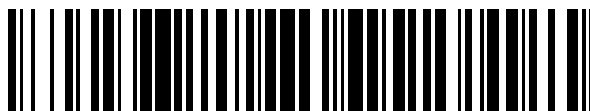


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 590**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02S 40/32 (2014.01)

H02M 7/493 (2007.01)

H02M 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2015 E 15199425 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 3041110**

54 Título: **Método y sistema de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo**

30 Prioridad:

31.12.2014 CN 201410852886

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

11.02.2019

73 Titular/es:

**SUNGROW POWER SUPPLY CO., LTD. (100.0%)
No. 1699 Xiyou Road New & High Technology
Industrial Development Zone
Hefei, Anhui 230088, CN**

72 Inventor/es:

**PAN, NIANAN;
CHENG, LIN y
TAO, LEI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 699 590 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

Método y sistema de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo

Campo

5 La invención se refiere al campo técnico de la generación de energía fotovoltaica y, en particular, a un método y a un sistema de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de corriente alterna (CA –“AC (alternating current)”–) están conectados en paralelo.

Antecedentes

10 La publicación de Purhonen, M. et al.: “Wireless circulating current control for parallel connected photovoltaic inverters”, Conference Proceedings of Africon 2013, del 9 al 12 de septiembre de 2013, (12.09.2013), DOI: 10.1109/AFRCON.2013.6757868, divulga un tal método de control. Esta divulgación presenta un método para minimizar la corriente circulante entre inversores fotovoltaicos conectados en paralelo. El método está basado en una medición de corriente en modo común y en el cambio de la frecuencia de conmutación del modulador.

15 El documento WO 2013/024496 A1 divulga un sistema de conversión de energía eléctrica que comprende: al menos un primer inversor y al menos un segundo inversor, cuyas salidas están conectadas en paralelo; al menos una primera fuente de tensión de CC [corriente continua –“DC (direct current)”–], conectada a la entrada del primer inversor, y una segunda fuente de tensión de CC, conectada a la entrada del segundo inversor; una conexión a tierra del primer inversor y una conexión a tierra del segundo inversor. La conexión a tierra de dichos inversores comprende una rama de conexión a tierra provista de un sensor de corriente que suministra una señal que es proporcional a la corriente de fugas de derivación a tierra, medida en dicha rama de conexión a tierra. A través de la señal proporcional a la corriente de fugas medida, se genera una señal de realimentación para controlar la corriente de fugas. Con la capacidad en aumento de las nuevas centrales de generación de energía, a fin de conseguir una configuración óptima de la capacidad de un inversor conectado a la red, y para implementar una solución para un sistema del orden de megavatios, la conexión en paralelo de los inversores se ha convertido en una tendencia del desarrollo técnico. La conexión en paralelo de los lados de CA de los inversores tiene las siguientes ventajas.

25 Es posible reemplazar un transformador doble disociado o dividido existente en el lado de CA por un transformador de dos arrollamientos con el fin de reducir los costes de inversión del sistema, de manera que este conserva el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT –“maximum power point tracking”–) inicial y presenta pocas modificaciones en la disposición y en la estructura del sistema.

30 Haciendo referencia a la Figura 1, se muestra en ella un diagrama esquemático de inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo, en la tecnología convencional.

PV1 a PVN son N conjuntos geoméricamente ordenados de PV, esto es, un terminal de entrada de cada inversor está conectado con un terminal de salida de un conjunto geoméricamente ordenado de PV respectivo; del primer inversor al N-ésimo inversor son N inversores conectados en paralelo; del primer filtro al N-ésimo filtro son N filtros de CA para los N inversores; y T es un transformador de dos arrollamientos.

35 Un bus de CA es compartido por los lados de CA de los inversores, y los lados de CC de los inversores están conectados, respectivamente, a conjuntos geoméricamente ordenados de PV independientes, de forma que se llevan a cabo seguimientos de punto de máxima potencia, MPPT, de N vías, es decir, el MPPT de cada inversor se lleva a cabo de forma independiente.

40 Independientemente de las ventajas de los inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo, el terminal positivo y el terminal negativo del conjunto geoméricamente ordenado de PV tienen ciertas capacidades parásitas con la tierra, de tal manera que existe un acoplamiento en un respectivo lado de CC de cada inversor, por lo que se forma un bucle en modo común y se provoca un problema de corriente de circulación en modo común. Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra en ella un diagrama esquemático de un bucle en modo común correspondiente al sistema mostrado en la Figura 1, en el que $C_{p/ntg1}$ es una capacidad parásita de PV1 con respecto a tierra, $C_{p/ntg2}$ es una capacidad parásita de PV2 con respecto a tierra. Puede observarse que dos inversores conectados en paralelo están acoplados el uno con el otro a través de las capacidades parásitas para formar un bucle en modo común.

45 Existe, por tanto, para los expertos de la técnica la necesidad de proporcionar un método y un sistema de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, que palien los problemas de bucle en modo común que presenta el sistema en el que los lados de CA de los inversores están conectados en paralelo.

