortocircuito transmitida por la tensión U_{d1}):

Este primer circuito de cortocircuito está cerrado a través de

- el condensador 28
- el conmutador de semiconductores 23 o el diodo de marcha libre paralelo 26,
- la inductancia 41,
- el conmutador de semiconductores 35 o el diodo de marcha libre paralelo 38,
- la inductancia 43,
- la inductancia 44,
- el conmutador de semiconductores 36 o el diodo de marcha libre paralelo 39,
- la inductancia 42,
- el diodo de marcha libre 32, y
- la inductancia 40.

2. Segundo circuito de cortocircuito (corriente de cortocircuito transmitida por la tensión U_{d2}):

Este segundo circuito de cortocircuito está cerrado a través de

- el condensador 34
- la inductancia 40
- el diodo de marcha libre 27,
- la inductancia 41,
- el conmutador de semiconductores 35 o el diodo de marcha libre paralelo 38,
- la inductancia 43,
- la inductancia 44,
- el conmutador de semiconductores 36 o el diodo de marcha libre paralelo 39,
- la inductancia 42, y
- el conmutador de semiconductores 30 o el diodo de marcha libre paralelo 33.

3. Tercer circuito de cortocircuito (corriente de cortocircuito transmitida por ambas tensiones U_{d1} y U_{d2}):

Este tercer circuito de cortocircuito está cerrado a través de

- el condensador 28,
- el conmutador de semiconductores 23 o el diodo de marcha libre paralelo 26,
- la inductancia 41,
- el conmutador de semiconductores 35 o el diodo de marcha libre paralelo 38,
- la inductancia 43,
- la inductancia 44,
- el conmutador de semiconductores 36 o el diodo de marcha libre paralelo 39,

ES 2 656 190 T3

- la inductancia 42,
- el conmutador de semiconductores 30 o el diodo de marcha libre paralelo 33,
- el condensador 34 y
- la inductancia 40.

5 En particular, mediante el dimensionamiento suficientemente grande de la inductancia total L_g pueden evitarse errores posteriores eléctricos en los circuitos de cortocircuito descritos anteriormente.

A este respecto, se denomina “error posterior” o “fallo posterior” en general un fallo (fallo de bloqueo) de un conmutador de semiconductores o del diodo de marcha libre conectado en paralelo al mismo, que se desencadena por el fallo anterior (“primer error” o “fallo primario”) de otro conmutador de semiconductores o de otro diodo de marcha libre. A este respecto, un error posterior de este tipo se denomina “error posterior eléctrico”, cuando una sobretensión o una sobrecorriente como consecuencia del primer error es la causa del error posterior.

La inductancia total L_g puede básicamente estar distribuida arbitrariamente en las inductancias 40 a 44. Sin embargo, preferiblemente la inductancia total L_g está distribuida tal como sigue:

- inductancia 40: $L_1 = 1/4 L_g$
- 15 - inductancia 41: $L_2 = 1/4 L_g$
- inductancia 42: $L_3 = 1/4 L_g$
- inductancia 43: $L_4 = 1/8 L_g$
- inductancia 44: $L_5 = 1/8 L_g$

En el convertidor de corriente 1 descrito anteriormente pueden aparecer en particular las siguientes variantes de error:

1 Flujo de corriente a través de los conmutadores de semiconductores 23 y 35 o los diodos de marcha libre paralelos 38 y 26

25 1.1 Primer error: conmutador de semiconductores 24 o diodo de marcha libre 27 inductancia en el circuito de cortocircuito interno de convertidor de corriente: ninguna
error posterior: conmutador de semiconductores 23 o diodo de marcha libre 26
todavía intacto: conmutador de semiconductores 29,30,35 y 36
contratensión para el cortocircuito de carga: U_{d2}

30 1.2 Primer error: conmutador de semiconductores 36 o diodo de marcha libre 39 inductancia en el circuito de cortocircuito interno de convertidor de corriente: L_g
error posterior: ninguno
todavía intacto: conmutador de semiconductores 23,24,29,30 y 35
ningún cortocircuito de carga

35 1.3 Primer error: conmutador de semiconductores 30 o diodo de marcha libre 33 inductancia en el circuito de cortocircuito interno del convertidor de corriente: L_g
error posterior: ninguno
todavía intacto: conmutador de semiconductores 23,24,29,35 y 36
ningún cortocircuito de carga

2 Flujo de corriente a través del diodo de marcha libre 27 y el conmutador de semiconductores 35 o a través del diodo de marcha libre 38 y el conmutador de semiconductores 24

