

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 720**

51 Int. Cl.:
H02M 1/12 (2006.01)
H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10153349 .5**
96 Fecha de presentación: **11.02.2010**
97 Número de publicación de la solicitud: **2360819**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.08.2011**

54 Título: **Amortiguación activa de armónicos de corriente de un convertidor de niveles múltiples**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.10.2012

73 Titular/es:
ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
5400 Baden, CH

72 Inventor/es:
Winkelkemper, Manfred y
Korn, Arthur

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 388 720 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

Amortiguación activa de armónicos de corriente en un convertidor de niveles múltiples.

Campo técnico

5 La invención se refiere al campo de la electrónica de potencia. Parte de un procedimiento para el funcionamiento de un circuito convertidor de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

Estado de la técnica

10 Los circuitos convertidores se emplean actualmente en una pluralidad de aplicaciones. Un circuito convertidor especialmente fácil de escalar en la tensión se indica en el documento WO 2007/023064 A1. En la figura 1 se representa un circuito convertidor de este tipo de acuerdo con el estado de la técnica, en el que en la figura 1 se representa, para mayor claridad, solamente un módulo de fases del circuito convertidor. En él, el circuito convertidor presenta para cada fase un módulo de fases, en el que cada módulo de fases comprende un primer sistema convertidor parcial y un segundo sistema convertidor parcial y los sistemas convertidores parciales están conectados en serie entre sí. El punto de unión de los dos sistemas convertidores parciales conectados en serie forma una conexión de salida, por ejemplo, para una carga eléctrica. Cada sistema convertidor parcial comprende al menos una célula de conmutación de dos polos, en la que en el caso de varias células de conmutación de un sistema convertidor parcial, estas células de conmutación están conectadas en serie entre sí. Cada célula de conmutación de dos polos presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables con dirección de la conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía capacitivo. En la figura 1, cada célula de conmutación presenta dos conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables conectados en serie con dirección de la conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía capacitivo conectado en paralelo al circuito en serie de los conmutadores de semiconductores de potencia. Un circuito convertidor del tipo indicado anteriormente se indica en el documento WO 2007133852 A2.

25 Puesto que el circuito convertidor de acuerdo con el documento WO 2007/023064 A o de acuerdo con el documento WO 2007/33852 A2 contienen circuitos oscilantes débilmente amortiguados, que están constituidos por dos o más módulos de fases, las oscilaciones en las corrientes que se producen en ellos deben ser amortiguadas de acuerdo con la técnica de regulación a través del primero y del segundo sistema convertidor parcial. En el documento WO 2007/33852 A2 se indica a tal fin un procedimiento de control, que sigue el principio de los intervalos de tiempo libremente seleccionables para operaciones de conmutación de los conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables de las células de conmutación del primero y del segundo sistema convertidor parcial.

30 En el documento WO 2008/067784 A1 así como en A. Antonopoulos y col "On dynamics and voltage control of the Modular Multilevel Converter", IPE 2009 se indica, además, respectivamente, un procedimiento del tipo indicado al principio para el funcionamiento de un circuito convertidor.

Representación de la invención

35 El cometido de la invención es indicar un procedimiento desarrollado con respecto al estado de la técnica y alternativo para el funcionamiento de un circuito convertidor, por medio del cual se pueden amortiguar activamente oscilaciones y distorsiones no deseadas en corrientes del primero y del segundo sistema convertidor parcial del circuito convertidor.

Este cometido se soluciona por medio de las características de las reivindicaciones 1, 3 y 6, respectivamente. En las reivindicaciones dependientes se indican desarrollos ventajosos de la invención.

40 Un circuito convertidor presenta al menos dos módulos de fases, cada módulo de fases comprende un primero y un segundo sistema convertidor parcial y para cada módulo de fases, los sistemas convertidores parciales están conectados en serie entre sí. Cada sistema convertidor parcial comprende varias células de conmutación bipolares conectadas y cada célula de conmutación presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables con dirección de conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía capacitivo. De acuerdo con el procedimiento según la invención, los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación del primer sistema convertidor parcial son activados por medio de una señal de activación y los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación del segundo sistema convertidor parcial son activados por medio de otra señal de activación. Además, para el primer sistema convertidor parcial la señal de activación se forma a partir de una señal de referencia con respecto a la tensión a través del primer sistema convertidor parcial y para el segundo sistema convertidor parcial, la otra señal de activación se forma a partir de una señal de referencia con respecto a la tensión a través del segundo sistema convertidor parcial. De acuerdo con la invención, la señal de activación se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto al primer sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente medida a través del primer sistema convertidor parcial y a partir de un valor de resistencia predeterminable. Por lo demás, la otra señal de activación se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto al segundo sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente medida a través del segundo sistema convertidor parcial y a partir del valor de la resistencia predeterminable.

La señal de amortiguación respectiva corresponde en su actuación a una caída de la tensión a través de una resistencia óhmica en el sistema convertidor parcial respectivo y de esta manera amortigua las corrientes a través del sistema convertidor parcial respectivo en cada caso de manera deseada.

5 En otra forma de realización de la invención, la señal de amortiguación se forma con respecto al primer sistema convertidor parcial adicionalmente a partir de una corriente de referencia predeterminable a través del primer sistema convertidor parcial. La señal de amortiguación se forma con respecto al segundo sistema convertidor parcial adicionalmente a partir de una corriente de referencia predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial. A través de la previsión de una corriente de referencia durante la formación de la señal de amortiguación respectiva es posible de manera ventajosa que porciones de oscilación determinadas de forma selectiva de las corrientes sean amortiguadas a través del sistema convertidor parcial respectivo.