50 Compendio

La presente invención está encaminada a proporcionar un método y un sistema de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, a fin de resolver el problema del bucle en modo común para el sistema en el que los lados de CA de los inversores se encuentran conectados en paralelo. La solución se define en las reivindicaciones que se acompañan. De acuerdo con las realizaciones de la invención, se proporciona un método

- de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, el cual se aplica a un sistema en el que los lados de CA de los inversores están conectados en paralelo y los lados de CC de los inversores son independientes entre sí, de tal manera que el sistema incluye al menos dos inversores, esto es, un primer inversor y un segundo inversor, de forma que un terminal de entrada del primer inversor está conectado con un primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, el primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV tienen, cada uno de ellos, una capacidad parásita con respecto a tierra, y el primer inversor está acoplado con el segundo inversor a través de las capacidades parásitas para formar un bucle en modo común. El método incluye: detectar una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor; obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y ajustar las tensiones continuas de los inversores para controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, y para controlar una tensión en modo común existente en el bucle en modo común, de manera que se encuentre dentro de un intervalo de tensiones en modo común predeterminado.
- Preferiblemente, la obtención de una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua, y el ajuste de las tensiones continuas de los inversores para controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, incluyen: obtener un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua, y ajustar las tensiones continuas de los inversores con el fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que una tensión predeterminada. El primer inversor es un inversor maestro y el segundo inversor es un inversor esclavo, o subordinado. Preferiblemente, el control del valor absoluto de manera que sea más pequeño que una tensión predeterminada, incluye: ajustar la tensión continua del inversor subordinado basándose en la tensión continua del inversor maestro para controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada.
- De preferencia, antes de recibir la tensión continua del inversor maestro, transmitida desde el inversor maestro, el método incluye, adicionalmente: controlar una onda portadora del inversor maestro de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, a fin de controlar la fase de la tensión en modo común de manera que esté dentro de un intervalo de fases predeterminado.
- De acuerdo con las realizaciones de la invención, se proporciona un aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, que incluye: una unidad de detección, una unidad de obtención de diferencia y una unidad de control; de tal modo que:
- la unidad de detección se ha configurado para detectar una primera tensión continua de un primer inversor y una segunda detección continua de un segundo inversor;
- la unidad de obtención de diferencia se ha configurado para obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y
- la unidad de control se ha configurado para ajustar las tensiones continuas de los inversores al objeto de controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado.
- Preferiblemente, la unidad de obtención de diferencia incluye una subunidad de obtención de valor absoluto; de tal modo que la subunidad de obtención de valor absoluto se ha configurado para obtener un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y
- la unidad de control incluye una subunidad de control configurada para ajustar las tensiones continuas de los inversores, a fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que una tensión predeterminada. La subunidad de control incluye una subunidad seguidora configurada para ajustar una tensión continua de un inversor subordinado basándose en una tensión continua de un inversor maestro, preferiblemente para controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada.
- De acuerdo con las realizaciones de la invención, se proporciona, de manera adicional, un sistema en el que los lados de CA de los inversores están conectados en paralelo, el cual incluye: al menos dos inversores, esto es, un primer inversor y un segundo inversor, de tal modo que un terminal de entrada del primer inversor está conectado con primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, el primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV tienen, cada uno de ellos, una cierta capacidad parásita con respecto a tierra, y el primer inversor está acoplado con el segundo inversor a través de las capacidades parásitas con el fin de formar un bucle en modo común;
- el lado de CA del primer inversor y el lado de CA del segundo inversor están conectados en paralelo, y un lado de CC del primer inversor es independiente de un lado de CC del segundo inversor;
- el primer inversor funciona como un inversor maestro y el segundo inversor funciona como un inversor subordinado;
- el inversor maestro se ha configurado para transmitir una tensión continua del inversor maestro al inversor subordinado; y

5 el inversor subordinado se ha configurado para obtener una diferencia entre la tensión continua del inversor maestro y una tensión continua del inversor subordinado, y para ajustar la tensión continua del inversor subordinado con el fin de controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, y a fin de controlar una tensión en modo común, en el bucle en modo común, de manera que se encuentre dentro de un intervalo de tensiones en modo común predeterminado.

Preferiblemente, una onda portadora del inversor maestro se controla de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, a fin de controlar la fase de la tensión en modo común de manera que se encuentre dentro de un intervalo de fases predeterminado.

10 De preferencia, el inversor subordinado se ha configurado para obtener un valor absoluto de la diferencia entre la tensión continua del inversor maestro y la tensión continua del inversor subordinado, y para funcionar basándose en la tensión continua del inversor maestro, a fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada.

En comparación con la tecnología convencional, la presente invención tiene las siguientes ventajas.

15 En la tecnología convencional, los inversores cuyos lados de CC son independientes entre sí llevan a cabo respectivos MPPTs, de tal modo que los inversores pueden tener tensiones continuas significativamente diferentes; por tanto, existe una corriente de circulación en modo común. En el método de acuerdo con la presente invención, el control se lleva a cabo basándose en que los MPPTs se llevan a cabo independientemente en los respectivos inversores conectados en paralelo, con la premisa de que una diferencia entre las tensiones de funcionamiento directo satisfaga una condición predeterminada. Es decir, se detectan las tensiones de CC de los inversores conectados en paralelo, se obtiene la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores, y la diferencia es controlada de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, ajustando las tensiones continuas a las que funcionan los inversores. De esta manera, cuanto más pequeña es la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores, menor es la diferencia de tensiones en modo común entre los inversores, y menor es la corriente en modo común, con lo que se limita la corriente de circulación en modo común entre los inversores. Puede comprenderse que las tensiones continuas a las que funcionan los inversores son las mismas en el caso de que la diferencia sea 0, lo que indica que no hay corriente en modo común entre los inversores. En la práctica, generalmente los inversores funcionan a tensiones continuas ligeramente diferentes. En el caso de que la diferencia entre las tensiones continuas se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, es aceptable una corriente en modo común en correspondencia con esta. En el caso de que la diferencia esté fuera del intervalo predeterminado, ello indica que la corriente en modo común es grande, lo que constituye un serio problema y necesita controlarse.

