

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 056**

51 Int. Cl.:

**G01R 27/18** (2006.01)

**G01R 31/08** (2006.01)

**G01R 31/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2015 E 15174382 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 2963429**

54 Título: **Procedimiento para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico**

30 Prioridad:

**30.06.2014 CN 201410308858**

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

**16.06.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LI, XIAOXUN;  
LI, HAOYUAN;  
MEI, XIAODONG;  
HAN, ZHIQIANG;  
WU, TOUMING;  
HE, CHAO y  
SONG, YANG**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio**

**ES 2 767 056 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico

5

**Campo**

La presente divulgación se refiere al campo de la tecnología de suministro de energía fotovoltaica y, en particular, a un dispositivo y procedimiento para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico.

10

**Antecedentes**

En un sistema de generación de energía fotovoltaica conectado a red, la corriente continua generada por una batería solar se convierte en corriente alterna con la misma frecuencia y fase que las de la tensión de la red de energía eléctrica. Por lo tanto, el sistema no solo puede suministrar energía a una carga, sino también transportar energía eléctrica a la red de energía eléctrica. Específicamente, un inversor fotovoltaico es un componente importante en el sistema de generación de energía fotovoltaica conectado a la red, y conecta un conjunto de componentes fotovoltaicos a la red de energía eléctrica.

15

20

Para hacer que el sistema de generación de energía fotovoltaica conectado a la red sea seguro y estable, la detección de aislamiento con respecto a tierra se realiza en la red de energía eléctrica conectada con el inversor fotovoltaico, para detectar una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a la tierra. Cómo realizar la detección de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es un problema urgente en el campo de la generación de energía fotovoltaica.

25

La referencia CN102751894 A divulga un inversor utilizado para detectar un panel de células solares y una resistencia de aislamiento de lado de la red de energía eléctrica y un procedimiento de detección. El inversor proporcionado por la invención comprende una unidad de incremento y una unidad de inversión, en el que la unidad de incremento está conectada en serie con la unidad de inversión, y un relé de dos etapas está dispuesto entre el extremo posterior de la unidad de inversión y una red de energía eléctrica. De acuerdo con el inversor y el procedimiento, se simplifica un circuito de detección.

30

La referencia CN202110220 U divulga una tecnología de inversor fotovoltaico conectado a red, en particular a un sistema de detección en línea de resistencia de aislamiento de tierra para un inversor fotovoltaico conectado a red, que comprende un brazo de puente superior, un brazo de puente inferior, un circuito interruptor de resistencia, un circuito de supresión de interferencia de frecuencia de energía, un circuito seguidor de tensión, un circuito amplificador de aislamiento, un microprocesador y un circuito de detección de tensión PV (fotovoltaico) para detectar la tensión de salida de una celda fotovoltaica, en el que el microprocesador está provisto de un puerto de salida de resultado de detección. El sistema de detección en línea de resistencia de aislamiento de tierra calcula con precisión la resistencia de aislamiento de tierra de un electrodo positivo y un electrodo negativo de la celda fotovoltaica del inversor fotovoltaico conectado a red en línea en tiempo real, y emite los resultados de detección a los circuitos y equipos relacionados a través del puerto de salida de resultado de detección del microprocesador, asegurando de esta forma que el inversor fotovoltaico conectado a red funcione de manera segura y confiable.

35

40

45

La referencia US2012319660 A1 divulga un circuito de continuidad de tierra. En una realización, se mide una primera tensión de una señal asociada con una entrada de línea eléctrica a un circuito con respecto a un primer valor de resistencia del circuito. Una señal de prueba de continuidad de tierra se activa en el circuito que hace que el valor de resistencia del circuito cambie a un segundo valor de resistencia. Se mide una segunda tensión de la señal con respecto al segundo valor de resistencia. El valor de impedancia de tierra del circuito se determina en función de la primera y la segunda tensiones medidas y el primero y el segundo valores de resistencia.

50

La referencia GB2381322 A divulga un medidor de impedancia de bucle para probar un suministro de CA que incluye un circuito de control electrónico para conectar una resistencia de carga R1 entre las terminales viva y de tierra del suministro. El valor de R1 y el tiempo durante el cual está conectado se seleccionan para que la protección de dispositivo de corriente residual (RCD) en el suministro no se dispare. Típicamente, la resistencia de carga en ohmios es entre una sexta y una vez la tensión de red en voltios, p. 100 L para un suministro de 230 V, y está conectado durante menos de 100 s. También se describe un medidor de impedancia de bucle que desensibiliza el RCD, antes de realizar una medición, por medio de una serie de pulsos de corriente cortos, los pulsos aumentan consecutivamente en ancho. Además, se divulga un medidor de impedancia de bucle que aplica varios pulsos de medición y extrapola las mediciones resultantes para proporcionar el valor de impedancia a la frecuencia de la red de CA.

55

60

65

La referencia EP1953890 A2 divulga el dispositivo que tiene terminales eléctricos conectados a un conductor de fase de una red de distribución eléctrica y tierra, respectivamente. El dispositivo está diseñado como una red de conmutación bipolar o multipolar, en el que la impedancia y/o la admisión de la red de conmutación bipolar o multipolar se modifica continuamente o en etapas relativas a ambas terminales por un controlador. Un devanado primario de un transformador o convertidor de tensión está conectado con las terminales. También se incluye una reivindicación independiente para un procedimiento para inyectar una señal auxiliar en un sistema nulo de una red de distribución eléctrica.