40 2.1 Primer error: conmutador de semiconductores 23 o diodo de marcha libre 26 inductancia en el circuito de cortocircuito interno del convertidor de corriente: ninguna
error posterior: conmutador de semiconductores 24 o diodo de marcha libre 27
todavía intacto: conmutador de semiconductores 29,30,35 y 36
contratensión para el cortocircuito de carga: U_{d2}

45 2.2 Primer error: conmutador de semiconductores 36 o diodo de marcha libre 39
ningún circuito de cortocircuito interno del convertidor de corriente
error posterior: ninguno
todavía intacto: conmutador de semiconductores 23,24,29,30 y 35
ningún cortocircuito de carga

50 2.3 Primer error: conmutador de semiconductores 30 o diodo de marcha libre 33 inductancia en el circuito de cortocircuito interno del convertidor de corriente: L_g

error posterior: ninguno
todavía intacto: conmutador de semiconductores 23,24,29,35 y 36
ningún cortocircuito de carga

5 3 Cortocircuito entre la barra de potencial alto 3 y el potencial de punto central
contratensión para el cortocircuito de carga: Ud2

Para variantes de error adicionales, que se diferencian con respecto a los casos descritos anteriormente por errores invertidos en la en cada caso otra mitad de inversor, son aplicables las relaciones descritas anteriormente de manera correspondiente:

10 1' Flujo de corriente a través de los conmutadores de semiconductores 36 y 30 o los diodos de marcha libre paralelos 33 y 39

1.1' Primer error: conmutador de semiconductores 29 o diodo de marcha libre 32 inductancia en el circuito de cortocircuito interno de convertidor de corriente: ninguna
error posterior: conmutador de semiconductores 30 o diodo de marcha libre 33 todavía intacto: conmutador de semiconductores 23,24,35 y 36 contratensión para el cortocircuito de carga: Ud1

15 etc.

Como consecuencia del dimensionamiento suficiente de la inductancia total Lg se desconectan de manera segura para todas las variantes de error descritas anteriormente cortocircuitos de los siguientes tipos:

Cortocircuito de tipo 1:

20 En este caso se conecta uno de los conmutadores de semiconductores 23,24,29,30, 35 y 36 a un cortocircuito existente.

Cortocircuito de tipo 2:

25 En este caso, el cortocircuito aparece, mientras el conmutador de semiconductores 23,24,29,30,35 o 36 en cuestión está conectado. En el caso normal de este tipo de cortocircuito, el conmutador de semiconductores 23,24,29,30,35 y 36 conduce durante la aparición del cortocircuito una corriente diferente de cero. Por el contrario, en un caso especial de este tipo de cortocircuito la corriente de carga durante la aparición del cortocircuito es cero.

Cortocircuito de tipo 3:

En este caso, el diodo de marcha libre 26,27,32, 33,38 o 39 conectado en paralelo en cada caso al conmutador de semiconductores 23, 24, 29, 30, 35 o 36 es conductor, antes de que aparezca el cortocircuito.

30 Los tipos de cortocircuito introducidos anteriormente 1 a 3 se describen más detalladamente, por ejemplo, en S. Pierstorf, H.-G. Eckel: "Different Short Circuit Types of IGBT Voltage Source Inverters", PCIM Europe 2011, 17-19 de mayo de 2011, VDE Verlag (Berlin), ISBN 978-3-8007-3344-6.

35 Además de los errores posteriores eléctricos descritos anteriormente, en un convertidor de corriente 1 del tipo descrito anteriormente básicamente también pueden aparecer errores posteriores mecánicos o térmicos, en los que el primer error, es decir el fallo de un primer conmutador de semiconductores 23,24,29,30,35,36 o del diodo de marcha libre conectado en paralelo 26,27,32,33,38, 39 mediante interacción mecánica (por ejemplo piezas proyectadas) o interacciones térmicas (por ejemplo quemado por un arco eléctrico que aparece por ejemplo) desencadena un error posterior.

40 Para evitar la pérdida de la capacidad de desconexión segura del convertidor de corriente 1 en caso de cortocircuito como consecuencia de un error posterior mecánico o térmico de este tipo, los medios puentes 20 a 22 están preferiblemente aislados mecánicamente entre sí. Este aislamiento puede implementarse básicamente porque los medios puentes 20 a 22 están dispuestos a una distancia espacial suficiente entre sí. Sin embargo, preferiblemente, los medios puentes 20 a 22 están separados entre sí de manera resistente a explosiones y arcos eléctricos mediante paredes de separación. En particular, cada uno de los medios puentes 20 a 22 según la Figura 2 está
45 encapsulado en una carcasa 50 propia y por consiguiente está aislado de los en cada caso otros medios puentes 20 a 22. Cada carcasa 50 tiene en una realización adecuada paredes de chapa de acero con un grosor de pared de al menos 1 mm o de plástico con un grosor de pared de al menos 5 mm.