Breve descripción de los dibujos

35 A fin de ilustrar con mayor claridad las soluciones técnicas de acuerdo con las realizaciones de la invención o de la tecnología convencional, lo que sigue describe brevemente los dibujos de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención. Se pone de manifiesto que los dibujos constituyen únicamente algunas realizaciones de la presente invención, y que pueden obtenerse otros dibujos por los expertos de la técnica con arreglo a estos dibujos, sin esfuerzos creativos.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo, pertenecientes a la tecnología convencional;

40 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un bucle en modo común correspondiente al sistema mostrado en la Figura 1;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con un ejemplo de utilidad para la comprensión de la invención;

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una primera realización de método de la invención;

45 La Figura 5 es un diagrama esquemático de un aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una primera realización de aparato de la invención;

La Figura 6 es un diagrama esquemático de un aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una segunda realización de aparato de la invención; y

50 La Figura 7 es un diagrama esquemático de un sistema en el cual los lados de CA de los inversores fotovoltaicos están conectados en paralelo, de acuerdo con una primera realización de sistema de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones

Se pasa a ilustrar clara y completamente las soluciones técnicas de realizaciones de la invención, en combinación con los dibujos de las realizaciones de la invención. Se pone de manifiesto que las realizaciones descritas son tan solo unas pocas realizaciones, y no todas las realizaciones de la invención. Cualesquiera otras realizaciones obtenidas por

los expertos de la técnica sobre la base de las realizaciones de la presente invención y sin esfuerzo creativo caerán dentro del alcance de la presente invención.

A fin de hacer más evidentes y comprensibles los objetivos, características y ventajas de la invención, se describen en detalle las realizaciones de la invención, en combinación con los dibujos, como sigue.

5 Ejemplo de utilidad para la comprensión de la invención

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con un ejemplo de utilidad para la comprensión de la invención.

De acuerdo con el ejemplo, se proporciona el método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, el cual se aplica a un sistema inversor cuyos lados de CA de los inversores están conectados en paralelo, y cuyos lados de CC de los inversores son independientes entre sí, de tal manera que el sistema incluye al menos dos inversores, esto es, un primer inversor y un segundo inversor, de modo que un terminal de entrada del primer inversor está conectado con un primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, teniendo cada uno del primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV una cierta capacidad parásita con respecto a tierra, y el primer inversor está acoplado con el segundo inversor a través de las capacidades parásitas, lo cual forma un bucle en modo común.

El método incluye las siguientes etapas S301 a S303.

En la etapa S301, se detectan una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor.

20 Ha de apreciarse que cada inversor funciona con una tensión continua respectiva, ya que los lados de CC del inversor son independientes entre sí.

En la etapa S302, se obtiene una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua.

Hay una corriente en modo común entre dos inversores si se da una diferencia entre las tensiones continuas de estos dos inversores. Haciendo referencia a la Figura 2, el proceso de formación de la corriente en modo común se describe como sigue.

De acuerdo con la ley de Ohm, una corriente en un bucle puede representarse como:

$$I_{or} = \frac{U_m}{X_o} \quad (1)$$

donde I_{or} es una corriente de circulación en modo común, U_m es una tensión en modo común del bucle, y X_o es una impedancia en modo común del bucle. Puede observarse en la ecuación (1) que la corriente de circulación en modo común puede ser reducida así: (1) reduciendo la tensión en modo común del bucle en modo común; o (2) aumentando la impedancia en modo común del bucle en modo continuo.

Puesto que la impedancia en modo común del bucle en modo común está relacionada con parámetros parásitos del conjunto geoméricamente ordenado de PV con respecto a tierra y no puede ser calculada con precisión, lo que es un inconveniente para el diseño del sistema, la corriente de circulación en modo común se reduce, en la invención, reduciendo la tensión en modo común del bucle en modo común.

U_m es la tensión en modo común del bucle. Para el sistema en el cual los inversores se conectan en paralelo, U_m puede ser expresada como una diferencia de tensiones en modo común entre inversores conectados en paralelo. Se toma como ejemplo un caso en el que el sistema incluye dos inversores, de tal manera que la tensión en modo común puede ser representada por la ecuación (2):

$$40 \quad U_m = V_{01}(t) - V_{02}(t) \quad (2)$$

donde $V_{01}(t)$ es una tensión en modo común del primer inversor y $V_{02}(t)$ es una tensión en modo común del segundo inversor. Puede observarse que U_m se refiere a amplitudes y a fases de $V_{01}(t)$ y $V_{02}(t)$. Se supone que $V_{01}(t)$ y $V_{02}(t)$ tienen una misma amplitud y una misma fase, y entonces U_m es 0; en este caso, la corriente de circulación en modo común no está relacionada con la impedancia en modo común, por lo que se limita la corriente de circulación en modo común.

En la etapa S303, las tensiones continuas de los inversores se ajustan para controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, a fin de controlar la tensión en modo común en el bucle en modo común para que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado de tensiones en modo común.

50 Puede comprenderse que puede ser ajustada la tensión continua de cada uno de los inversores, o bien puede tomarse como base la tensión continua de uno de los inversores y puede ajustarse la tensión continua del otro inversor.

De acuerdo con el presente ejemplo, la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores se controla de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado. Puede observarse por la ecuación (2) que cuanto menor es la diferencia entre las dos tensiones, más pequeña es la diferencia de tensiones en modo común.

5 En la tecnología convencional, cada uno de los inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo y cuyos lados de CC son independientes entre sí, lleva a cabo un MPPT respectivo, por lo que cada uno de los inversores funciona a una tensión continua correspondiente a un punto de potencia máximo respectivo, de tal modo que puede haber una gran diferencia entre las tensiones continuas de los inversores. Por ejemplo, un inversor funciona a una tensión continua de 500 V, mientras que el otro inversor funciona a una tensión continua de 600 V, de tal modo que una tensión en modo continuo entre los dos inversores es grande. En la tecnología convencional, se persigue la máxima potencia de salida del inversor, sin considerar tal problema. En el método de acuerdo con la presente invención, a la hora de controlar el MPPT del inversor, la diferencia entre las tensiones continuas tiene una prioridad más alta que el punto de potencia máxima del MPPT. Es decir, se persigue una potencia de salida más grande sobre la premisa de que la diferencia entre las tensiones continuas satisface una condición predeterminada.