10 En una forma de realización alternativa de la invención, para el primer sistema convertidor parcial, la señal de activación se forma a partir de una señal de referencia generada en una unidad de cálculo central con respecto a la célula de conmutación respectiva en cada caso del primer sistema convertidor parcial. Para cada célula de conmutación del primer sistema convertidor parcial está prevista una unidad de cálculo local, en la que la señal de referencia con respecto a la célula de conmutación respectiva en cada caso del primer sistema convertidor parcial se transmite a la unidad de cálculo local respectiva en cada caso de las células de conmutación del primer sistema conmutador parcial. La señal de activación en cada unidad de cálculo local de las células de conmutación del primer sistema convertidor parcial se forma entonces adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto a la célula de conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente medida a través de la célula de conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial y a partir de un valor de la resistencia predeterminable. Para el segundo sistema convertidor parcial, la otra señal de activación se forma a partir de una señal de referencia generada en la unidad de cálculo central con respecto a la célula de conmutación respectiva en cada caso del segundo sistema convertidor parcial. Por lo demás, para cada célula de conmutación del segundo sistema convertidor parcial está prevista una unidad de cálculo local, en la que la señal de referencia con respecto a la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial se transmite a la unidad de cálculo local respectiva en cada caso de las células de conmutación del segundo sistema convertidor parcial. Además, la otra señal de activación en cada unidad de cálculo local de las células de conmutación del segundo sistema convertidor parcial se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto a la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente medida a través de la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial y a partir del valor de la resistencia predeterminable.

15 A través de la alternativa mencionada anteriormente, la amortiguación de las corrientes a través de los sistemas convertidores parciales tiene lugar de manera ventajosa en las células de conmutación. La señal de amortiguación respectiva corresponde en su actuación a una caída de la tensión a través de una resistencia óhmica en cada célula de conmutación, de manera que la acción total corresponde a un circuito en serie de resistencia óhmicas, con lo que las corrientes son amortiguadas de la manera deseada a través de las células de conmutación respectivas del sistema convertidor parcial respectivo. A través de la medición local de las corrientes por medio de las células de conmutación se puede garantizar en adelante la redundancia y, por lo tanto, la disponibilidad de la amortiguación incluso en caso de fallo de una medición de la corriente por ejemplo en una célula de conmutación. A través de la formación local de la señal de control se suprime, además, la transmisión habitual de la señal de activación a las células de conmutación individuales.

20 En otra forma de realización de la invención, la señal de amortiguación respectiva se forma con respecto a la célula de conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial adicionalmente a partir de una corriente de referencia predeterminable a través de la célula de conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial, y la señal de amortiguación respectiva se forma con respecto a las células de conmutación respectivas del segundo sistema convertidor parcial adicionalmente a partir de una corriente de referencia predeterminable a través de la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial. Además de las ventajas ya mencionadas anteriormente, por medio de la previsión de una corriente de referencia durante la formación de la señal de amortiguación respectiva es posible de manera ventajosa que porciones de oscilación determinadas de forma selectiva de las corrientes sean amortiguadas a través de las células de conmutación del sistema convertidor parcial respectivo.

25 En otra alternativa de la invención, para el primer sistema convertidor parcial la señal de activación se forma a partir de una señal de referencia de amortiguación generada en una unidad de cálculo central con respecto a la tensión a través del primer sistema convertidor parcial, en el que la señal de referencia de amortiguación se forma con respecto a la tensión a través del primer sistema convertidor parcial a partir de una corriente de referencia predeterminable a través del primer sistema convertidor parcial, a partir de un valor de la resistencia predeterminable y a partir de una señal de referencia con respecto a la tensión a través del primer sistema convertidor parcial. Para cada célula de conmutación del primer sistema convertidor parcial está prevista una unidad de cálculo local, en la que la señal de referencia de amortiguación con respecto a la tensión se transmite a través del primer sistema convertidor parcial a las unidades de cálculo locales de las células de conmutación del primer sistema conmutador parcial. La señal de activación en cada unidad de cálculo local de las células de conmutación del primer sistema convertidor parcial se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto a la célula de

conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente medida a través de la célula de conmutación respectiva del primer sistema convertidor parcial y a partir de un valor de la resistencia predeterminable. Además, para el segundo sistema convertidor parcial, la otra señal de activación se forma a partir de una señal de referencia de amortiguación generada en la unidad de cálculo central con respecto a la tensión a través del segundo sistema convertidor parcial, en el que la señal de referencia de amortiguación se forma con respecto a la tensión a través del segundo sistema convertidor parcial a partir de una corriente de referencia predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial a partir del valor de la resistencia predeterminable y a partir de una señal de referencia con respecto a la tensión a través del segundo sistema convertidor parcial. Por lo demás, para cada célula del segundo sistema convertidor parcial está prevista una unidad de cálculo local, en la que la señal de referencia de amortiguación se transmite con respecto a la tensión a través del segundo sistema convertidor parcial a las unidades de cálculo locales de las células de conmutación del segundo sistema convertidor parcial. Además, la otra señal de activación en cada unidad de cálculo local de las células de conmutación del segundo sistema convertidor parcial se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación con respecto a la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial, en el que la señal de amortiguación se forma a partir de una corriente (i_2) medida a través de la célula de conmutación respectiva del segundo sistema convertidor parcial y a partir del otro valor de la resistencia predeterminable. Por lo tanto, también con esta alternativa de la invención se pueden amortiguar porciones de oscilación determinadas de forma selectiva de las corrientes a través de las células de conmutación del sistema convertidor parcial respectivo. Además, la corriente de referencia no se transmite de manera ventajosa a las unidades de cálculo locales.

Éstos y otros cometidos, ventajas y características de la presente invención se deducen a partir de la siguiente descripción detallada de formas de realización preferidas de la invención en combinación con el dibujo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una forma de realización de un circuito convertidor de acuerdo con el estado de la técnica.

La figura 2 muestra una primera forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor.

La figura 3 muestra una segunda forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor.

La figura 4 muestra una tercera forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor.

La figura 5 muestra una cuarta forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor.

La figura 6 muestra una quinta forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor.

Los signos de referencia utilizados en el dibujo y su significado se listan resumidos en la lista de signos de referencia. En principio, en las figuras las partes iguales están provistas con los mismos signos de referencia. Las formas de realización descritas representan ejemplos del objeto de la invención y no tienen ningún efecto de limitación.

