

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 794**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/539** (2006.01)

**H02J 3/26** (2006.01)

**H02M 7/5375** (2006.01)

**H02M 1/32** (2007.01)

**H02M 1/00** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2019 PCT/JP2019/039874**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.04.2021 WO21070295**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2019 E 19856439 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023 EP 3836331**

54 Título: **Dispositivo de conversión de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.04.2024**

73 Titular/es:

**TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL  
SYSTEMS CORPORATION (100.0%)  
3-1-1, Kyobashi  
Chuo-ku, Tokyo 104-0031, JP**

72 Inventor/es:

**BANI SHAMSEH, MOHAMMAD y  
FUKASAWA, ISSEI**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 964 794 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

Dispositivo de conversión de energía

5 Campo técnico

La presente solicitud se refiere a un dispositivo de conversión de energía.

Antecedentes de la invención

10

Convencionalmente, por ejemplo, como se describe a continuación, se conocen varias técnicas relacionadas con un sistema de energía conectado a la red.

15

El documento CN 1 01 944 840 A divulga un procedimiento para eliminar la tensión armónica de CC para el convertidor del lado de la red de un generador de energía eólica de doble alimentación en el caso de una red de energía asimétrica. Incluye un procedimiento de separación rápida que usa un retardo de cambio de fase T/4 de secuencia de fase negativa, que realiza una separación de secuencia positiva-negativa en la tensión y la corriente de la red de energía trifásica. Para obtener un buen efecto de control, se adopta el control de corriente doble dq positiva-negativa con estructura completamente simétrica. La literatura de patente adicional se proporciona mediante el documento EP3435510A1.

20

25

La literatura distinta de las patentes "Decouple control scheme for three phase PWM converter under inductances unbalanced conditions" por Rui Li y otros (2016 IEEE 8va IPEMC-ECCE Asia) propone un nuevo esquema de control de desacoplamiento para el convertidor PWM. Se construye un modelo matemático en el marco síncrono que considera el desequilibrio en la inductancia trifásica. Las cantidades de acoplamiento inducidas por el desequilibrio de inductancias se tienen en cuenta en la estrategia en base al procedimiento de control de vectores tradicional. Esta estrategia propuesta puede lograr el desacoplamiento efectivo, y eliminar la influencia negativa provocada por el desequilibrio de inductancias con una respuesta dinámica rápida.

30

Una segunda literatura distinta de las patentes "Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the high voltage network (TCR high voltage)-English translation of VDE-AR-N 4120: 2018-11" describe un sistema de energía conectado a la red que funciona en interconexión con una red de energía eléctrica. El sistema de energía conectado a la red incluye una fuente de alimentación de CC para generar energía de CC, y un dispositivo de conversión de energía para convertir energía de CC en energía de CA.

35

Se divulga una técnica anterior adicional en literaturas distintas de las patentes "Three Reference Frame Control Scheme of 4 wire Grid-connected Inverter for Micro Grid Under Unbalanced Grid Voltage Conditions", Conferencia y exposición de electrónica de energía aplicada, 2009, APEC 2009, vigésimo cuarto IEEE anual, por Xianwen Song y otros, documento XP031442853;

40

45

"Decoupled Vector Control of Grid Side Converter with Less Number of Sensors under imbalanced Grid Conditions", CONFERENCIA INTERNACIONAL DE IEEE DE 2018 SOBRE ELECTRÓNICA DE ENERGÍA, ACCIONAMIENTOS Y SISTEMAS DE ENERGÍA (PEDES), IEEE, 18 de diciembre de 2018 (2018-12-18), páginas 1-5, documento XP033546027, DOI: 10.1109/PEDES.2018.8707654, "Control of AC-DC grid side converter with single AC current sensor", SADHANA, ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA INDIA, BANGALORE, IN, vol. 42, núm. 12, 24 de noviembre de 2017 (2017-11-24), páginas 2099-2112, documento XP036378773, ISSN: 0256-2499, DOI: 10.1007/S12046-017-0750-5, "Enhanced DDSRF based vector control of grid side converter using single AC side current sensor under unbalanced grid conditions", CONFERENCIA INTERNACIONAL DE IEEE DE 2016 SOBRE ELECTRÓNICA DE ENERGÍA, ACCIONAMIENTOS Y SISTEMAS DE ENERGÍA (PEDES), IEEE, 14 de diciembre de 2016 (2016-12-14), páginas 1-6, documento XP033089965, DOI: 10.1109/PEDES.2016.7914355, y TRINTIS IONUT Y OTROS: "SiC heat pump converters with support for voltage unbalance in distribution grids", 2015 17MA CONFERENCIA EUROPEA SOBRE ELECTRÓNICA DE ENERGÍA Y APLICACIONES (EPE'15 ECCE-EUROPA), PROPIEDAD CONJUNTA DE EPE ASSOCIATION E IEEE PELS, 8 de septiembre de 2015 (2015-09-08), páginas 1-7, documento XP032800428, DOI: 10.1109/EPE.2015.7311670, que divulga diferentes esquemas de control bajo condiciones de desequilibrio de la red.

55

Sumario

60

Problema Técnico

El sistema de energía conectado a la red funciona en interconexión con una red de energía eléctrica. El sistema de energía conectado a la red incluye una fuente de alimentación de CC para generar energía de CC, y un dispositivo de conversión de energía para convertir energía de CC en energía de CA.

65

En el sistema de energía conectado a la red, se produce un cortocircuito desequilibrado en un lado de salida del dispositivo de conversión de energía. Los tipos de cortocircuito desequilibrado incluyen un cortocircuito de dos fases

que se produce en tres fases de UVW y un cortocircuito de falla a tierra que se produce en una de las tres fases de UVW. El cortocircuito desequilibrado provoca un aumento en la tensión de salida de secuencia de fase negativa generada desde el dispositivo de conversión de energía. Aunque es preferente reducir la tensión de salida de secuencia de fase negativa, la tecnología convencional no ha aclarado suficientemente qué tipo de control puede llevarse a cabo para reducir con precisión la tensión de salida de secuencia de fase negativa.

La presente solicitud se ha realizado para resolver los problemas descritos anteriormente, y un objetivo de la misma es proporcionar un dispositivo de conversión de energía capaz de reducir adecuadamente la tensión de salida de secuencia de fase negativa tras la ocurrencia de un cortocircuito desequilibrado.

[Solución al problema]

La invención se define por la reivindicación independiente 1. Las realizaciones preferentes se indican por las reivindicaciones dependientes.

Un dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la presente solicitud incluye: un circuito de conversión de energía configurado para convertir energía de CC en energía de CA trifásica de acuerdo con una señal de control de conmutación; y un circuito de control de conversión de energía configurado para generar la señal de control de conmutación en base a la tensión de salida de CA trifásica y la corriente de salida de CA trifásica del circuito de conversión de energía. El circuito de control de conversión de energía se configura para calcular una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva en base a una tensión de secuencia de fase positiva de la tensión de salida de CA trifásica y una corriente de secuencia de fase positiva de la corriente de salida de CA trifásica. El circuito de control de conversión de energía se configura para calcular un valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje que es un componente del eje d de la tensión de secuencia de fase negativa, un valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje que es un componente del eje q de la tensión de secuencia de fase negativa, un valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje que es un componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa, y un valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje que es un componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa, al ejecutar la conversión dq de cada uno de un valor medido de la tensión de salida de CA trifásica y un valor medido de la corriente de salida de CA trifásica. El circuito de control de conversión de energía se configura para calcular un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje que es un valor de comando del componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje, calcular un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje que es un valor de comando del componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje, y calcular una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje, el valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje, y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje. El circuito de control de conversión de energía se configura para generar la señal de control de conmutación en base a la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva y la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa.

[Efectos Ventajosos]

La presente solicitud divulga una nueva técnica de cálculo para calcular un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje de un comando del componente del eje d en base a un valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje, y un comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje de un comando del componente del eje q en base a un valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje. Esta técnica de cálculo hace posible generar con precisión una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa para reducir la tensión de secuencia de fase negativa al inyectar una corriente de secuencia de fase negativa.

[Breve descripción de las figuras]

La Figura 1 es un diagrama que ilustra una configuración de un dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización y un sistema de energía conectado a la red que usa el mismo;  
 La Figura 2 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de tensión de un dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con la realización;  
 La Figura 3 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de corriente del dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con la realización;  
 La Figura 4 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de cálculo de señal de control del dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con la realización;  
 La Figura 5 es un diagrama de tiempos para explicar el efecto del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización;  
 La Figura 6 es un diagrama de tiempos para explicar el efecto del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización;

La Figura 7 es un diagrama de tiempos para explicar el efecto del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización;

La Figura 8 es un diagrama de tiempos para explicar el efecto del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización;

5 La Figura 9 es un gráfico para explicar la operación del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización;

La Figura 10 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de tensión de un dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con una modificación de la realización; y

10 La Figura 11 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de corriente del dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con una modificación de la realización.