15 En el método de acuerdo con la presente invención, la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores puede obtenerse detectando las respectivas tensiones continuas de los inversores conectados en paralelo, y la diferencia puede controlarse de manera que se encuentre dentro del intervalo predeterminado ajustando las tensiones continuas a las que funcionan los inversores. Cuanto más pequeña es la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores, más pequeña es la diferencia de tensiones en modo común entre los inversores, y más pequeña es la corriente en modo común, por lo que se limita la corriente de circulación en modo común ente los inversores.

20 Puede comprenderse que los inversores funcionan a la misma tensión continua en el caso de que la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores sea 0, de tal modo que no hay corriente en modo común entre los inversores. En la práctica, los inversores funcionan generalmente a tensiones continuas ligeramente diferentes. En el caso de que la diferencia entre las tensiones continuas se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, es aceptable una corriente en modo común en correspondencia con esta. En el caso de que la diferencia se encuentre fuera del intervalo predeterminado, ello indica que la corriente en modo común es grande, lo que constituye un serio problema y necesita ser controlado.

Primera realización de método

30 Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra en ella un diagrama de flujo de un método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA se encuentran conectados en paralelo, de acuerdo con una primera realización de método de la invención.

En la presente realización, se ha tomado como ejemplo para ilustración un caso en que los inversores conectados en paralelo se clasifican en inversores maestros e inversores subordinados. Por ejemplo, un primer inversor es un inversor maestro y un segundo inversor es un inversor subordinado.

35 En la etapa S401, se detectan una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor.

Especialmente, el inversor maestro transmite la primera tensión continua del inversor maestro al inversor subordinado, y el inversor subordinado compara la primera tensión continua con la segunda tensión continua del inversor subordinado.

Puede comprenderse que los inversores conectados en paralelo pueden comunicarse el uno con el otro.

40 En la etapa S402, se obtiene un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua.

Puede comprenderse que la diferencia puede ser positiva o negativa. Por lo tanto, a fin de facilitar la comparación, puede obtenerse el valor absoluto de la diferencia, y el valor absoluto es comparado directamente con una tensión predeterminada positiva.

45 En la etapa S403, la tensión directa del inversor subordinado se ajusta basándose en la tensión continua del inversor maestro, a fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada en el caso de que se determine que el valor absoluto es mayor que la tensión predeterminada.

50 Ha de apreciarse que la tensión predeterminada puede establecerse de acuerdo con parámetros reales de los inversores. Por ejemplo, la tensión predeterminada puede ser establecida de acuerdo con las tensiones en los lados de CC y con las tensiones en los lados de CA de los inversores conectados en paralelo. La tensión predeterminada define un intervalo de desviación permisible para la tensión.

Por otra parte, es necesario controlar una onda portadora del inversor maestro de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, a fin de hacer que la fase de $V_{01}(t)$ sea consistente con la fase de $V_{02}(t)$.

En la tecnología convencional, cada una de las tensiones continuas de los inversores cuyos lados de CA están

conectados en paralelo, es controlada de manera independiente. Por lo tanto, resulta difícil mantener la amplitud de $V_{01}(t)$ consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$. Con el método de acuerdo con la presente invención, se garantiza que la amplitud de $V_{01}(t)$ es consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$.

5 En el método de acuerdo con la reivindicación, el inversor subordinado se controla de manera que funcione en una tensión continua en torno a la tensión continua del inversor maestro, basándose en el inversor maestro, es decir, basándose en la tensión continua del inversor maestro. De esta manera, la potencia máxima del inversor subordinado es sacrificada, y el inversor subordinado se controla de manera que siga el funcionamiento del inversor maestro, basándose en la potencia máxima del inversor maestro. Así, pues, el valor absoluto de la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores conectados en paralelo se controla de manera que sea más pequeño que una tensión
10 predeterminada. De esta manera, la corriente en modo común entre los inversores puede ser controlada de manera que se encuentre dentro de un intervalo de corrientes predeterminado, con lo que se limita la corriente en modo común.

Puede comprenderse que, en el caso de que el sistema incluya más de dos inversores, uno de los inversores se toma como el inversor maestro y los demás inversores se toman como inversores subordinados, lo que constituye el mismo principio de control que en el caso en que el sistema tenga dos inversores, y no se describe aquí en detalle.

15 En el caso de que múltiples inversores estén conectados en paralelo, uno de los inversores puede ser escogido como el inversor maestro de acuerdo con una regla predeterminada. Por ejemplo, uno de los inversores se escoge como el inversor maestro de acuerdo con el número, una configuración externa o una potencia de salida de corriente del inversor.

Primera realización de aparato

20 La Figura 5 muestra un diagrama esquemático de un aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una primera realización de aparato de la invención.

El aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con la realización, incluye una unidad de detección 501, una unidad de obtención de diferencia 502 y una unidad de control 503.

25 La unidad de detección 501 se ha configurado para detectar una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor.

Ha de apreciarse que cada inversor funciona con una tensión continua respectiva, puesto que los lados de CC del inversor son independientes entre sí.

30 La unidad de obtención de diferencia 502 se ha configurado para obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua.

Existe una corriente en modo común entre dos inversores si hay una diferencia entre las tensiones continuas de estos dos inversores.

La unidad de control 503 se ha configurado para ajustar las tensiones continuas de los inversores, a fin de controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado.

35 Puede comprenderse que es posible ajustar la tensión continua de cada uno de los inversores, o bien puede tomarse como base la tensión continua de uno de los inversores y puede ajustarse la tensión continua del otro inversor.

El aparato de acuerdo con la presente invención puede haberse dispuesto en el inversor maestro o en el inversor subordinado, o bien puede ser independiente del inversor maestro y del inversor subordinado.