Modos de realización de la invención

En la figura 1 se muestra, como ya se ha indicado al principio, una forma de realización de un circuito convertidor de acuerdo con el estado de la técnica. El circuito convertidor presenta, en general, al menos dos módulos de fases 4, de manera que cada módulo de fases 4 comprende un primero y un segundo sistema convertidor parcial 1, 2 y para cada módulo de fases 4 los sistemas convertidores parciales 1, 2 están conectados en serie entre sí. Cada sistema convertidor parcial 1, 2 comprende varias células de conmutación 3 bipolares conectadas en serie y cada célula de conmutación 3 presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables con dirección de conducción de la corriente unidireccionales controlados y un acumulador de energía capacitiva. Además, es posible que cada sistema convertidor parcial 1, 2 presente una inductividad en serie con el circuito en serie de las células de conmutación 3. El conmutador de semiconductores de potencia controlable de las células de conmutación 3 de los sistemas convertidores parciales 1, 2 está configurado especialmente como tiristor de desconexión (GTO – Gate Turn-Off Thyristor) o como tiristor integrado con electrodo de activación conmutado (IGCT – Integrated Gate Commutated Thyristor), respectivamente, con un diodo conectado antiparalelo. Pero también es concebible configurar un conmutador de semiconductores de potencia controlable, por ejemplo, como MOSFET de potencia con diodo conectado adicionalmente antiparalelo o como transistor bipolar con electrodo de puerta dispuesto aislado (IGBT) con diodo conectado adicionalmente antiparalelo. Con preferencia, el número de células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 corresponde al número de células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2.

En la figura 2 se muestra una primera forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de

acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor. En lo que se refiere al procedimiento, el los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 se activan por medio de una señal de activación S1 y los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 se activan por medio de otra señal de activación S2. Para el primer sistema convertidor parcial 1 se forma la señal de control S1 a partir de una señal de referencia $V_{ref, U1}$ con respecto a la tensión U1 a través del primer sistema convertidor parcial 1. Para el segundo sistema convertidor parcial 2 se forma la otra señal de activación S2 a partir de una señal de referencia $V_{ref, U2}$ con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2. De acuerdo con la figura 2, la señal de control S1 se forma ahora adicionalmente a partir de una señal de amortiguación $V_{d, U1}$ con respecto al primer sistema convertidor parcial 1, de manera que la señal de amortiguación $V_{d, U1}$ se forma a partir de una corriente $i1$ medida a través del primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de un valor de la resistencia R_d predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, U1}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,U1} = i1 \cdot R_d \quad [1]$$

La otra señal de activación S2 se forma de acuerdo con la figura 2 adicionalmente a partir de una señal de amortiguación $V_{d, U2}$ con respecto al segundo sistema convertidor parcial 2, de manera que la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ se forma a partir de una corriente $i2$ medida a través del segundo sistema convertidor parcial 2 y a partir de un valor de la resistencia R_d predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,U2} = i2 \cdot R_d \quad [2]$$

La señal de amortiguación $V_{d, U1}$, $V_{d, U2}$ respectiva corresponde en su actuación a una caída de la tensión a través de una resistencia óhmica en el sistema convertidor parcial 1, 2 respectivo y de esta manera amortigua las corrientes $i1$, $i2$ de la manera deseada a través del sistema convertidor parcial 1, 2 correspondiente en cada caso.

De acuerdo con la figura 2, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d, U1}$ con respecto al primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de la señal de referencia $V_{ref, U1}$ con respecto a la tensión U1 a través del primer sistema convertidor parcial 1 y se transmite a un modulador 5, que genera a partir de ella la señal de control S1. Además, de acuerdo con la figura 2, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ con respecto al segundo sistema convertidor parcial 2 y a partir de la señal de referencia $V_{ref, U2}$ con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2 y se transmite a un modulador 6, que genera a partir de ella la otra señal de control S2. Como modulador 5, 6 en la figura 2, pero también en las formas de realización según las figuras 3 a 5 son concebibles todos los moduladores, como moduladores de la anchura del impulso, moduladores a base de procedimientos de portadora, moduladores indicadores del espacio o moduladores con característica de histéresis.

Con preferencia, la señal de amortiguación $V_{d, U1}$ con se forma con respecto al primer sistema convertidor parcial 1 de acuerdo con una segunda forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención según la figura 3 para el funcionamiento de un circuito convertidor adicionalmente a partir de una corriente de referencia $I_{ref, U1}$ predeterminable a través del primer sistema convertidor parcial 1. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,U1} = (i1 - I_{ref,U1}) \cdot R_d \quad [3]$$

De acuerdo con la figura 3, la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ con respecto al segundo sistema convertidor parcial 2 se forma adicionalmente a partir de una corriente de referencia $V_{ref, U2}$ predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial 2. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, U2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente

$$V_{d,U2} = (i1 - I_{ref,U2}) \cdot R_d \quad [4]$$

La formación de la señal de control S1 y de la otra señal de control S2 se realiza entonces según la figura 3 de manera correspondiente a la figura 2.

A través de la previsión de una corriente de referencia $I_{ref, U1}$, $I_{ref, U2}$ es posible de manera ventajosa que porciones de oscilación determinadas de forma selectiva de las corrientes $i1$, $i2$ sean amortiguadas a través del sistema

convertidor parcial respectivo.

En la figura 4 se muestra una tercera forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor, que representa una alternativa a las forma de realización de acuerdo con as figuras 2 y 3. Según la figura 4, para el primer sistema convertidor parcial 1, la señal de activación S1 se forma a partir de una señal de referencia $V_{ref, UZ1}$, generada en una unidad de cálculo central 7, con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1. Para cada célula de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 está prevista entonces una unidad de cálculo local 8, en la que la señal de referencia $V_{ref, UZ1}$ se transmite, con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1, a las unidades de cálculo locales 8 de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1. Además, la señal de activación S1 se forma en cada unidad de cálculo local 8 de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 adicionalmente a partir de una señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1, de manera que la señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ se forma a partir de una corriente $i1$ medida a través de la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de un valor de la resistencia R_d predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d, Z1} = i1 \cdot R_d \quad [5]$$