[Descripción de las Realizaciones]

15 La Figura 1 es un diagrama que ilustra una configuración de un dispositivo de conversión de energía 3 y un sistema de energía conectado a la red 1 que usa el mismo de acuerdo con la realización. Como se ilustra en la Figura 1, el sistema de energía conectado a la red 1 de acuerdo con la realización incluye una fuente de alimentación de CC 2, el dispositivo de conversión de energía 3, un reactor de filtro 5, un condensador de filtro 6, y un reactor de interconexión 8. El sistema de energía conectado a la red 1 se interconecta con una red de energía eléctrica 9.

20 La fuente de alimentación de CC 2 genera energía de CC que consiste en una tensión de CC  $V_{dc}$  y una corriente de CC  $i_{dc}$ . El dispositivo de conversión de energía 3 convierte la energía de CC de la fuente de alimentación de CC 2 en energía de CA trifásica. El dispositivo de conversión de energía 3 se denomina además un sistema acondicionador de energía (PCS). El dispositivo de conversión de energía 3 incluye un circuito de conversión de energía 3a, un circuito de control de conversión de energía 4, y un circuito de PLL 7.

25 El circuito de conversión de energía 3a es un circuito inversor de tipo de tensión trifásica para generar una corriente de salida de CA trifásica  $i_o$  y una tensión de salida de CA trifásica  $v_o$ . El circuito de conversión de energía 3a se construye a partir de una pluralidad de elementos de conmutación semiconductores tal como IGBT o MOSFET. El circuito de conversión de energía 3a se configura para convertir energía de CC en energía de CA trifásica de acuerdo con una señal de control de conmutación  $S_{G\_abc}$ . Dado que el circuito de conversión de energía 3a puede configurarse a partir de varios circuitos inversores conocidos, se omitirá la descripción detallada del mismo.

30 El circuito de control de conversión de energía 4 se configura para generar la señal de control de conmutación  $S_{G\_abc}$  en base a la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$  y la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  generada desde el circuito de conversión de energía 3a, y una señal de fase  $\theta_g$  desde un circuito de PLL 7. La señal de control de conmutación  $S_{G\_abc}$  es una señal de activación de puerta para activar cada uno de los elementos de conmutación semiconductores en el circuito de conversión de energía 3a.

35 El circuito de PLL 7 genera la señal de fase  $\theta_g$ . La señal de fase  $\theta_g$  es una señal para realizar sincronización de fase al detectar un error de fase con respecto a una señal de frecuencia de referencia. La señal de fase  $\theta_g$  es una señal de fase de secuencia de fase positiva  $\theta_g$ . La salida del circuito de PLL 7 produce además una señal de fase de secuencia de fase negativa ( $-\theta_g$ ) que tiene una fase negativa opuesta a la señal de fase de secuencia de fase positiva  $\theta_g$ .

40 Un extremo del reactor de filtro 5 se conecta a un extremo de salida del dispositivo de conversión de energía 3. El reactor de filtro 5 tiene una inductancia  $L_f$ . Un extremo del condensador de filtro 6 se conecta a otro extremo del reactor de filtro 5, y otro extremo del condensador de filtro 6 se conecta a un potencial de referencia tal como un potencial de tierra. El condensador de filtro 6 tiene una capacitancia  $C_f$ .

45 Un extremo del reactor de interconexión 8 se conecta a un punto de conexión entre el reactor de filtro 5 y el condensador de filtro 6. Otro extremo del reactor de interconexión 8 se conecta a la red de energía eléctrica 9. El reactor de interconexión 8 tiene una inductancia  $L_g$ .

50 Aunque no se ilustra en las Figuras, se proporciona un transformador de potencial en el lado de salida del dispositivo de conversión de energía 3. El transformador de potencial convierte (es decir transforma) alta tensión y gran corriente de un circuito de CA en baja tensión y pequeña corriente. El transformador de potencial de acuerdo con la realización incluye un transformador de corriente (CT) para convertir la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ , y un transformador de tensión (VT) para convertir la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$ . La corriente y la tensión convertidas por estos transformadores de potencial se introducen en el circuito de control de conversión de energía 4, y estos se usan como un valor medido de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y un valor medido de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ .

55 Por cierto, una configuración de hardware en la Figura 1 es un ejemplo. Como una modificación, puede incluirse un circuito de filtro de CA de tipo LC formado a partir del reactor de filtro 5 y el condensador de filtro 6 dentro del dispositivo de conversión de energía 3. El circuito de PLL 7 puede proporcionarse fuera del dispositivo de conversión de energía 3.

El sistema de energía conectado a la red 1 de acuerdo con la realización es, por ejemplo, un sistema de generación de energía fotovoltaica, en cuyo caso la fuente de alimentación de CC 2 es una matriz de células fotovoltaicas. Otro ejemplo del sistema de energía conectado a la red 1 es un sistema de almacenamiento de energía (ESS), en cuyo caso la fuente de alimentación de CC 2 puede ser una batería de almacenamiento o una célula de combustible y similares. Otro ejemplo del sistema de energía conectado a la red 1 es un sistema de generación de energía eólica, en cuyo caso la fuente de alimentación de CC 2 incluye un generador eólico y un circuito de conversión de CA/DC (es decir, un convertidor de CA/DC).

En la realización, el sistema de energía conectado a la red 1 se proporciona con una técnica para suprimir una tensión de secuencia de fase negativa cuando se ha producido un cortocircuito desequilibrado 10 como se ilustra en la Figura 1. Los tipos de cortocircuito desequilibrado 10 incluyen un cortocircuito de dos fases que se produce entre las tres fases de UVW y un cortocircuito de falla a tierra en el que una de las tres fases de UVW se conecta a tierra. Además, el cortocircuito de dos fases tiene algunas variaciones en las que dos fases que realizan el cortocircuito en las tres fases de UVW son diferentes. Por lo tanto, el tipo de cortocircuito de dos fases incluye un cortocircuito de fase UV, un cortocircuito de fase VW, y un cortocircuito de fase UW. Una configuración de la red incluye transformadores, líneas de distribución de energía, e impedancias de la red y similares, en un lado de la red de energía eléctrica 9.

La Figura 2 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de tensión 4a en el circuito de control de conversión de energía 4 de acuerdo con la realización. La parte de conversión de tensión 4a incluye un primer bloque de conversión de tensión 4a1, un segundo bloque de conversión de tensión 4a2, y un tercer bloque de conversión de tensión 4a3.

Como se muestra en la Figura 2, el primer bloque de conversión de tensión 4a1 ejecuta una conversión abc/aβ al valor medido de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$ . De esta manera, el primer bloque de conversión de tensión 4a1 convierte una tensión de salida de CA que tiene tres fases (abc) en cada una de una tensión de secuencia de fase positiva de dos fases alfa beta ( $\alpha\beta+$ ) y una tensión de secuencia de fase negativa de dos fases alfa beta ( $\alpha\beta-$ ). Por cierto, cada una de las tres fases abc se asocia con cada uno de los UVW trifásicos como se describió anteriormente.

El segundo bloque de conversión de tensión 4a2 genera una tensión de secuencia de fase positiva de dos fases (dq+) al aplicar la conversión  $\alpha\beta/dq$  a la tensión de secuencia de fase positiva de dos fases ( $\alpha\beta+$ ) en base a la señal de fase de secuencia de fase positiva ( $\theta g$ ).

El tercer bloque de conversión de tensión 4a3 genera una tensión de secuencia de fase negativa de dos fases (dq-) al aplicar la conversión  $\alpha\beta/dq$  a la tensión de secuencia de fase negativa de dos fases ( $\alpha\beta-$ ) en base a la señal de fase de secuencia de fase negativa ( $-\theta g$ ).

Como se describe además en la Figura 2, una tensión de secuencia de fase positiva  $v_{o\_dq+}$  generada desde el segundo bloque de conversión de tensión 4a2 se representa por la siguiente ecuación (1). La tensión de secuencia de fase positiva  $v_{o\_dq+}$  es una señal que consiste en un par de  $v_{o\_d+}$  y  $v_{o\_q+}$ .  $v_{o\_d+}$  es un valor de tensión de secuencia de fase positiva del primer eje que es un componente del eje d de la tensión de secuencia de fase positiva.  $v_{o\_q+}$  es un valor de tensión de secuencia de fase positiva del segundo eje que es un componente del eje q de la tensión de secuencia de fase positiva.

[Expresión 1]

$$v_{o\_dq+} = (v_{o\_d+} , v_{o\_q+}) \cdots (1)$$

Además, una tensión de secuencia de fase negativa  $v_{o\_dq-}$  generada desde el tercer bloque de conversión de tensión 4a3 se representa además por la siguiente ecuación (2). La tensión de secuencia de fase negativa  $v_{o\_dq-}$  es una señal que consiste en un par de  $v_{o\_d-}$  y  $v_{o\_q-}$ .  $v_{o\_d-}$  es un valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje que es un componente del eje d de la tensión de secuencia de fase negativa.  $v_{o\_q-}$  es un valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje que es un componente del eje q de la tensión de secuencia de fase negativa.