40 De acuerdo con la presente realización, la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores se controla de manera que se encuentre dentro del intervalo predeterminado. Puede observarse en la ecuación (2) que cuanto más pequeña es la diferencia entre las dos tensiones, más pequeña es la diferencia de tensiones en modo común.

45 El dispositivo de acuerdo con la presente realización obtiene la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores detectando las tensiones continuas respectivas de los inversores conectados en paralelo, y controla la diferencia de manera que se encuentre dentro del intervalo predeterminado, ajustando las tensiones continuas a las que funcionan los inversores. Cuanto más pequeña es la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores, más pequeña es la diferencia de tensiones en modo común entre los inversores y más pequeña es la corriente en modo común, con lo que se limita la corriente de circulación en modo común entre los inversores.

50 Puede comprenderse que los inversores funcionan a una misma tensión continua en el caso de que la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores sea 0, de tal manera que no hay corriente en modo común entre los inversores. En la práctica, los inversores generalmente funcionan a tensiones continuas diferentes. En el caso de que las pequeñas diferencias entre las tensiones continuas se encuentren dentro del intervalo predeterminado, es aceptable una corriente en modo común correspondiente a estas. En el caso de que las diferencias se encuentren fuera del intervalo predeterminado, ello indica que la corriente en modo común es grande, lo que constituye un serio

problema y necesita ser controlado.

Segunda realización de aparato

Haciendo referencia a la Figura 6, se muestra en ella un diagrama esquemático de un aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una segunda realización de aparato de la invención.

En la presente realización, se ha tomado como ejemplo un caso en el que el aparato se ha dispuesto dentro de un inversor subordinado. Puede comprenderse que, en el caso de que existan múltiples inversores subordinados, cada uno de los inversores subordinados incluye el aparato.

En especial, un inversor maestro transmite una primera tensión continua del inversor maestro al inversor subordinado, y el inversor subordinado compara la primera tensión continua del inversor maestro con la segunda tensión continua del inversor subordinado.

Puede comprenderse que los inversores conectados en paralelo pueden comunicarse entre sí.

La unidad de obtención de diferencia incluye una subunidad de obtención de valor absoluto 502a.

La subunidad de obtención de valor absoluto 502a se ha configurado para obtener un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua.

Puede comprenderse que la diferencia puede ser positiva o negativa. Por lo tanto, a fin de facilitar la comparación, puede obtenerse el valor absoluto de la diferencia, y el valor absoluto puede ser directamente comparado una tensión positiva predeterminada.

La unidad de control incluye una subunidad de control 503a configurada para ajustar las tensiones directas de los inversores de los inversores al objeto de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que una tensión predeterminada.

La subunidad de control incluye una subunidad seguidora 503a1 configurada para ajustar la tensión continua del inversor subordinado basándose en la tensión directa del inversor maestro, a fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeña que la tensión predeterminada.

Ha de apreciarse que la tensión predeterminada puede establecerse de acuerdo con parámetros reales de los inversores. Por ejemplo, la tensión predeterminada puede establecerse de acuerdo con las tensiones de los lados de CC y con las tensiones de los lados de CA de los inversores conectados en paralelo. La tensión predeterminada define un intervalo de desviación permisible para la tensión.

Por otra parte, es necesario que una onda portadora del inversor maestro sea controlada de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, con el fin hacer que la fase de $V_{01}(t)$ sea consistente con la fase de $V_{02}(t)$.

En la tecnología convencional, cada una de las tensiones continuas de los inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo, se controla de forma independiente. Por lo tanto, resulta difícil mantener la amplitud de $V_{01}(t)$ de manera que sea consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$. Con el método de acuerdo con la presente invención, se garantiza que la amplitud de $V_{01}(t)$ sea consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$.

El aparato de acuerdo con la presente invención controla el inversor subordinado de manera que funcione a una tensión continua en torno a la tensión continua del inversor maestro, basándose en el inversor maestro, es decir, sobre la base de la tensión continua del inversor maestro. De esta manera, la potencia máxima del inversor subordinado es sacrificada, y el inversor subordinado se controla de manera que siga el funcionamiento del inversor maestro basándose en la potencia máxima del inversor maestro. De esta forma, el valor absoluto de la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores conectados en paralelo es controlado de manera que sea más pequeño que una tensión predeterminada. De este modo, una corriente en modo común entre los inversores puede ser controlada de manera que se encuentre dentro de un intervalo de corrientes predeterminado, por lo que la corriente en modo común se ve limitada.

Puede comprenderse que, en el caso de que haya más de dos inversores, uno de los inversores se toma como el inversor maestro y los demás inversores se toman como inversores subordinados, lo que constituye el mismo principio de control que en el caso de haya dos inversores, y no se describe aquí en detalle.

En el caso de que existan múltiples inversores conectados en paralelo, uno de los inversores puede ser escogido como el inversor maestro de acuerdo con una regla predeterminada. Por ejemplo, uno de los inversores se escoge como el inversor maestro de acuerdo con su número, una configuración externa o una potencia de salida de corriente del inversor.

Primera realización de sistema

La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de una primera realización de un sistema en el que los lados de CA de los inversores fotovoltaicos están conectados en paralelo, de acuerdo con la invención.

5 El sistema en el que los lados de CA de los inversores fotovoltaicos están conectados en paralelo, de acuerdo con la presente realización, incluye al menos dos inversores, esto es, un primer inversor 700 y un segundo inversor 800, de tal manera que un terminal de entrada del primer inversor 700 está conectado con un primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor 800 está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, de tal modo que el primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado PV tienen, cada uno de ellos, una cierta capacidad parásita con la tierra, y el primer inversor 700 está acoplado con el segundo inversor 800 a través de las capacidades parásitas, lo que forma un bucle en modo común; los lados de CA del primer inversor 700 y del segundo inversor 800 están conectados en paralelo, y los lados de CC del primer inversor 700 y del segundo inversor 800 son independientes entre sí; y el primer inversor 700 sirve como inversor maestro y el segundo inversor 800 sirve como inversor subordinado.