5 Siempre que el convertidor de corriente 1 según la Figura 1 esté configurado de manera multifásica, varios medios puentes 20 a 22 también pueden estar dispuestos conjuntamente en una carcasa 50, siempre que estos medios puentes 20 a 22 pertenezcan a diferentes circuitos de medios puentes 5 (es decir diferentes fases de convertidor de corriente). Por ejemplo, en cada caso los medios puentes 20 de los tres circuitos de medios puentes 5 del convertidor de corriente 1 están dispuestos conjuntamente en una primera carcasa 50, mientras que los medios puentes 21 de los tres circuitos de medios puentes 5 están dispuestos conjuntamente en una segunda carcasa 50, y los tres medios puentes 22 de los tres circuitos de medios puentes 5 están dispuestos en una tercera carcasa 50.

10 Para excluir contorneos eléctricos entre la barra de potencial alto 3 y la barra de potencial bajo 4 del circuito de tensión continua 2, entre la barra de potencial alto 3 y la barra de potencial bajo 4 está dispuesta una pared de separación 51 de material eléctricamente conductor, en particular chapa de acero, que se pone eléctricamente en el potencial de punto central entre el potencial de la barra de potencial alto 3 y el potencial de la barra de potencial bajo 4. Para ello, la inductancia 40 está dividida en dos inductancias parciales conectadas en serie 52 y 53 con el mismo valor de inductancia L11 (siendo $L1 = 2 \cdot L11$). A este respecto, la pared de separación 51 se pone en contacto con una toma central 54 entre las inductancias parciales 52 y 53.

15 Las tomas centrales 54 de los tres circuitos de medios puentes 5 están cortocircuitadas entre sí, de modo que para los tres circuitos de medios puentes 5 existe un potencial de punto central común. Alternativamente a esto, la inductancia 40, dividida según la Figura 2 en las inductancias parciales 52 y 53, está presente una vez para los tres circuitos de medios puentes, de modo que a su vez está definido un potencial de punto central uniforme para todos los circuitos de medios puentes 5. En este caso, los medios puentes de entrada de lado de potencial alto 20 de todos los circuitos de medios puentes 5 está unidos en un circuito en paralelo con el polo positivo de la inductancia 40 común, mientras que los medios puentes de entrada de lado de potencial bajo 21 de todos los circuitos de medios puentes 5 están unidos en un circuito en paralelo con el polo negativo de la inductancia 40.

25 Resumiendo, mediante la invención, en particular el ejemplo de realización descrito anteriormente, se indica un denominado convertidor de corriente de tres puntos con terminales de sujeción activos, en el que en el circuito de cortocircuito interno del convertidor de corriente posible se introduce suficiente inductancia a través de los tres medios puentes de una fase de convertidor de corriente, de modo que los conmutadores de semiconductores 23,30,35 y 36 pueden desconectar de manera segura cortocircuitos en este circuito de cortocircuito en todos los puntos operativos.

30 El objeto de la invención se aclara especialmente en el ejemplo de realización descrito anteriormente. No obstante, la invención no está limitada a este ejemplo de realización. Más bien, a partir de la descripción anterior y de las reivindicaciones el experto en la técnica puede deducir formas de realización adicionales de la invención.

REIVINDICACIONES

5 1. Convertidor de corriente de tres puntos (1) con un circuito de tensión continua de lado de entrada (2), que comprende una barra de potencial alto (3) y una barra de potencial bajo (4), y con al menos un circuito de medios puentes (5), que presenta un medio puente de entrada de lado de potencial alto (20), un medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21) y un medio puente de salida (22),

- estando conectados los dos medios puentes de entrada (20,21) en serie entre la barra de potencial alto (3) y la barra de potencial bajo (4),

- estando conectado el medio puente de salida (22) entre una toma central (25) del medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y una toma central (31) del medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21),

10 - formando una toma central (37) del medio puente de salida (22) un terminal de fase (6) para su conexión a un circuito de corriente de carga (8) o estando unida con un terminal de fase (6) de este tipo,

caracterizado por que la inductancia total (L_g), que se obtiene de la suma de los valores de inductancia (L_1 - L_5)