[Expresión 2]

$$v_{o\_dq-} = (v_{o\_d-} , v_{o\_q-}) \cdots (2)$$

La Figura 3 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de corriente 4b en el circuito de control de conversión de energía 4 de acuerdo con la realización. La parte de conversión de corriente 4b incluye un primer bloque de conversión de corriente 4b1, un segundo bloque de conversión de corriente 4b2, y un tercer bloque de conversión de corriente 4b3.

Como se muestra en la Figura 3, el primer bloque de conversión de corriente 4b1 ejecuta una conversión abc/aβ a

los valores medidos de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ . De esta manera, el primer bloque de conversión de corriente 4b1 convierte una corriente de salida de CA que tiene tres fases (abc) en cada una de una corriente de secuencia de fase positiva de dos fases alfa beta ( $\alpha\beta^+$ ) y una corriente de secuencia de fase negativa de dos fases alfa beta ( $\alpha\beta^-$ ).

5 El segundo bloque de conversión de corriente 4b2 genera una corriente de secuencia de fase positiva de dos fases  $i_{o\_dq^+}$  al aplicar la conversión  $\alpha\beta/dq$  a la corriente de secuencia de fase positiva de dos fases ( $\alpha\beta^+$ ) en base a una señal de fase de secuencia de fase positiva ( $\theta_g$ ).

10 El tercer bloque de conversión de corriente 4b3 genera una corriente de secuencia de fase negativa de dos fases  $i_{o\_dq^-}$  al aplicar la conversión  $\alpha\beta/dq$  a la corriente de fase negativa de dos fases ( $\alpha\beta^-$ ) en base a la señal de fase de secuencia de fase negativa ( $-\theta_g$ ).

15 Como se describe además en la Figura 3, la corriente de secuencia de fase positiva  $i_{o\_dq^+}$  generada desde el segundo bloque de conversión de corriente 4b2 se representa por la siguiente ecuación (3), que es una señal que consiste en un par de  $i_{o\_d^+}$  e  $i_{o\_q^+}$ .  $i_{o\_d^+}$  es un valor de corriente de secuencia de fase positiva del primer eje que es un componente del eje d de la corriente de secuencia de fase positiva.  $i_{o\_q^+}$  es un valor de corriente de secuencia de fase positiva del segundo eje que es un componente del eje q de la corriente de secuencia de fase positiva.

20 [Expresión 3]

$$i_{o\_dq^+} = (i_{o\_d^+}, i_{o\_q^+}) \quad \dots (3)$$

25 Además, la corriente de secuencia de fase negativa  $i_{o\_dq^-}$  generada desde el tercer bloque de conversión de corriente 4b3 se representa además por la siguiente ecuación (3), que es una señal que consiste en un par de  $i_{o\_d^-}$  e  $i_{o\_q^-}$ .  $i_{o\_d^-}$  es un valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje que es un componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa.  $i_{o\_q^-}$  es un valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje que es un componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa.

30 [Expresión 4]

$$i_{o\_dq^-} = (i_{o\_d^-}, i_{o\_q^-}) \quad \dots (4)$$

35 Como puede verse en las Figuras 2 y 3, cada una de la parte de conversión de tensión 4a y la parte de conversión de corriente 4b ejecutan una conversión dq a cada uno del valor medido de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y el valor medido de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ , y de esta manera una pluralidad de valores de salida ( $v_{o\_d^+}$ ,  $v_{o\_q^+}$ ,  $v_{o\_d^-}$ ,  $v_{o\_q^-}$ ,  $i_{o\_d^+}$ ,  $i_{o\_q^+}$ ,  $i_{o\_d^-}$ , e  $i_{o\_q^-}$ ) se calculan.

40 La Figura 4 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de cálculo de señal de control 4c en el dispositivo de control de conversión de energía de acuerdo con la realización. La parte de cálculo de señal de control 4c incluye un bloque de control de secuencia de fase positiva 4c1, un bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2, y un bloque generador de señal de puerta 4c3.

45 El bloque de control de secuencia de fase positiva 4c1 calcula una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica  $i_{r\_ref\_abc^+}$  en base a la tensión de secuencia de fase positiva de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y la corriente de secuencia de fase positiva de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$  cada una recibida desde la parte de conversión de tensión 4a y la parte de conversión de corriente 4b. El bloque de control de secuencia de fase positiva 4c1 incluye un bloque de control de MPPT 41, un bloque sustractor 42, un bloque de control de tensión de CC 43, un bloque de control de energía 44, y un primer bloque de conversión inversa 45.

50 El bloque de control de MPPT 41 ejecuta un control de seguimiento del punto de energía máxima para maximizar la energía eléctrica de la matriz de células fotovoltaicas de la fuente de alimentación de CC 2. En la realización, aunque se proporciona el bloque de control de MPPT 41 debido a que se supone que la fuente de alimentación de CC 2 sea una matriz de células fotovoltaicas, el bloque de control de MPPT 41 puede no proporcionarse si la fuente de alimentación de CC 2 es otra fuente de alimentación de CC distinta de una matriz de células fotovoltaicas.

55 El bloque sustractor 42 calcula la diferencia entre una señal de salida del bloque de control de MPPT 41 y una tensión de CC  $V_{dc}$  de la fuente de alimentación de CC 2. El bloque de control de tensión de CC 43 ejecuta el control de tensión de CC en base a una señal de salida del bloque sustractor 42.

60 El bloque de control de energía 44 calcula una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva de dos fases  $i_{r\_ref\_dq^+}$  en base a una señal de salida del bloque de control de tensión de CC 43, un valor de comando de energía reactiva  $Q_{ref}$ , una señal de salida de la parte de conversión de tensión 4a, y una señal de salida de la parte de conversión de corriente 4b.

65 El primer bloque de conversión inversa 45 ejecuta una conversión de dos fases/trifásica (es decir una conversión

dq/abc) con respecto a la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva de dos fases  $i_{f\_ref\_dq+}$ . El primer bloque de conversión inversa 45 se configura para calcular una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica  $i_{f\_ref\_abc+}$  al ejecutar la transformación dq/abc.

5 El bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 calcula una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica  $i_{f\_ref\_abc-}$  en base a la tensión de secuencia de fase negativa de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y la corriente de secuencia de fase negativa de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$  que se reciben respectivamente desde la parte de conversión de tensión 4a y la parte de conversión de corriente 4b. El bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 incluye un bloque generador de referencia de corriente de secuencia de fase negativa 46, un bloque sustractor 47, un primer bloque de control de retroalimentación 48, y un segundo bloque de conversión inversa 49.

15 El bloque generador de referencia de corriente de secuencia de fase negativa 46 calcula una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa de dos fases  $i_{o\_ref\_dq-}$ , específicamente al ejecutar el procesamiento aritmético definido por las siguientes fórmulas (5) a (7) que se describen además en la Figura 4. La señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa de dos fases  $i_{o\_ref\_dq-}$  consiste en un par de un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o\_ref\_d-}$  y un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o\_ref\_q-}$  como se describe en la Ecuación (5) a continuación.

20 [Expresión 5]

$$i_{o\_ref\_dq-} = (i_{o\_ref\_d-}, i_{o\_ref\_q-}) \quad \dots (5)$$

25 El bloque generador de referencia de corriente de secuencia de fase negativa 46 calcula un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o\_ref\_d-}$  que es un comando del componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje  $v_{o\_q-}$ . Este cálculo se expresa por la siguiente ecuación (6).

30 [Expresión 6]

$$i_{o\_ref\_d-} = -k \times v_{o\_q-} \quad \dots (6)$$

35 Además, el bloque generador de referencia de corriente de secuencia de fase negativa 46 calcula un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o\_ref\_q-}$  que es un comando del componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje  $v_{o\_d-}$ . Este cálculo se expresa por la siguiente ecuación (7).

[Expresión 7]

40 
$$i_{o\_ref\_q-} = +k \times v_{o\_d-} \quad \dots (7)$$

45 En la Ecuación (6) anterior, el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del componente del eje d se genera a partir del valor de tensión de secuencia de fase negativa del componente del eje q. Por otro lado, en la Ecuación (7), el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del componente del eje q se genera a partir del valor de tensión de secuencia de fase negativa del componente del eje d. La técnica en la que el componente del eje d y el componente del eje q se asocian entre sí en la operación de procesamiento es una de las características de la realización. Además, en la realización, hay una diferencia la Expresión (6) incluye un coeficiente de k menos mientras que la Expresión (7) incluye un coeficiente de k más. Por cierto, el coeficiente k es un coeficiente predeterminado. El coeficiente k puede ser el mismo valor numérico en la Ecuación (6) y la Ecuación (7), y el coeficiente k en la Ecuación (6) y el coeficiente k en la Ecuación (7) pueden tener diferentes magnitudes entre sí de modo que uno puede ser más grande que el otro.