15 El inversor maestro 700 se ha configurado para transmitir una tensión continua del inversor maestro 700 al inversor subordinado 800.

Ha de apreciarse que cada inversor funciona con una tensión continua respectiva, ya que los lados de CC del inversor son independientes entre sí.

Existe una corriente en modo común entre dos inversores si hay una diferencia entre las tensiones continuas de estos dos inversores.

20 El inversor subordinado 800 se ha configurado para obtener la diferencia entre la tensión continua del inversor maestro y la tensión continua del inversor subordinado, y ajustar la tensión continua del inversor subordinado con el fin de controlar la diferencia de manera que esté dentro de un intervalo predeterminado, y controlar una tensión en modo común, en el bucle en modo común, de manera que se encuentre dentro de un intervalo de tensiones en modo común predeterminado.

25 De acuerdo con la presente realización, la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores se controla de manera que se encuentre dentro del intervalo predeterminado. Puede observarse en la ecuación (2) que cuanto menor es la diferencia entre las dos tensiones, más pequeña es la diferencia de tensiones en modo común.

30 En el método de acuerdo con la presente invención, la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores puede obtenerse detectando las respectivas tensiones continuas de los inversores conectados en paralelo, y la diferencia puede ser controlada de manera que se encuentre dentro del intervalo predeterminado, ajustando las tensiones continuas a las que funcionan los inversores. Cuanto más pequeña es la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores, menor es la diferencia de tensiones en modo común entre los inversores, y más pequeña es la corriente en modo común, con lo que se limita la corriente de circulación en modo común entre los inversores.

35 Puede comprenderse que los inversores funcionan a la misma tensión continua en el caso de que la diferencia entre las tensiones continuas de los inversores sea 0, de tal forma que no hay corriente en modo común entre los inversores. En la práctica, los inversores funcionan generalmente a tensiones continuas diferentes. En el caso de que las tensiones continuas diferentes tengan diferencias pequeñas, es aceptable una corriente en modo común en correspondencia con estas. En el caso de que las diferencias se encuentren fuera del intervalo predeterminado, ello indica que la corriente en modo común es grande, lo que constituye un serio problema y necesita ser controlado.

40 Por otra parte, es necesario controlar una onda portadora del inversor maestro de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, a fin de hacer que la fase de $V_{01}(t)$ sea consistente con la fase de $V_{02}(t)$. Es decir, la sincronización de la onda portadora es para mantener la fase de $V_{01}(t)$ de manera que sea consistente con la fase de $V_{02}(t)$.

45 En la tecnología convencional, cada una de las tensiones continuas de los inversores cuyos lados de CA están conectados en paralelo, se controla de forma independiente. Por lo tanto, es difícil mantener la amplitud de $V_{01}(t)$ de manera que sea consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$. Con el método de acuerdo con la presente invención, se garantiza que la amplitud de $V_{01}(t)$ es consistente con la amplitud de $V_{02}(t)$.

50 El inversor subordinado se ha configurado para obtener un valor absoluto de la diferencia entre la tensión continua del inversor maestro y la tensión continua del inversor subordinado, y para funcionar sobre la base de la tensión continua del inversor maestro, a fin de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada.

55 Con el sistema de acuerdo con las anteriores realizaciones, la corriente en modo común entre los inversores cuyos lados de CC son independientes entre sí y cuyos lados de CA están conectados en paralelo, se ve limitada. Además de ello, los funcionamientos normales de otros inversores no se ven afectados en el caso de que se produzca un fallo en un inversor.

5 Las anteriores realizaciones son únicamente realizaciones preferidas de la invención y no están destinadas a limitar la invención. En lo anterior se han divulgado las realizaciones preferidas de acuerdo con la invención, de manera que estas no están destinadas a limitar la invención. Los expertos de la técnica pueden hacer, basándose en el método y el contenido técnico divulgados, algunas variaciones y mejoras en las soluciones técnicas de la invención, o bien realizar algunas variaciones equivalentes en las realizaciones, sin apartarse del alcance de las soluciones técnicas. Cualquier simple modificación, variación equivalente y mejora de que se realice basándose en la esencia técnica de la invención, sin apartarse del contenido de las soluciones técnicas de la invención, cae dentro del alcance de las soluciones técnicas de la invención.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, aplicados a un sistema en el que los lados de CA de los inversores están conectados en paralelo y los lados de CC de los inversores son independientes entre sí, de tal manera que el sistema comprende al menos dos inversores que son un primer inversor y un segundo inversor, de modo que un terminal de entrada del primer inversor está conectado con un primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, de tal forma que el primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV tienen, cada uno de ellos, una cierta capacidad parásita con respecto a la tierra, siendo el primer inversor un inversor maestro y siendo el segundo inversor un inversor subordinado, y de tal manera que el primer inversor está acoplado con el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV a través de las capacidades parásitas con el fin de formar un bucle en modo común; de tal modo que el método comprende:
- 5 detectar una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor;
- obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y
- 15 ajustar la tensión continua del inversor subordinado basándose en la tensión continua del inversor maestro, a fin de controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, y para controlar una tensión en modo común, en el bucle en modo común, de modo que se encuentre dentro de un intervalo de tensiones en modo común predeterminado, de tal forma que el inversor subordinado se controla para que siga el funcionamiento del inversor maestro basándose en la potencia máxima del inversor maestro.
- 20 2.- El método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua, y ajustar las tensiones continuas de los inversores para controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, comprende:
- 25 obtener un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua, y ajustar las tensiones continuas de los inversores de manera que se controle el valor absoluto para que sea más pequeño que la tensión predeterminada.
- 3.- El método de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el cual, antes de recibir la tensión continua del inversor maestro, transmitida desde el inversor maestro, el método comprende, adicionalmente:
- 30 controlar una onda portadora del inversor maestro de manera que esté sincronizada con una onda portadora del inversor subordinado, a fin de controlar la fase de la tensión en modo común de modo que se encuentre dentro de un intervalo de fases predeterminado.
- 4.- Un aparato de control para un sistema en el cual los lados de CA de los inversores están conectados en paralelo y los lados de CC de los inversores son independientes entre sí, de tal manera que el sistema comprende al menos dos inversores, los cuales son un primer inversor y un segundo inversor, de tal modo que un terminal de entrada del primer inversor está conectado con un primer conjunto geoméricamente ordenado de PV, un terminal de entrada del segundo inversor está conectado con un segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV, teniendo cada uno del primer conjunto geoméricamente ordenado de PV y el segundo conjunto geoméricamente ordenado de PV una cierta capacidad parásita con respecto a la tierra, caracterizado por que comprende: una unidad de detección, una unidad de obtención de diferencia y una unidad de control, de tal modo que:
- 40 la unidad de detección se ha configurado para detectar una primera tensión continua del primer inversor y una segunda tensión continua del segundo inversor, de forma que
- el primer inversor es un inversor maestro y el segundo inversor es un inversor subordinado:
- 45 la unidad de obtención de diferencia se ha configurado para obtener una diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y
- la unidad de control se ha configurado para ajustar la tensión continua del inversor subordinado basándose en la tensión continua del inversor maestro, a fin de controlar la diferencia de manera que se encuentre dentro de un intervalo predeterminado, de forma que el inversor subordinado es controlado para que siga el funcionamiento del inversor maestro basándose en la potencia máxima del inversor maestro.
- 50 5.- El aparato de control para inversores fotovoltaicos cuyos lados de CA están conectados en paralelo, de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual la unidad de obtención de diferencia comprende una subunidad de obtención de valor absoluto;
- de tal manera que la subunidad de obtención de valor absoluto se ha configurado para obtener un valor absoluto de la diferencia entre la primera tensión continua y la segunda tensión continua; y