De acuerdo con la figura 4, para el segundo sistema convertidor parcial 2, la otra señal de control S2 se forma a partir de una señal de referencia $V_{ref, UZ2}$ generada en la unidad de control central 7 con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2. Para cada célula de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 está prevista una unidad de cálculo local 9, en la que la señal de referencia $V_{ref, UZ2}$ se transmite con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2 a las unidades de cálculo locales 9 de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2. Además, la otra señal de control S2 se forma en cada unidad de cálculo local 9 de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 adicionalmente a partir de una señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 correspondiente del segundo sistema convertidor parcial 2, en el que la señal de amortiguación $V_{d, Z2}$ se forma a partir de una corriente $i2$ medida a través de la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2 y a partir del valor de la resistencia R_d predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d, Z2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente

$$V_{d, Z2} = i1 \cdot R_d \quad [6]$$

A través de la alternativa mencionada anteriormente según la figura 4, la amortiguación de las corriente $i1$, $i2$ tiene lugar a través de los sistemas convertidores parciales 1, 2 con ventaja en las células de conmutación 3. La señal de amortiguación $V_{d, Z1}$, $V_{d, Z2}$ corresponde en su actuación a una caída de la tensión a través de una resistencia óhmica en cada célula de conmutación 3, en la que toda la actuación corresponde a un circuito en serie de resistencias óhmicas, con lo que las corrientes $i1$, $i2$ son amortiguadas de una manera deseada a través de las célula de conmutación 3 del sistema convertidor parcial 1, 2 respectivo. A través de la medición local de las corrientes $i1$, $i2$ a través de las células de conmutación 3 se puede garantizar, además, la redundancia y, por lo tanto, la disponibilidad de la amortiguación propiamente dicha en caso de fallo de una medición de la corriente, por ejemplo en una célula de conmutación 3. A través de la formación local de la señal de activación S1, S2 se suprime, además, la transmisión corriente de la señal de activación S1, S2 hacia las células de conmutación 3 individuales, por ejemplo desde una unidad central o unidad de orden superior.

De acuerdo con la figura 4, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de la señal de referencia $V_{ref, UZ1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 y se transmite sobre un modulador 5, que a partir de ella genera la señal de control S1. Además, de acuerdo con la figura 4, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d, Z2}$ con respecto al segundo sistema convertidor parcial 2 y a partir de la señal de referencia $V_{ref, UZ2}$ con respecto a la célula de conmutación 3 correspondiente del segundo sistema convertidor parcial 2 y se transmite a un modulador 6, que genera a partir de ella la otra señal de control S2.

Con preferencia, la señal de amortiguación $V_{d, Z1}$ se forma con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 de acuerdo con una cuarta forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención según la figura 5 para el funcionamiento de un circuito convertidor adicionalmente a partir de una corriente de referencia $I_{ref, U1}$ predeterminable a través de la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1. La corriente de referencia $I_{ref, U1}$ predeterminable a

través de la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 se transmite a las unidades de cálculo locales 8 de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1. La formación de la señal de amortiguación $V_{d,z1}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,z1} = (i1 - I_{ref,U1}) \cdot R_d \quad [7]$$

5 De acuerdo con la figura 5, la señal de amortiguación $V_{d,z2}$ respectiva con respecto a la célula de conmutación 3 correspondiente del segundo sistema convertidor parcial 2 se forma adicionalmente a partir de una corriente de referencia $I_{ref,U2}$ predeterminable a través de la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2. La corriente de referencia $I_{ref,U2}$ se transmite a través de la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2 a las unidades de cálculo locales 9 de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 1. La formación de la señal de amortiguación $V_{d,z2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,z2} = (i1 - I_{ref,U2}) \cdot R_d \quad [8]$$

La formación de la señal de control S1 y de la otra señal de control S2 se realiza entonces de acuerdo con la figura 5 de manera correspondiente a la figura 4.

15 Con preferencia, el valor de la resistencia R_d se predetermina constante o variable en el tiempo.

En la figura 6 se muestra una quinta forma de realización de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un circuito convertidor, que representa una alternativa a las formas de realización según las figuras 2, 3, 4 y 5. De acuerdo con la figura 6, para el primer sistema convertidor parcial 1, la señal de control S1 se forma a partir de una señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U1}$, generada en una unidad de control central 7, con respecto a la tensión $U1$ sobre el primer sistema convertidor parcial 1, de manera que la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U1}$ se forma con respecto a la tensión $U1$ a través del primer sistema convertidor parcial 1 a partir de una corriente de referencia $i_{ref,U1}$, predeterminable a través del primer sistema convertidor parcial 1, a partir de un valor de resistencia R_{da} predeterminable y a partir de una señal de referencia $V_{ref,U1}$ con respecto a la tensión $U1$ a través del primer sistema convertidor parcial 1. La formación de la señal de amortiguación $V_{ref,d,U1}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{ref,d,U1} = V_{ref,U1} - (i_{ref,U1} \cdot R_{da}) \quad [9]$$

Por lo demás, para cada célula de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 según la figura 6 se prevé una unidad de cálculo local 8, en la que la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U1}$ se transmite con respecto a la tensión $U1$ a través del primer sistema convertidor parcial 1 a las unidades de cálculo locales 8 de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1. La señal de control S1 se forma en cada unidad de cálculo local 8 de las células de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 adicionalmente a partir de una señal de amortiguación $V_{d,z1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1, de manera que la señal de amortiguación $V_{d,z}$ se forma a partir de una corriente $i1$ media a través de la célula de conmutación 3 respectiva del primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de otro valor de resistencia R_{db} predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d,z1}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,z1} = i1 \cdot R_{db} \quad [10]$$

De acuerdo con la figura 6, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d,z1}$ con respecto a la célula de conmutación 3 del primer sistema convertidor parcial 1 y a partir de la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U1}$ con respecto a la tensión $U1$ a través del primer sistema convertidor parcial 1 y se transmite a un modulador 5, que a partir de ella genera la señal de control S1.

De acuerdo con la figura 6, para el segundo sistema convertidor parcial 2, la otra señal de activación S2 se forma a partir de una señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,z2}$ generada en la unidad de cálculo central 9 con respecto a

la tensión U a través del segundo sistema convertidor parcial 2, de manera que la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U1}$ se forma con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2 a partir de una corriente de referencia $I_{ref,U1}$ predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial 2, a partir del valor de la resistencia R_{da} predeterminable y a partir de una señal de referencia $V_{ref,d,U2}$ con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2. La formación de la señal de amortiguación $V_{ref,d,U2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{ref,d,U2} = V_{ref,U2} - (I_{ref,U2} \cdot R_{da}) \quad [11]$$

De acuerdo con la figura 6, para cada célula de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 está prevista una unidad de cálculo local 9, que transmite la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,U2}$ con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2 a las unidades de cálculo local 9 de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2. La otra señal de control S2 se forma de acuerdo con la figura 6 en cada unidad de cálculo local 9 de las células de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 adicionalmente a partir de la señal de amortiguación $V_{d,Z2}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 2, de manera que la señal de amortiguación $V_{d,Z2}$ se forma a partir de una corriente $i2$ medida a través de la célula de conmutación 3 del segundo sistema convertidor parcial 2 y a partir del otro valor de la resistencia R_{db} predeterminable. La formación de la señal de amortiguación $V_{d,Z2}$ se realiza de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$V_{d,Z2} = i2 \cdot R_{db} \quad [12]$$

De acuerdo con la figura 6, la suma se forma a partir de la señal de amortiguación $V_{d,Z2}$ con respecto a la célula de conmutación 3 respectiva del segundo sistema convertidor parcial 23 y a partir de la señal de referencia de amortiguación $V_{ref,d,U2}$ con respecto a la tensión U2 a través del segundo sistema convertidor parcial 2 y se transmite sobre un modulador 6, que genera a partir de ello entonces la otra señal de control S2.