55 La Figura 9 es un gráfico para explicar la operación del dispositivo de conversión de energía 3 de acuerdo con la realización. La Figura 9 ilustra la tensión de secuencia de fase positiva  $v_{o\_dq+}$ , e ilustra además un estado en el que el componente del eje q  $v_{o\_q+}$  es cero. Con referencia a la Figura 9, dado que se genera una fase de referencia en base a la tensión de secuencia de fase positiva  $v_{o\_dq+}$  mediante el circuito de PLL 7, puede reconocerse que tanto el componente del eje d como el componente del eje q de la tensión de secuencia de fase negativa  $v_{o\_dq-}$  tienen un valor distinto de cero. Una fase  $\theta_s$  de la tensión de secuencia de fase negativa  $v_{o\_dq-}$  puede variar en función del tipo de cortocircuito desequilibrado y la configuración de la red (ver, por ejemplo,  $\theta_{s1}$  y  $\theta_{s2}$  en la Figura 9).

60 El bloque sustractor 47 calcula la diferencia entre la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa de dos fases  $i_{o\_ref\_dq-}$  y la corriente de secuencia de fase negativa de dos fases  $i_{o\_dq-}$ . Específicamente, el bloque sustractor 47 calcula la diferencia entre el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o\_ref\_d-}$  y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o\_d-}$ . Al mismo tiempo, el bloque sustractor 47 calcula la diferencia entre el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o\_ref\_q-}$  y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o\_q-}$ .

El primer bloque de control de retroalimentación 48 se configura para ejecutar el control de retroalimentación a una señal de salida de dos fases desde el bloque sustractor 47. El primer bloque de control de retroalimentación 48 de acuerdo con la realización se configura para ejecutar el control integral proporcional (control PI), como un ejemplo. Como modificación, el primer bloque de control de retroalimentación 48 puede ejecutar otro control de retroalimentación conocido tal como control P, control D, control I, control PD, o control PID y similares.

El segundo bloque de conversión inversa 49 ejecuta una conversión de dos fases/trifásica (es decir, conversión dq/abc) a la señal de comando de corriente de fase negativa de dos fases  $i_{f\_ref\_dq}$ - después del control de retroalimentación generado desde el primer bloque de control de retroalimentación 48 en base a la señal de fase de secuencia de fase negativa ( $-\theta_g$ ). El segundo bloque de conversión inversa 49 se configura para calcular una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica  $i_{f\_ref\_abc}$ - al ejecutar esta conversión dq/abc.

El bloque generador de señal de puerta 4c3 se configura para generar la señal de control de conmutación  $S_{G\_abc}$  en base a la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica  $i_{f\_ref\_abc+}$  y la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica  $i_{f\_ref\_abc-}$ . El bloque generador de señal de puerta 4c3 incluye un bloque de adición 50, y un bloque sustractor 51, un segundo bloque de control de retroalimentación 52, y un bloque generador de señal PWM 53.

El bloque de adición 50 adiciona la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica  $i_{f\_ref\_abc+}$  y la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica  $i_{f\_ref\_abc-}$ . El bloque sustractor 51 calcula la diferencia entre la salida del bloque de adición 50 y un valor de corriente de salida de CA trifásica  $i_{f\_abc}$  que fluye a través del reactor de filtro 5. El valor de corriente de salida de CA trifásica  $i_{f\_abc}$  es un valor adquirido a partir del valor de corriente de salida ( $i$ ) del circuito de conversión de energía 3a en la Figura 1 al proporcionar un transformador de corriente (CT) no ilustrado en el mismo.

El segundo bloque de control de retroalimentación 52 se configura para ejecutar el control de retroalimentación a una señal de salida trifásica desde el bloque sustractor 51. El segundo bloque de control de retroalimentación 52 de acuerdo con la realización se configura para ejecutar el control proporcional (control P), como un ejemplo. Como una modificación, el segundo bloque de control de retroalimentación 52 puede ejecutar otro control de retroalimentación conocido tal como control D, control I, control PI, control PD, o control PID y similares.

El bloque generador de señal PWM 53 genera la señal de control de conmutación  $S_{G\_abc}$  como una señal de activación de puerta de cada elemento de conmutación semiconductor en el circuito de conversión de energía 3a en base a la señal de salida trifásica del segundo bloque de control de retroalimentación 52.

En el caso de que un dispositivo de conversión de energía fotovoltaica no tenga un sistema de batería, es habitual que la energía activa fluya sólo hacia un lado de una red de energía eléctrica y la energía activa no fluya en la dirección opuesta. Además, el software DSP (Procesador de señal digital) a menudo se proporciona sólo con el bloque de control de secuencia de fase positiva 4c1 para controlar sólo la corriente de secuencia de fase positiva.

En la realización, el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 se proporciona para abordar el cortocircuito desequilibrado descrito anteriormente. Una nueva idea técnica encontrada por el presente inventor es tal que la corriente de secuencia de fase negativa del eje d puede suprimir la tensión de secuencia de fase negativa del eje q mientras que la corriente de secuencia de fase negativa del eje q puede suprimir la tensión de secuencia de fase negativa del eje d.

En base a esta nueva idea técnica, la configuración del dispositivo en la realización implementa una técnica de cálculo en la que el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o\_ref\_d-}$ - del comando del componente del eje d se calcula en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje  $v_{o\_q-}$ - del componente del eje q mientras que el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o\_ref\_q-}$ - del comando del componente del eje q se calcula en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje  $v_{o\_d-}$ - del componente del eje d. Esta técnica de cálculo hace posible calcular con precisión la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica  $i_{f\_ref\_abc-}$  al reducir la tensión de secuencia de fase negativa al inyectar la corriente de secuencia de fase negativa.

Las Figuras 5 a 8 son diagramas de tiempos para explicar los efectos del dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la realización. Cuando se produce el cortocircuito desequilibrado 10 (denominado además falla de desequilibrio) en el sistema de energía conectado a la red 1 como se describe en la Figura 1, la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o\_dq}^-$  aumenta como se ilustra en la Figura 5. Por cierto, la tensión de secuencia de fase positiva  $V_{o\_dq}^+$  y la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o\_dq}^-$  en la Figura 5 son valores calculados por las siguientes ecuaciones (8) y la ecuación (9).

[Expresión 8]

$$V_{o_{dq}}^+ = \sqrt{(v_{o_{d+}})^2 + (v_{o_{q+}})^2} \quad \dots (8)$$

[Expresión 9]

$$V_{o_{dq}}^- = \sqrt{(v_{o_{d-}})^2 + (v_{o_{q-}})^2} \quad \dots (9)$$

Un eje horizontal en las Figuras 5 a 8 representa el tiempo, cada punto de tiempo t1, ta y t2 es común en las Figuras 5 a 8, y el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 comienza a operar en el punto de tiempo ta.

Cada una de las Figuras 5 a 8 ilustra la operación en la que el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 se conmuta de apagado a encendido, y de esta manera cada una de las Figuras 5 a 8 ilustra la diferencia en los efectos debido a la activación o inactivación del bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2, por conveniencia. Por lo tanto, el control se conmuta en el tiempo ta desde un período inactivado de control de secuencia de fase negativa hasta un período activado de control de secuencia de fase negativa.

En las realizaciones, el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 puede activarse constantemente, lo que exhibe constantemente de esta manera los efectos de "activación de control de fase inversa". Por cierto, la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o_{dq}}$  aumenta debido a la ocurrencia del cortocircuito desequilibrado en cada uno del tiempo t1 y el tiempo t2 en las Figuras 5 a 8, y posteriormente la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o_{dq}}$  cae después de que ha transcurrido un tiempo predeterminado, debido a que esta es una forma de onda de simulación para explicar los efectos. En la práctica, la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o_{dq}}$  aumenta debido a la ocurrencia del cortocircuito desequilibrado, y posteriormente la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o_{dq}}$  se mantiene, hasta que se elimina el cortocircuito desequilibrado, a menos que se tome alguna contramedida.

En la realización, el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2 de acuerdo con la realización se activa cuando se produce el cortocircuito desequilibrado. Al activar el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2, se inyecta cada corriente de secuencia de fase negativa del eje d y el eje q.