- dentro del medio puente de salida (22),

15 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y el medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21),

- entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y el medio puente de salida (22), y

- entre el medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21) y el medio puente de salida (22),

20 se determina en función de la corriente nominal (I_n) de los conmutadores de semiconductores (23,24,29,30,35,36) y de la tensión de entrada (U_e) del convertidor de corriente de tres puntos (1), de modo que en el caso de un fallo de un semiconductor de potencia (23,24,26,27, 29,30,32,33, 35,36,38,39) arbitrario del circuito de medios puentes (5) puede desconectarse de manera segura un cortocircuito a través de un circuito de cortocircuito formado entre los tres medios puentes (20-22) del circuito de medios puentes (5) mediante los semiconductores de potencia intactos (23,24,26,27,29, 30,32,33,35,36,38,39) en este circuito de cortocircuito.

25 2. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según la reivindicación 1, en el que la inductancia total (L_g) está dimensionada de tal manera que el valor del producto matemático ($L_g \cdot I_n / U_e$) de la inductancia total (L_g) con la corriente nominal (I_n) dividida entre la tensión de entrada (U_e) de los conmutadores de semiconductores (23,24,29,30,35,36) se encuentra en un intervalo de desde 25 ns hasta 150 ns.

30 3. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha inductancia total (L_g) presenta un valor de inductancia de entre 100 nH y 10 μ H.

4. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que

- dentro del medio puente de salida (22) y/o

- entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y el medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21) y/o

35 - entre el medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y el medio puente de salida (22), y/o

- entre el medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21) y el medio puente de salida (22)

está dispuesto al menos un estrangulador.

40 5. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los tres medios puentes (20-22) del mismo circuito de medios puentes (5) están separados espacial y/o mecánicamente entre sí de tal manera que se descarta un daño o una destrucción mecánica o térmica de un medio puente (20-22) mediante uno de los otros dos medios puentes (20-22).

6. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el circuito de tensión continua (2) está configurado de tal manera que se descarta un contorno eléctrico entre la barra de potencial alto

(3) y la barra de potencial bajo (4).

7. Convertidor de corriente de tres puntos (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el medio puente de entrada de lado de potencial alto (20) y el medio puente de entrada de lado de potencial bajo (21) están configurados en cada caso con baja inducción.

FIG 1

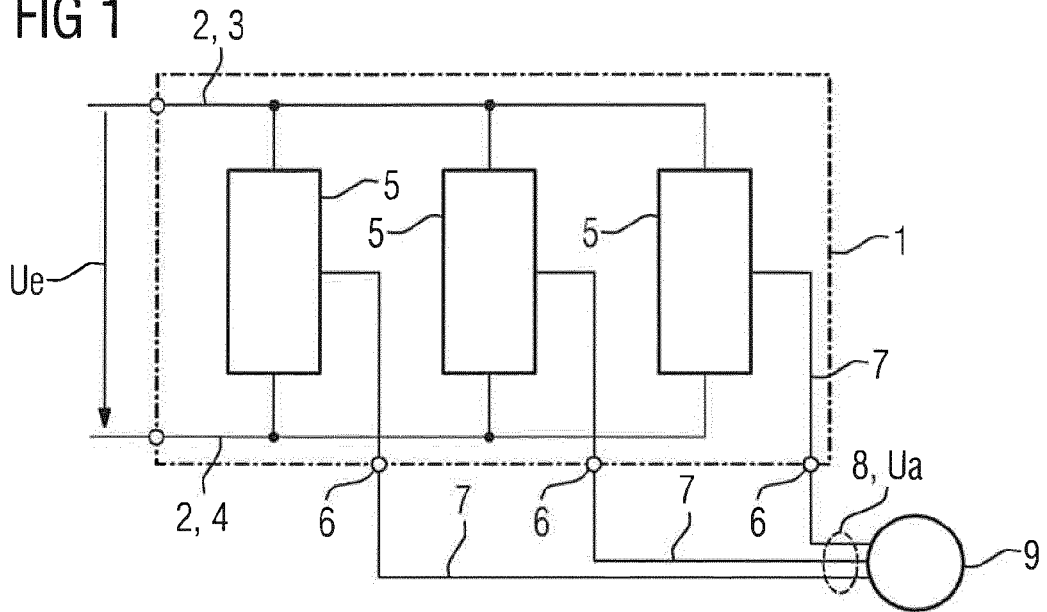


FIG 2