También con esta alternativa de la invención según la figura 6 se pueden amortiguar porciones de oscilación determinadas de forma selectiva de las corrientes $i1$, $i2$ a través de las células de conmutación 3 del sistema convertidor parcial 1, 2 respectivo. Además, la corriente de referencia $I_{ref,U1}$, $I_{ref,U2}$ no se transmite de manera ventajosa a las unidades de cálculo locales 8, 9. El valor de la resistencia R_{da} se selecciona con preferencia para anule el importe de la corriente de referencia que $I_{ref,U1}$, $I_{ref,U2}$ respectiva con respecto a la señal de amortiguación $V_{d,Z1}$, $V_{d,Z2}$ formada en la unidad de cálculo local 8, 9 respectiva en cada caso.

Con preferencia, el valor de la resistencia R_{da} y el otro valor de la resistencia R_{db} se predeterminan constantes o variables en el tiempo.

También es concebible muy en general que la señal de amortiguación respectiva $V_{d,U1}$, $V_{d,U2}$, $V_{d,Z1}$, $V_{d,Z2}$ sea predeterminada de acuerdo con una función general, en la que tal función puede contener entonces, por ejemplo, una porción constante, una porción variable en el tiempo, una porción integral, una porción diferencial, una porción de guía o un valor previo de la señal de amortiguación respectiva o un combinación de las posibilidades indicadas anteriormente.

Lista de signos de referencia

- 1 Primer sistema convertidor parcial
- 2 Segundo sistema convertidor parcial
- 3 Célula de conmutación
- 4 Módulo de fases
- 5, 6 Modulador
- 7 Unidad central de cálculo
- 8, 9 Unidad de cálculo local

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el funcionamiento de un circuito convertidor, en el que el circuito convertidor presenta al menos dos módulos de fases (4), cada módulo de fases (4) presenta un primero y un segundo sistema convertidor parcial (1, 2) y para cada módulo de fases (4) los sistemas convertidores parciales (1, 2) están conectados en serie entre sí, cada sistema convertidor parcial (1, 2) comprende varias células de conmutación (3) bipolares conectadas en serie y cada célula de conmutación (2) presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables con dirección de conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía capacitivo, en el que los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) son activados por medio de una señal de activación (S1) y los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2) son activados por medio de otra señal de activación (S2), en el que para el primer sistema convertidor parcial (1), la señal de activación (S1) se forma a partir de una señal de referencia ($V_{ref, U1}$) con respecto a la tensión (U1) a través del primer sistema convertidor parcial (1), y en el que para el segundo sistema convertidor parcial (2), la otra señal de activación (S2) se forma a partir de una señal de referencia ($V_{ref, U2}$) con respecto a la tensión (U2) a través del segundo sistema convertidor parcial (2), caracterizado porque la señal de activación (S1) se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, U1}$) con respecto al primer sistema convertidor parcial (1), en el que la señal de amortiguación ($V_{d, U1}$) se forma a partir de una corriente común ($i1$) a través del primer sistema convertidor parcial (1) y a partir de un valor de resistencia (R_d) predeterminable, y por la otra señal de activación (S2) se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, U1}$) a partir de una corriente ($i2$) medida a través del segundo sistema convertidor parcial (2) y a partir del valor de la resistencia (R_d) predeterminable.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la señal de amortiguación ($V_{d, U1}$) se forma con respecto al primer sistema convertidor parcial (1) adicionalmente a partir de una corriente de referencia ($I_{ref, U1}$) predeterminable a través del primer sistema convertidor parcial (1), y porque la señal de amortiguación ($V_{d, U2}$) se forma con respecto al segundo sistema convertidor parcial (2) adicionalmente a partir de una corriente de referencia ($I_{ref, U2}$) predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial (2).
- 3.- Procedimiento para el funcionamiento de un circuito convertidor, en el que el circuito convertidor presenta al menos dos módulos de fases (4), cada módulo de fases (4) presenta un primero y un segundo sistema convertidor parcial (1, 2) y para cada módulo de fases (4) los sistemas convertidores parciales (1, 2) están conectados en serie entre sí, cada sistema convertidor parcial (1, 2) comprende varias células de conmutación (3) bipolares conectadas en serie y cada célula de conmutación (2) presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales controlables con dirección de conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía capacitivo, en el que los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) son activados por medio de una señal de activación (S1) y los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2) son activados por medio de otra señal de activación (S2), caracterizado porque para el primer sistema convertidor parcial (1) la señal de activación (S1) se forma a partir de una señal de referencia ($V_{ref, U22}$) generada en una unidad de cálculo central (7) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva en cada caso del primer sistema convertidor parcial, porque para cada célula de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) está prevista una unidad de cálculo local (8) y la señal de referencia ($V_{ref, U21}$) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva en cada caso del primer sistema convertidor parcial (1) se transmite a la unidad de cálculo local (8) respectiva en cada caso de la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema conmutador parcial (1), porque la señal de activación (S1) en cada unidad de cálculo local (8) de las células de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) se forma a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, z1}$) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema convertidor parcial (1), en el que la señal de amortiguación ($V_{d, z1}$) se forma a partir de una corriente ($i1$) medida a través de la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema convertidor parcial (1) y a partir de un valor de la resistencia (R_d) predeterminable, porque para el segundo sistema convertidor parcial (2) la otra señal de activación (S2) se forma a partir de una señal de referencia ($V_{ref, U22}$) generada en la unidad de cálculo central (7) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva en cada caso del segundo sistema convertidor parcial (2), porque para cada célula de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2) está prevista una unidad de cálculo local (9) y la señal de referencia ($V_{ref, U22}$) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2) se transmite a la unidad de cálculo local (9) respectiva en cada caso de la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2), porque la otra señal de activación (S2) en cada unidad de cálculo local (9) de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2) se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, z2}$) con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2), en el que la señal de amortiguación ($V_{d, z2}$) se forma a partir de una corriente ($i2$) medida a través de la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2) y a partir del valor de la resistencia (R_d) predeterminable.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque la señal de amortiguación ($V_{d, z1}$) respectiva se forma con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema convertidor parcial (1) adicionalmente a partir de una corriente de referencia ($I_{ref, U1}$) predeterminable a través de la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema convertidor parcial (1), y porque la señal de amortiguación ($V_{d, z2}$) respectiva se forma con respecto a las células de conmutación (3) respectivas del segundo sistema convertidor parcial (2)