La corriente de secuencia de fase negativa se inyecta por el bloque de control de secuencia de fase negativa 4c2, y de esta manera la corriente de secuencia de fase negativa aumenta por  $\Delta i$  como se muestra en la Figura 7 cuando el control de secuencia de fase negativa se activa, en comparación con el estado inactivado del control de secuencia de fase negativa. La corriente de secuencia de fase negativa que tiene una magnitud de  $\Delta i$  se inyecta por la activación del control de secuencia de fase negativa en la Figura 7, y de esta manera es posible reducir la tensión de secuencia de fase negativa  $V_{o_{dq}}$  por  $\Delta V$  como se muestra en la Figura 5 cuando el control de secuencia de fase negativa se habilita, en comparación con el estado inactivado del control de secuencia de fase negativa.

Cuando la tensión de secuencia de fase negativa aumenta por el cortocircuito desequilibrado, hay un problema de que se produce un desequilibrio de tensión trifásica de modo que cada amplitud de cada fase en la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  es muy diferente entre sí. La realización puede suprimir la tensión de secuencia de fase negativa en el tiempo de ocurrencia del cortocircuito desequilibrado, y por lo tanto es posible suprimir tal desequilibrio de tensión trifásica.

Por cierto, la Figura 6 ilustra un caso en el que un signo positivo/negativo es diferente entre el componente del eje d y el componente del eje q de la tensión de secuencia de fase negativa y los valores absolutos de los mismos son diferentes entre sí, como un ejemplo. Sin embargo, pueden producirse otros casos en función de un modo del cortocircuito desequilibrado. Además, la Figura 8 ilustra un caso en el que el signo positivo/negativo es común en el componente del eje d y el componente del eje q de la corriente eléctrica de fase negativa y los valores absolutos de los mismos son diferentes entre sí. Sin embargo, pueden producirse otros casos en función de un modo del cortocircuito desequilibrado.

El circuito de control de conversión de energía 4 de acuerdo con la realización ejecuta dos tipos de cálculo de acuerdo con las ecuaciones (6) y (7) anteriores. Al menos uno de los cálculos del primer cálculo y el segundo cálculo se ejecuta preferentemente. El primer cálculo de los dos tipos de cálculo se configura para aumentar un valor absoluto del valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje  $i_{o_{ref-q}}$  de acuerdo con la ecuación (7) anterior a medida que el valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje  $v_{o_{d-}}$  aumenta.

El segundo cálculo de los dos tipos de cálculo se configura para aumentar un valor absoluto del valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o_{ref-d}}$  de acuerdo con la ecuación (6) anterior a medida que el valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje  $v_{o_{q-}}$  aumenta. Sin embargo, en el lado derecho de la ecuación (6), se multiplica el coeficiente k menos. Por lo tanto, la ecuación (6) calcula un valor del valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje  $i_{o_{ref-d}}$  de modo que aumenta hacia un lado negativo a medida que el valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje  $v_{o_{q-}}$  aumenta.

En la realización, el circuito de control de conversión de energía 4 se configura preferentemente para ejecutar la

"operación de filtro" para aplicar la conversión dq a cada uno del valor medido de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y el valor medido de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ . La operación de filtro es la operación para suprimir que un segundo componente armónico de una frecuencia de la red se incluye en una señal convertida dq.

5 En la realización, el circuito de control de conversión de energía 4 puede ejecutar la "operación de filtro" anterior de manera que se extrae un componente de secuencia de fase negativa del eje  $\alpha\beta$  al aplicar la conversión  $\alpha\beta$  a cada uno del valor medido de la tensión de salida de CA trifásica  $v_o$  y el valor medido de la corriente de salida de CA trifásica  $i_o$ , y posteriormente se aplica la conversión dq al componente de secuencia de fase negativa del eje  $\alpha\beta$ . Esto es debido a que el segundo armónico puede eliminarse al interponer la conversión trifásica/ $\alpha\beta$ .

10 La Figura 10 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de tensión 4aa en el circuito de control de conversión de energía 4 de acuerdo con una modificación de la realización. La Figura 11 es un diagrama que ilustra una configuración de una parte de conversión de corriente 4bb en el circuito de control de conversión de energía 4 de acuerdo con una modificación de la realización.

15 El circuito de control de conversión de energía 4 puede incluir filtros de parada de banda 4aa2, 4bb2 cada uno que realiza la "operación de filtro" descrita anteriormente. Como se muestra en la Figura 10, la parte de conversión de tensión 4aa de acuerdo con la modificación puede incluir un bloque de conversión de tensión 4aa1 y el filtro de parada de banda 4aa2. Como se muestra en la Figura 11, la parte de conversión de corriente 4bb de acuerdo con la modificación puede incluir un bloque de conversión de corriente 4bb1 y el filtro de parada de banda 4bb2.

20 El filtro de parada de banda 4aa2 y el filtro de parada de banda 4bb2 son filtros que no deben pasar el segundo armónico de una frecuencia de tensión de la red. El segundo armónico que no debe pasarse es una frecuencia dos veces mayor que la frecuencia de tensión de la red. Específicamente, el segundo armónico que no debe pasarse es, por ejemplo, una señal que tiene una frecuencia de 100 Hz a 120 Hz si la frecuencia de tensión de la red es de 50 Hz a 60 Hz y similares.

[Lista de signos de referencia]

- 30 1 Sistema de energía eléctrica de conexión a la red  
 2 Fuente de alimentación de CC  
 3 Dispositivo de conversión de energía  
 3a Circuito de conversión de energía  
 4 Circuito de control de conversión de energía  
 35 4a, 4aa Pieza de conversión de tensión  
 4a1 Primer bloque de conversión de tensión  
 4a2 Segundo bloque de conversión de tensión  
 4a3 Tercer bloque de conversión de tensión  
 4aa1 Bloque de conversión de tensión  
 40 4aa2 Filtro de parada de banda  
 4b, 4bb Pieza de conversión de corriente  
 4b1 Primer bloque de conversión de corriente  
 4b2 Segundo bloque de conversión de corriente  
 4b3 Tercer bloque de conversión de corriente  
 45 4bb1 Bloque de conversión de corriente  
 4bb2 Filtro de parada de banda  
 4c Pieza de cálculo de señal de control  
 4c1 Bloque de control de secuencia de fase positiva  
 4c2 Bloque de control de secuencia de fase negativa  
 50 4c3 Bloque generador de señal de puerta  
 5 Reactor de filtro  
 6 Condensador de filtro  
 7 Circuito de PLL  
 8 Reactor de interconexión  
 55 9 Red de energía eléctrica  
 10 Cortocircuito desequilibrado  
 41 Bloque de control de MPPT  
 42, 47, 51 Bloque sustractor  
 43 Bloque de control de tensión de CC  
 60 44 Bloque de control de energía  
 45 Primer bloque de conversión inversa  
 46 Bloque generador de referencia de corriente de secuencia de fase negativa  
 48 Primer bloque de control de retroalimentación  
 49 Segundo bloque de conversión inversa  
 65 50 Bloque de adición  
 52 Segundo bloque de control de retroalimentación

53 Bloque generador de señal PWM

	Valor de corriente de salida de CA trifásica $i_{f\_abc}$
	Señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica $i_{f\_ref\_abc+}$
	Señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica $i_{f\_ref\_abc-}$
5	Señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva de dos fases $i_{f\_ref\_dq+}$
	Señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa de dos fases $i_{f\_ref\_dq-}$
	Corriente de salida de CA trifásica $i_o$
	Corriente de secuencia de fase positiva de dos fases $i_{o\_dq+}$
	Corriente de secuencia de fase negativa de dos fases $i_{o\_dq-}$
10	Corriente de secuencia de fase positiva del primer eje $i_{o\_d+}$
	Corriente de secuencia de fase positiva del segundo eje $i_{o\_q+}$
	Corriente de secuencia de fase negativa del primer eje $i_{o\_d-}$
	Corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje $i_{o\_q-}$
	Señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa $i_{o\_ref\_dq-}$
15	Valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje $i_{o\_ref\_d-}$
	Valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje $i_{o\_ref\_q-}$
	Señal de control de conmutación $S_{G\_abc}$
	Tensión de CC $V_{dc}$
	Tensión de salida de CA trifásica $v_o$
20	Tensión de secuencia de fase positiva $v_{o\_dq+}$
	Tensión de secuencia de fase negativa $v_{o\_dq-}$
	Tensión de secuencia de fase positiva del primer eje $v_{o\_d+}$
	Tensión de secuencia de fase positiva del segundo eje $v_{o\_q+}$
	Tensión de secuencia de fase negativa del primer eje $v_{o\_d-}$
25	Tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje $v_{o\_q-}$
	Señal de fase de secuencia de fase positiva $\theta_g$
	Señal de fase de secuencia de fase negativa $-\theta_g$
	Fase $\theta_s$

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de conversión de energía que comprende:

5 un circuito de conversión de energía (3a) configurado para convertir energía de CC en energía de CA trifásica de acuerdo con una señal de control de conmutación ( $S_{G\_abc}$ ); y  
 un circuito de control de conversión de energía (4) configurado para generar la señal de control de conmutación ( $S_{G\_abc}$ ) en base a la tensión de salida de CA trifásica ( $v_o$ ) y la corriente de salida de CA trifásica ( $i_o$ ) del circuito de conversión de energía (3a), que comprende una parte de conversión de tensión (4a), una  
 10 parte de conversión de corriente (4b) y una parte de cálculo de señal de control (4c),  
 en el que  
 la parte de conversión de tensión (4a) se configura para calcular

15 una tensión de secuencia de fase positiva ( $v_{o\_dq+}$ ) que consiste en una tensión de secuencia de fase positiva de primer eje ( $v_{o\_d+}$ ) que es un componente del eje d de la tensión de secuencia de fase positiva y un valor de tensión de secuencia de fase positiva del segundo eje ( $v_{o\_g+}$ ) que es un componente del eje q de la tensión de secuencia de fase positiva, y  
 una tensión de secuencia de fase negativa ( $v_{o\_dq-}$ ) que consiste en una tensión de secuencia de fase negativa del primer eje ( $v_{o\_d-}$ ) que es un componente del eje d de la tensión de secuencia de fase negativa  
 20 y un valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $v_{o\_g-}$ ) que es un componente del eje q de la tensión de secuencia de fase negativa, al ejecutar la conversión dq de un valor medido de la tensión de salida de CA trifásica ( $v_o$ ),

la parte de conversión de corriente (4b) se configura para calcular

25 una corriente de secuencia de fase positiva ( $i_{o\_dq+}$ ) que consiste en un valor de corriente de secuencia de fase positiva del primer eje ( $i_{o\_d+}$ ) que es un componente del eje d de la corriente de secuencia de fase positiva y un valor de corriente de secuencia de fase positiva del segundo eje ( $i_{o\_q+}$ ) que es un componente del eje q de la corriente de secuencia de fase positiva, y  
 30 una corriente de secuencia de fase negativa ( $i_{o\_dq-}$ ) que consiste en un valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_d-}$ ) que es un componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa y un valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_q-}$ ) que es un componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa, al ejecutar la conversión dq de un valor medido de la corriente de salida de CA trifásica ( $i_o$ ),

35 la parte de cálculo de señal de control (4c) comprende un bloque de control de secuencia de fase positiva (4c1), un bloque de control de secuencia de fase negativa (4c2) y un bloque generador de señal de puerta (4c3),  
 el bloque de control de secuencia de fase positiva (4c1) se configura para calcular

40 una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva de dos fases ( $i_{f\_ref\_dq+}$ ) en base a la tensión de secuencia de fase positiva ( $v_{o\_dq+}$ ) de la tensión de salida de CA trifásica ( $v_o$ ), la corriente de secuencia de fase positiva ( $i_{o\_dq+}$ ) de la corriente de salida de CA trifásica ( $i_o$ ), una tensión de CC ( $V_{dc}$ ) de la energía de CC y un comando de energía reactiva ( $Q_{ref}$ ), y

45 una señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica ( $i_{f\_ref\_abc+}$ ) en base a la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva de dos fases ( $i_{f\_ref\_dq+}$ ),  
 el bloque generador de señal de puerta (4c3) se configura para generar la señal de control de conmutación ( $S_{G\_abc}$ ) en base a la señal de comando de corriente de secuencia de fase positiva trifásica ( $i_{f\_ref\_abc+}$ ) y una señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica ( $i_{f\_refabc-}$ ),  
 50 y caracterizado porque:

el bloque de control de secuencia de fase negativa (4c2) se configura para activarse para reducir la tensión de salida de secuencia de fase negativa tras la ocurrencia de un cortocircuito desequilibrado en un lado de salida del dispositivo de conversión de energía, y para calcular

55 un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_ref\_d-}$ ) que es un valor de comando del componente del eje d de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $v_{o\_q-}$ ),

un valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_ref\_q-}$ ) que es un valor de comando del componente del eje q de la corriente de secuencia de fase negativa en base al valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje ( $v_{o\_d-}$ ),

60 una diferencia entre el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_ref\_d-}$ ) y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_d-}$ ),  
 una diferencia entre el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_ref\_q-}$ ) y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_q-}$ ), y

65 la señal de comando de corriente de secuencia de fase negativa trifásica ( $i_{f\_ref\_abc-}$ ) en base a la diferencia entre el valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_ref\_d-}$ ) y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_d-}$ ) y la diferencia entre el valor de comando de

corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_ref\_q-}$ ) y el valor de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_q-}$ ).

- 5
2. El dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la reivindicación 1,
- en el que el circuito de control de conversión de energía (4) se configura para ejecutar al menos una operación de la primera operación y la segunda operación,
- en el que la primera operación es aumentar un valor absoluto del valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $i_{o\_ref\_q-}$ ) a medida que el valor de tensión de secuencia de fase negativa del primer eje ( $v_{o\_d-}$ ) aumenta, y
- 10 en el que la segunda operación es aumentar un valor absoluto del valor de comando de corriente de secuencia de fase negativa del primer eje ( $i_{o\_ref\_d-}$ ) a medida que el valor de tensión de secuencia de fase negativa del segundo eje ( $v_{o\_q-}$ ) aumenta.
- 15
3. El dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
- en el que el circuito de control de conversión de energía (4) se configura para ejecutar la operación de filtro para suprimir la inclusión de un segundo componente armónico de una frecuencia de la red en una señal convertida dq cuando se aplica la conversión dq a cada uno de un valor medido de la tensión de salida de CA trifásica ( $v_o$ ) y un valor medido de la corriente de salida de CA trifásica ( $i_o$ ).
- 20
4. El dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la reivindicación 3,
- en el que el circuito de control de conversión de energía (4) se configura para ejecutar la operación de filtro de manera que se extrae un componente de secuencia de fase negativa del eje  $\alpha\beta$  al aplicar la conversión  $\alpha\beta$  a cada uno del valor medido de la tensión de salida de CA trifásica ( $v_o$ ) y el valor medido de la corriente de salida de CA trifásica ( $i_o$ ), y posteriormente se aplica la conversión dq al componente de secuencia de fase negativa del eje  $\alpha\beta$ .
- 25
5. El dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la reivindicación 3,
- en el que el circuito de control de conversión de energía (4) incluye un filtro de parada de banda (4aa2, 4bb2) para realizar la operación de filtro.
- 30