la unidad de control comprende una subunidad de control, configurada para ajustar las tensiones continuas de los inversores al objeto de controlar el valor absoluto de manera que sea más pequeño que la tensión predeterminada.

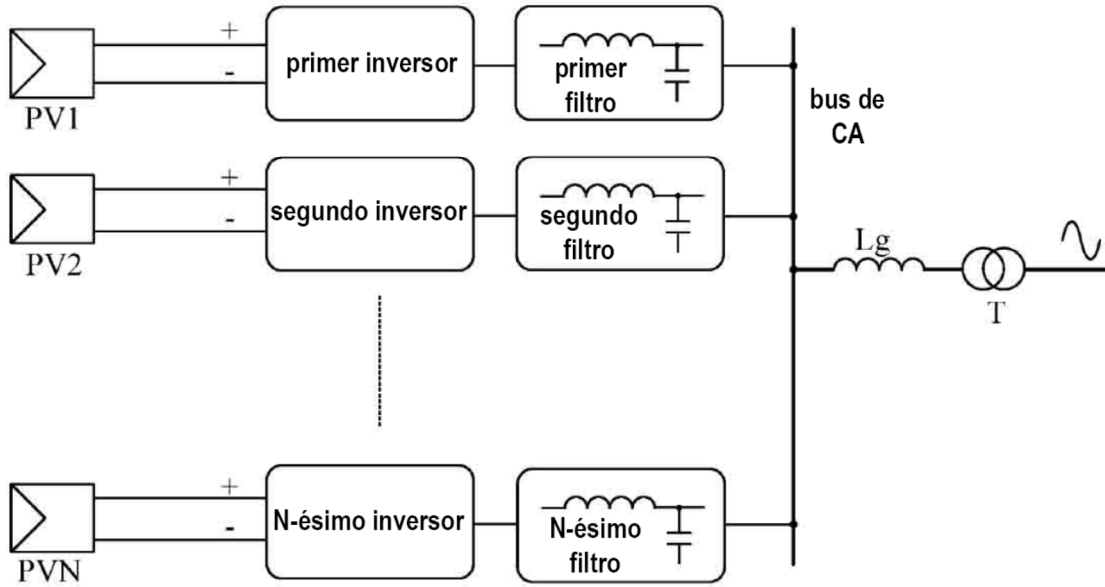


Fig. 1