adicionalmente a partir de una corriente de referencia ($I_{ref, U2}$) predeterminable a través de la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2).

5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el valor de la resistencia (R_d) se predetermina constante o variable en el tiempo.

5 6.- Procedimiento para el funcionamiento de un circuito convertidor, en el que el circuito convertidor presenta al
 10 menos dos módulos de fases (4), cada módulo de fases (4) presenta un primero y un segundo sistema convertidor
 parcial (1, 2) y para cada módulo de fases (4) los sistemas convertidores parciales (1, 2) están conectados en serie
 entre sí, cada sistema convertidor parcial (1, 2) comprende varias células de conmutación (3) bipolares conectadas
 15 en serie y cada célula de conmutación (2) presenta conmutadores de semiconductores de potencia bidireccionales
 controlables con dirección de conducción de la corriente unidireccional controlada y un acumulador de energía
 capacitivo, en el que los conmutadores de semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del primer
 sistema convertidor parcial (1) son activados por medio de una señal de activación (S1) y los conmutadores de
 20 semiconductores de potencia de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2) son
 activados por medio de otra señal de activación (S2), caracterizado porque para el primer sistema convertidor parcial
 (1) la señal de activación (S1) se forma a partir de una señal de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U1}$) generada en
 una unidad de cálculo central (7) con respecto a la tensión (U1) a través del primer sistema convertidor parcial (1),
 en el que la señal de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U1}$) se forma con respecto a la tensión (U1) a través del
 primer sistema convertidor parcial (1) a partir de una corriente de referencia ($I_{ref, U1}$) predeterminable a través del
 primer sistema convertidor parcial (2), a partir de un valor de la resistencia (R_{da}) predeterminable y a partir de una
 25 señal de referencia ($V_{ref, U1}$) con respecto a la tensión (U1) a través del primer sistema convertidor parcial (1), porque
 para cada célula de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) está prevista una unidad de cálculo y
 la señal de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U1}$) con respecto a la tensión (U1) se transmite a través del primer
 sistema convertidor parcial (1) a las unidades de cálculo locales (8) de las células de conmutación (2) del primer
 sistema conmutador parcial (1), porque la señal de activación (S1) en cada unidad de cálculo local (8) de las células
 30 de conmutación (3) del primer sistema convertidor parcial (1) se forma a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, Z1}$)
 con respecto a la célula de conmutación (3) respectiva del primer sistema convertidor parcial (1), en el que la señal
 de amortiguación ($V_{d, Z1}$) se forma a partir de una corriente ($i1$) medida a través de la célula de conmutación (3)
 respectiva del primer sistema convertidor parcial (1) y a partir de un valor de la resistencia (R_{db}) predeterminable,
 porque para el segundo sistema convertidor parcial (2) la otra señal de activación (S2) se forma a partir de una señal
 35 de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U2}$) generada en la unidad de cálculo central (9) con respecto a la tensión (U2)
 a través del segundo sistema convertidor parcial (2), en el que la señal de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U2}$) se
 forma con respecto a la tensión (U2) a través del segundo sistema convertidor parcial (2) a partir de una corriente de
 referencia ($I_{ref, U1}$) predeterminable a través del segundo sistema convertidor parcial (2) a partir del valor de la
 resistencia (R_{da}) predeterminable y a partir de una señal de referencia ($V_{ref, U2}$) con respecto a la tensión (U2) a
 40 través del segundo sistema convertidor parcial (1), porque cada célula (3) del segundo sistema convertidor parcial
 (2) está prevista una unidad de cálculo local (9) y la señal de referencia de amortiguación ($V_{ref, d, U2}$) se transmite con
 respecto a la tensión (U2) a través del segundo sistema convertidor parcial (2) a las unidades de cálculo locales (9)
 de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial (2), porque la otra señal de activación
 (S2) en cada unidad de cálculo local (9) de las células de conmutación (3) del segundo sistema convertidor parcial
 45 (2) se forma adicionalmente a partir de una señal de amortiguación ($V_{d, Z2}$) con respecto a la célula de conmutación
 (3) respectiva del segundo sistema convertidor parcial (2), en el que la señal de amortiguación ($V_{d, Z2}$) se forma a
 partir de una corriente ($i2$) medida a través de la célula de conmutación (3) respectiva del segundo sistema
 convertidor parcial (2) y a partir del otro valor de la resistencia (R_{db}) predeterminable.

7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque el valor de la resistencia (R_{da}) y el otro
 45 valor de la resistencia (R_{db}) se predeterminan constantes o variables en el tiempo.