FIGURA 1

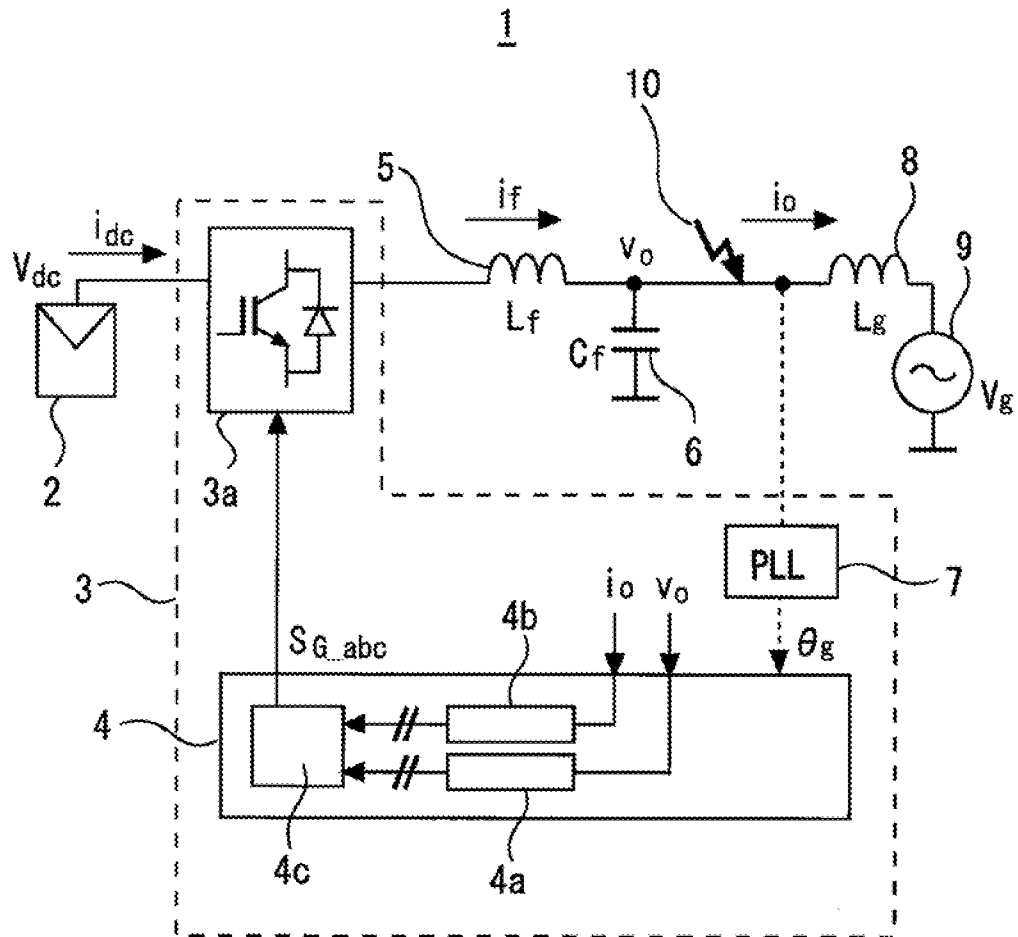


FIGURA 2

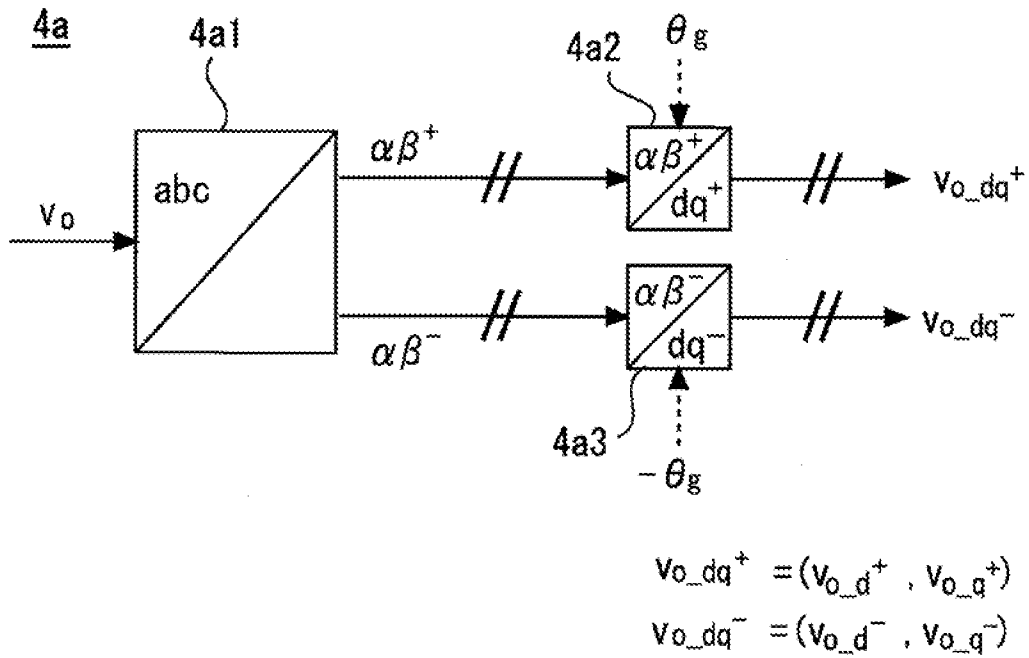


FIGURA 3

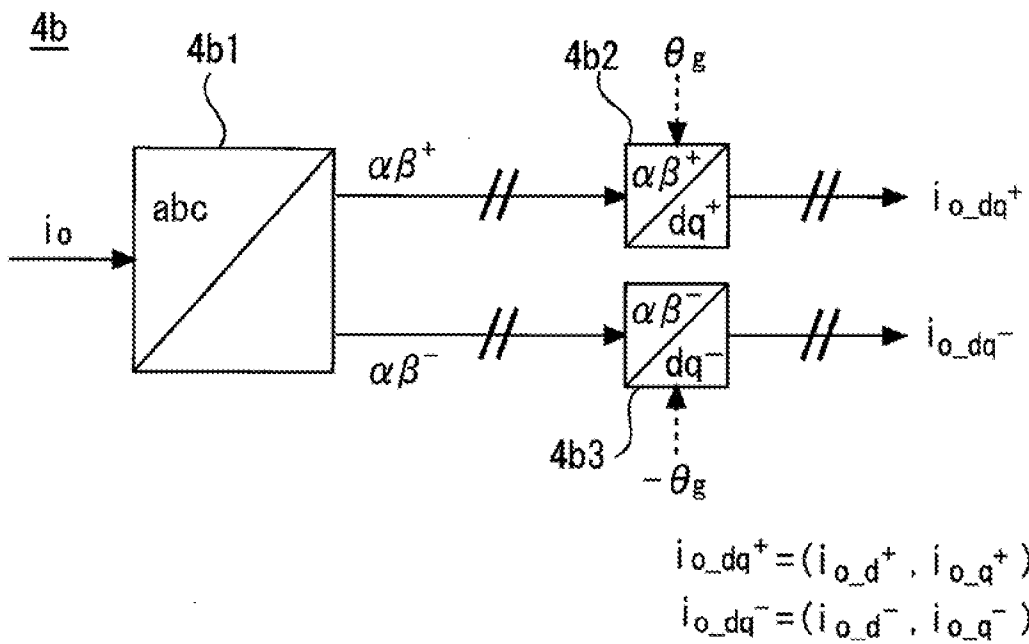


FIGURA 4

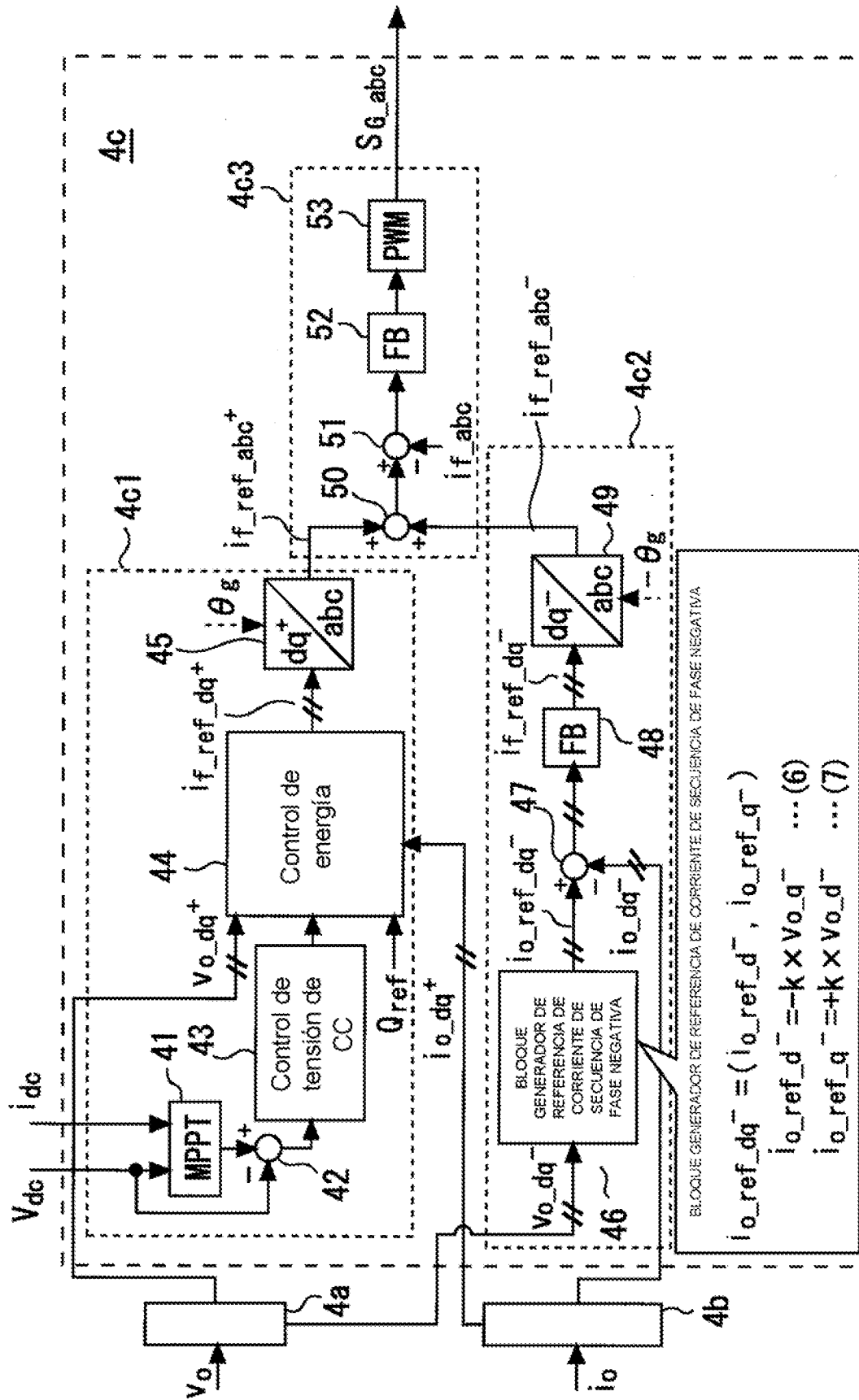