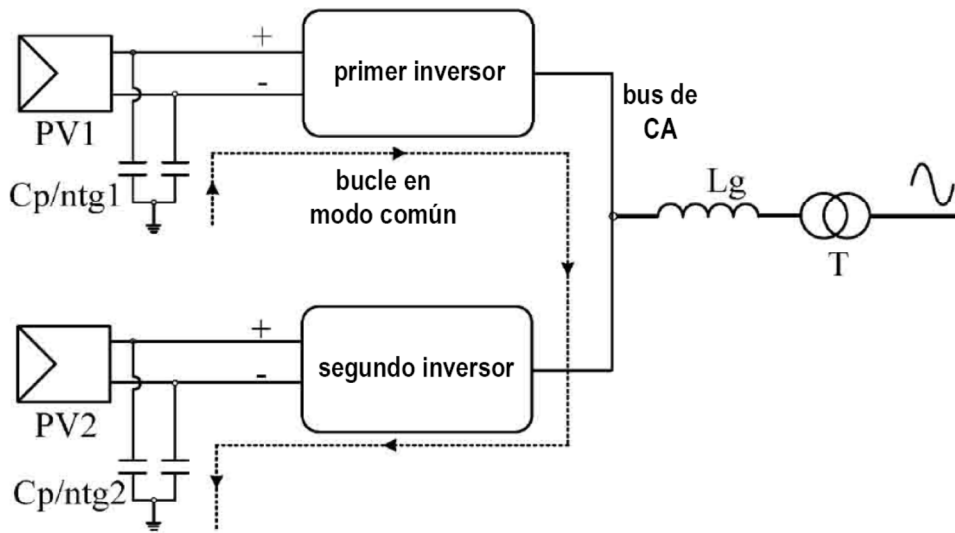


Fig. 2

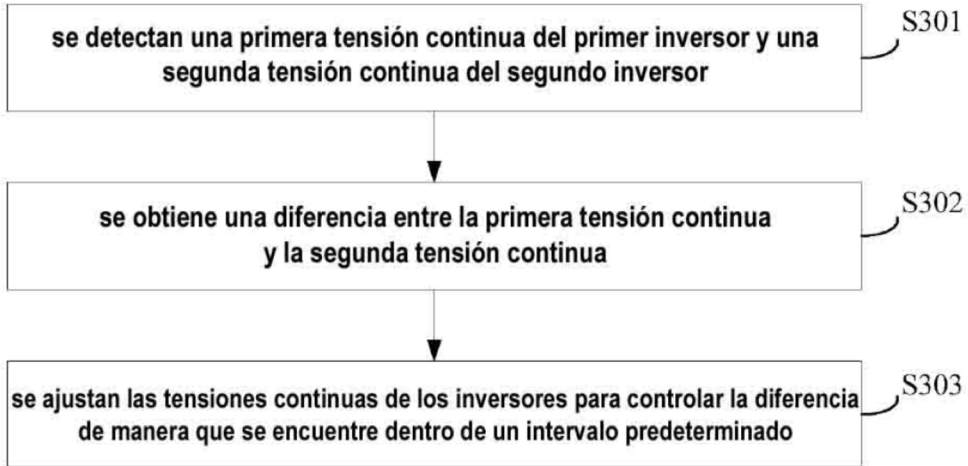


Fig. 3

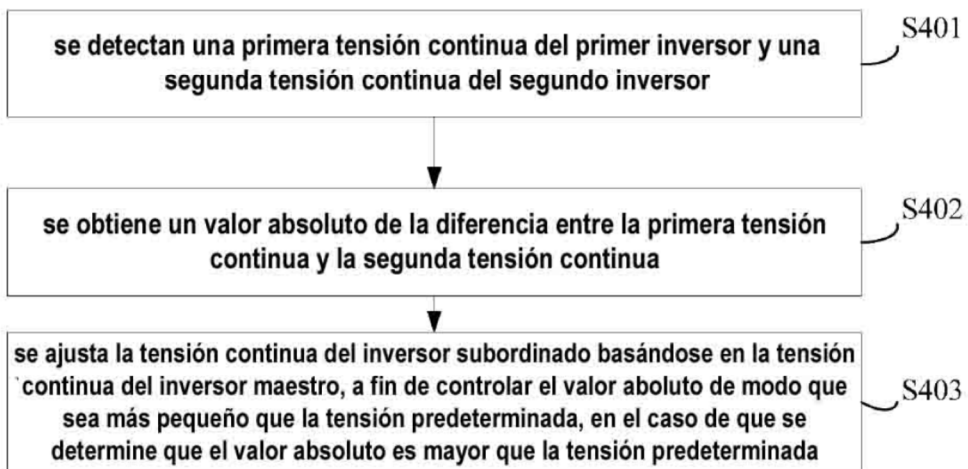


Fig. 4

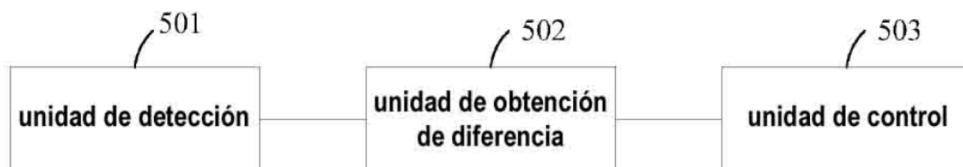


Fig. 5

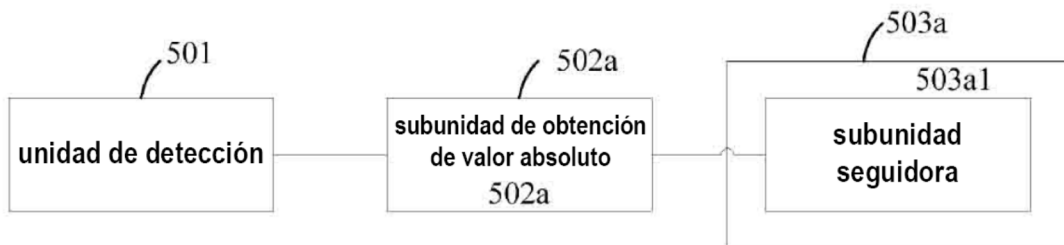


Fig. 6

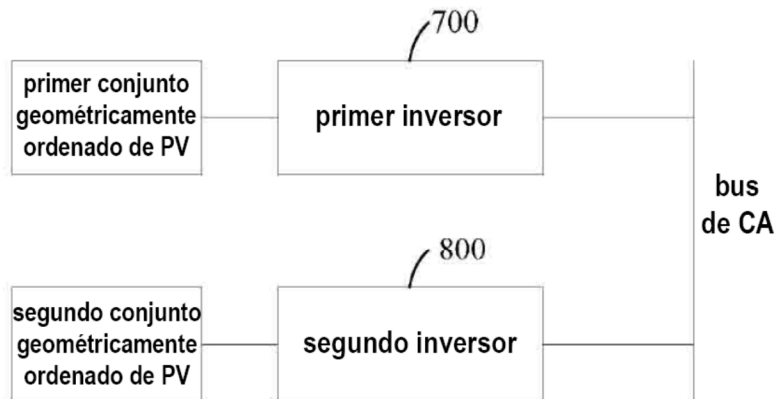


Fig. 7