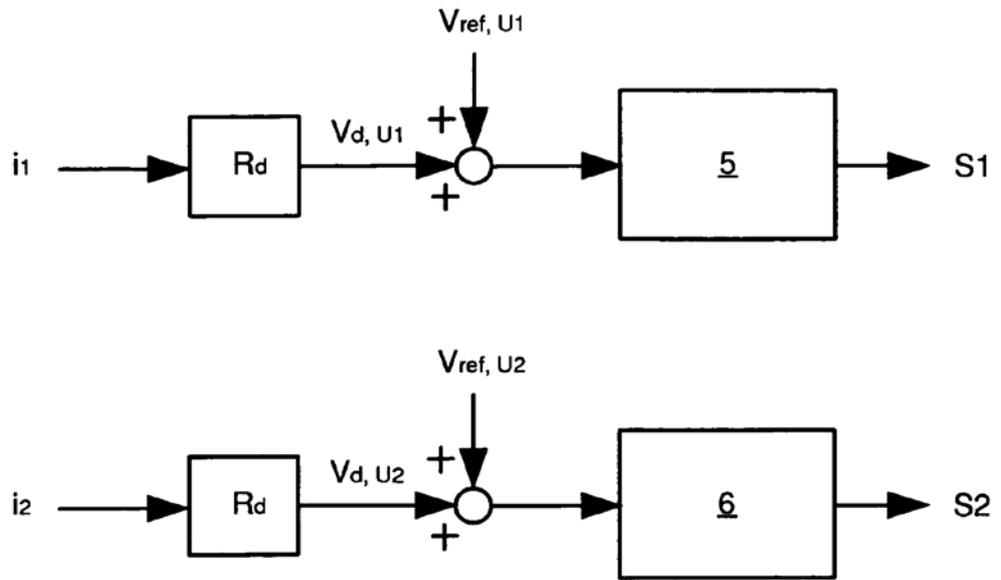


Fig. 2

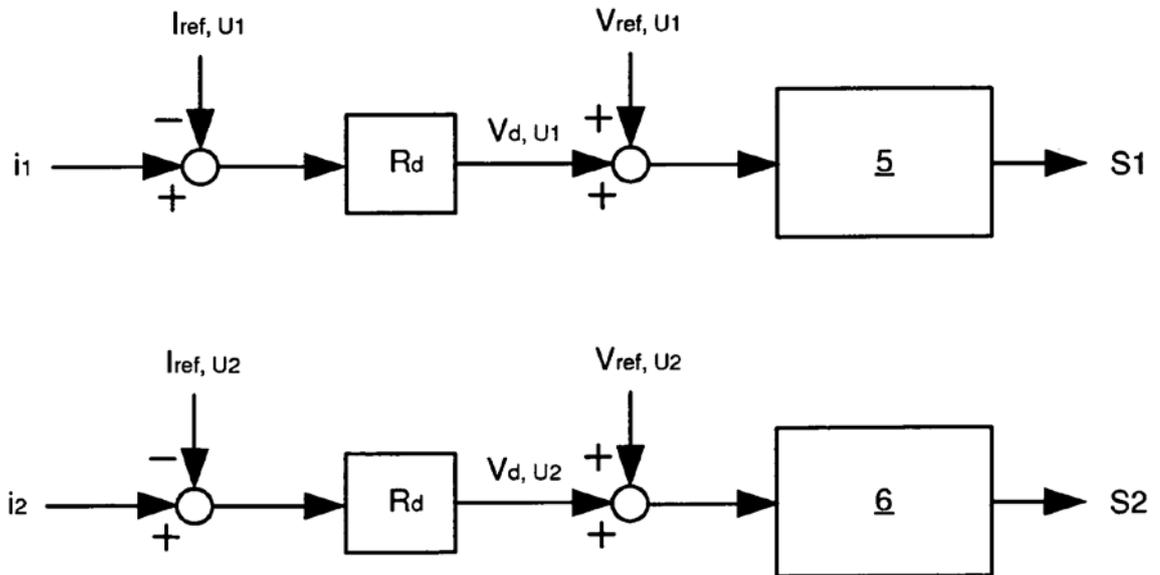


Fig. 3

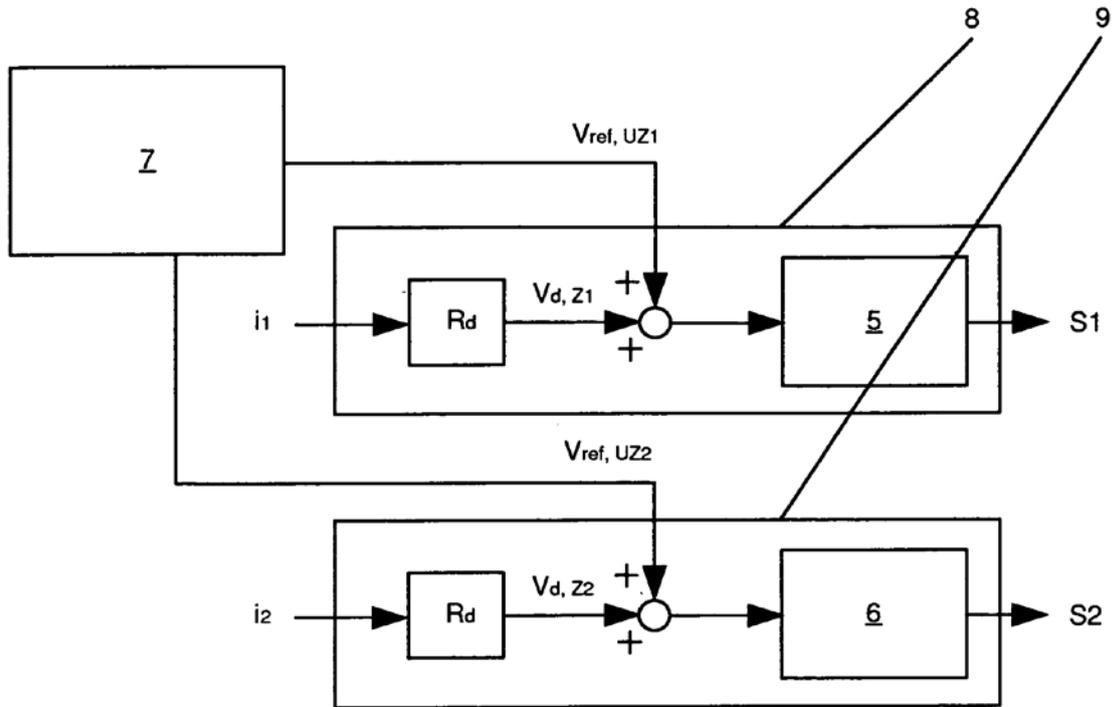