FIGURA 7

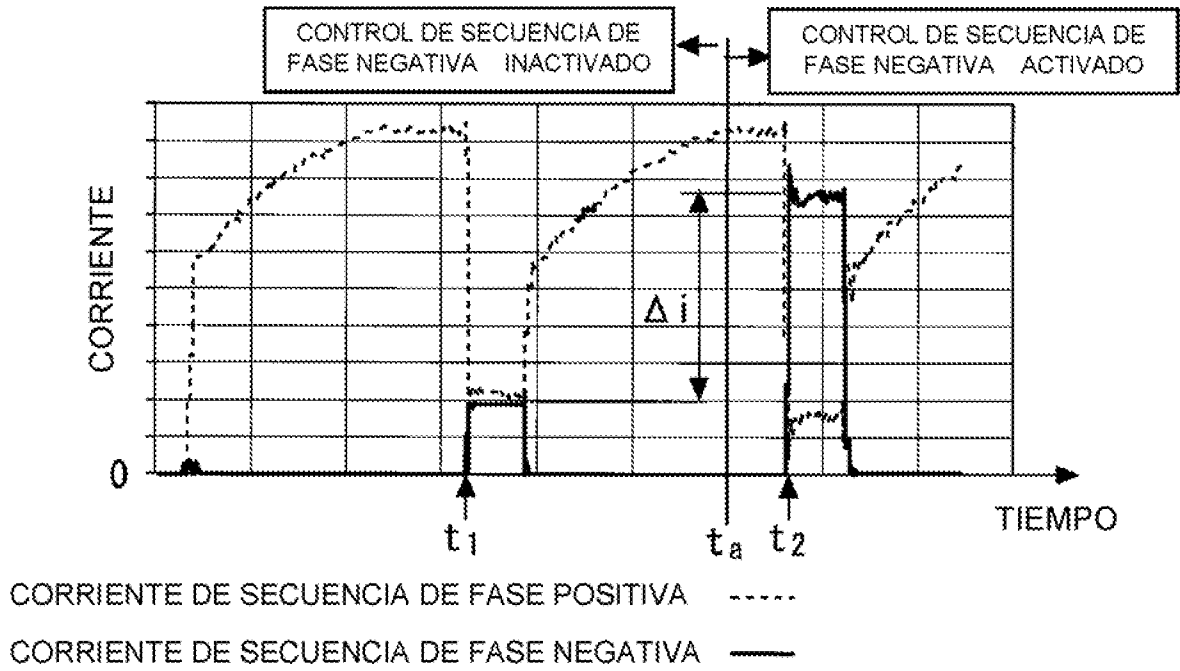


FIGURA 8

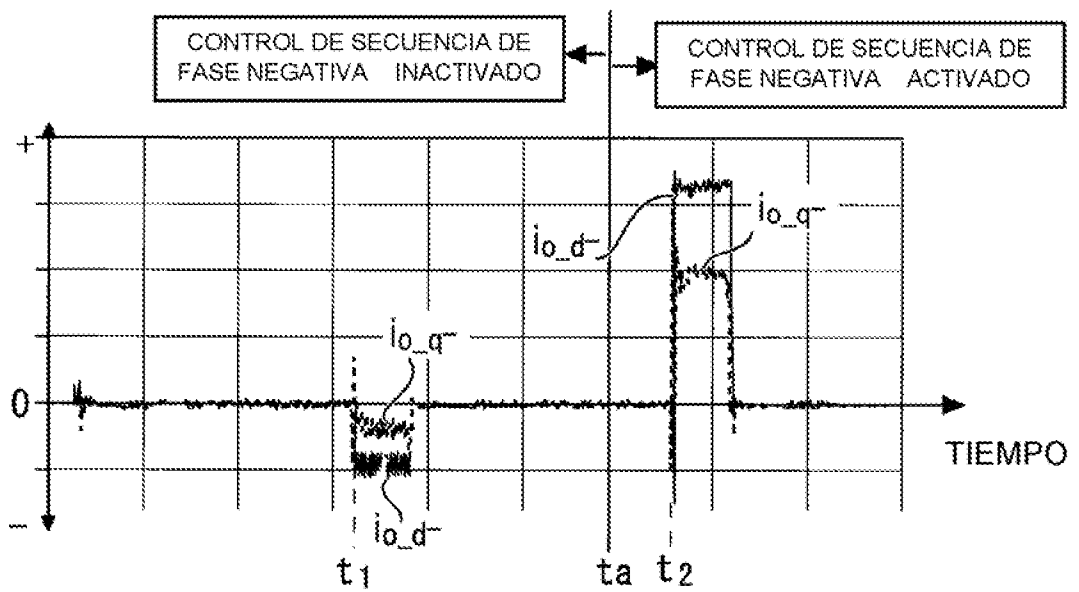


FIGURA 9

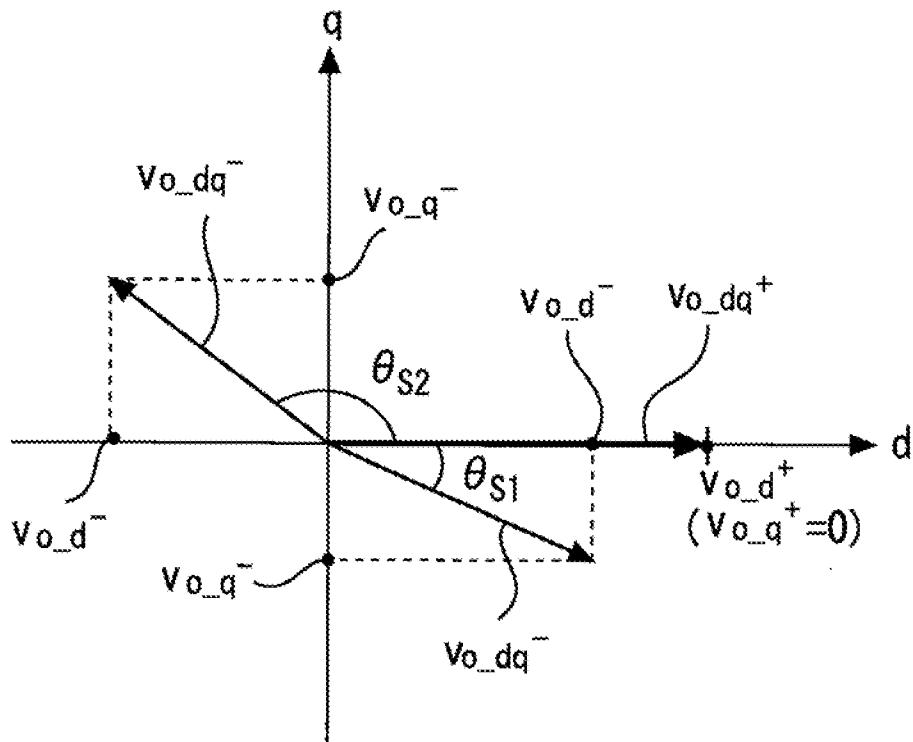


FIGURA 10

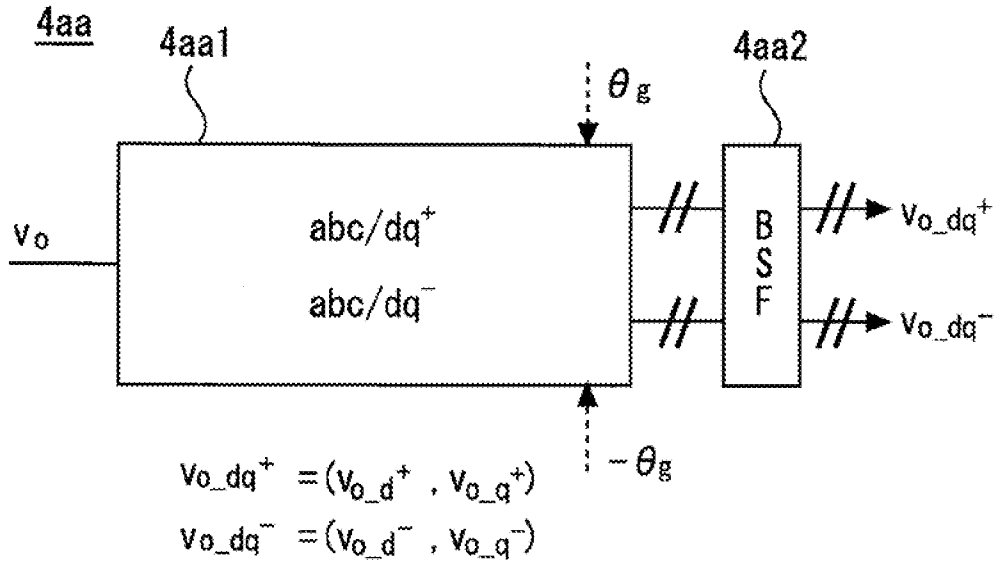


FIGURA 11