Fig. 4

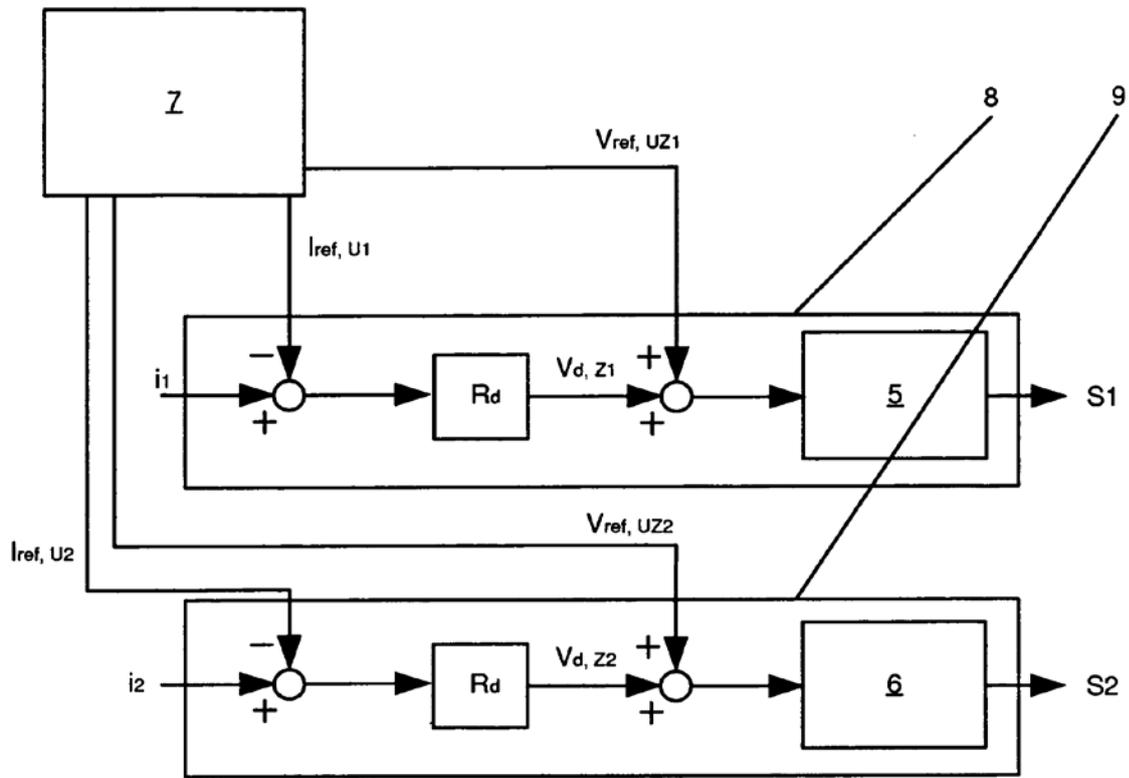


Fig. 5

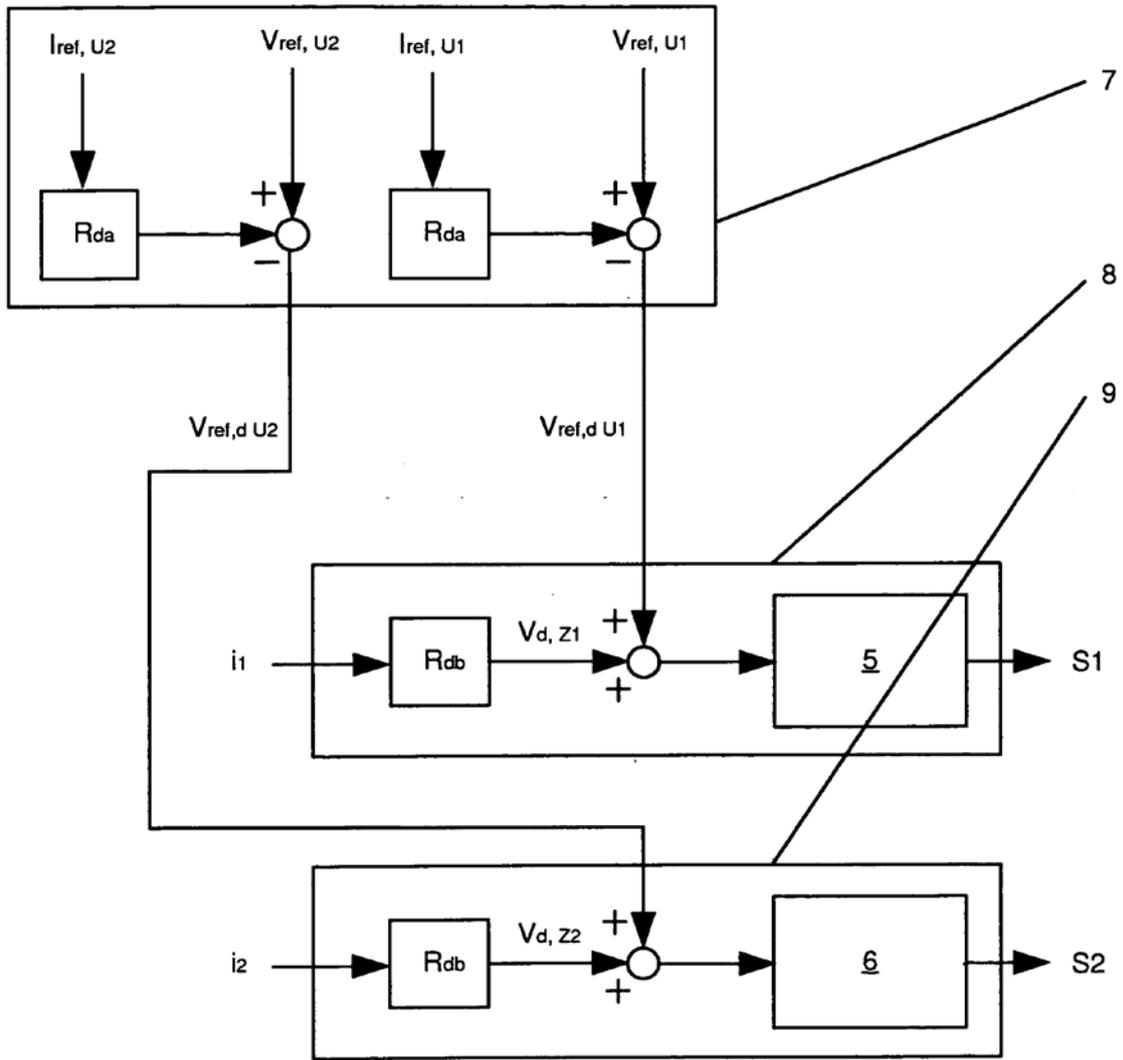


Fig. 6