La referencia EP2461026 A1 divulga una disposición para probar un sistema de generación de energía eléctrica, en particular un sistema de turbina eólica, que se supone que está conectado a una red de servicio que tiene una primera impedancia predeterminada, la disposición comprende: una terminal de entrada para conectar la disposición a una terminal de salida del sistema de generación de energía; una terminal de red para conectar la disposición a la red pública; y un sistema de ajuste eléctrico conectado entre la terminal de entrada y la terminal de red, en el que el sistema de ajuste eléctrico está adaptado para ajustar una impedancia en la terminal de entrada a la primera impedancia predeterminada, cuando una red auxiliar que tiene una segunda impedancia diferente de la primera impedancia es conectada a la terminal de red. Además, se describe un procedimiento correspondiente.

### Sumario

Para poder resolver el problema técnico descrito anteriormente, en la presente divulgación se proporciona un procedimiento para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, que puede detectar el aislamiento de la red de energía eléctrica conectada a un inversor fotovoltaico a tierra, y adquirir una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a la tierra.

La invención reivindicada se dirige a dicho procedimiento de detección para detectar el aislamiento de una red de energía eléctrica tal como se define en las reivindicaciones independientes alternativas de procedimiento 1 y 4. Realizaciones ventajosas se definen por las reivindicaciones del procedimiento dependiente. Los procedimientos reivindicados utilizan dispositivos de detección respectivos para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica.

Para lograr el objeto descrito anteriormente, la presente divulgación proporciona la siguiente solución técnica.

En el procedimiento de detección se usa un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, en el que la red de energía eléctrica incluye una primera línea viva, una segunda línea viva, una tercera línea viva y una línea neutra, y el dispositivo de detección incluye:

- una primera resistencia, en el que un primer extremo de la primera resistencia está conectado a un cable de tierra del inversor fotovoltaico, y un segundo extremo de la primera resistencia está conectado a la primera línea viva;
- una segunda resistencia, en el que un primer extremo de la segunda resistencia está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la segunda resistencia está conectado a la línea neutra; y
- una primera derivación en serie que incluye una tercera resistencia y un primer dispositivo interruptor conectado en serie, en el que un primer extremo de la primera derivación en serie está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra o a la primera línea viva.

Preferentemente, el dispositivo de detección además incluye:

- una cuarta resistencia; y
- una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia y un segundo dispositivo interruptor conectado en serie, en el que la segunda derivación en serie se conecta en paralelo con la cuarta resistencia desde una primera derivación en paralelo; y donde un primer extremo de la primera derivación en paralelo está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la primera derivación en paralelo está conectado a la segunda línea viva.

Preferentemente, el dispositivo de detección además incluye:

- una sexta resistencia; y
- una tercera derivación en serie que incluye una séptima resistencia y un tercer dispositivo interruptor conectado en serie, en el que la tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la sexta resistencia desde una segunda derivación en paralelo; y donde un primer extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo

está conectado a la tercera línea viva.

Preferentemente, el dispositivo de detección además incluye:

una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia y un segundo dispositivo interruptor conectado en serie, en el que un primer extremo de la segunda derivación en serie está conectado al cable de tierra; uno de un segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie están conectados a la línea neutra, y el otro extremo del segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie están conectados a la primera línea viva.

Preferentemente, el dispositivo de detección además incluye:

una sexta resistencia; y una tercera derivación en serie que incluye una séptima resistencia y un tercer dispositivo interruptor conectado en serie, en el que la tercera derivación en serie se conecta en paralelo con la sexta resistencia para formar una segunda derivación en paralelo; y donde un primer extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado a la tercera línea viva.

En la presente divulgación se proporciona además un procedimiento de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, para usar el dispositivo de detección descrito anteriormente para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica, y el procedimiento de detección incluye:

adquirir valores de tensión del cable de tierra y una de las líneas vivas predeterminadas en diferentes estados del interruptor del dispositivo interruptor en el dispositivo de detección cambiando el estado del interruptor del dispositivo interruptor; y calcular un valor de resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra en función de los valores de tensión.

Preferentemente, en el procedimiento de detección descrito anteriormente, la adquisición de valores de tensión incluye:

adquirir tensiones del cable de tierra y la primera línea viva cuando se apaga el primer dispositivo interruptor, y adquirir tensiones del cable de tierra y la primera línea viva cuando se enciende el primer dispositivo interruptor.

Preferentemente, en el procedimiento de detección descrito anteriormente, la resistencia con respecto a tierra es una resistencia de la línea neutra y las tres líneas vivas conectadas en paralelo en la red de energía eléctrica con respecto a tierra;

El cálculo del valor de una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra incluye:

calcular el valor de las resistencias de la línea neutra y las tres líneas vivas conectadas en paralelo en la red de energía eléctrica con respecto a tierra en función de las tensiones utilizando un procedimiento de corriente de nodo.

Preferentemente, en el procedimiento de detección descrito anteriormente, el dispositivo de detección además incluye: una cuarta resistencia, y una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia y un segundo dispositivo interruptor conectado en serie, y en el que la segunda derivación en serie está conectada en paralelo con la cuarta resistencia desde una primera derivación en paralelo; donde un primer extremo de la primera derivación en paralelo está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la primera derivación en paralelo está conectado a la segunda línea viva;

la adquisición de valores de tensión incluye: adquirir tensiones de cada línea viva y el cable de tierra en la red de energía eléctrica en cada estado de combinación de los interruptores al cambiar el estado de combinación de los interruptores del primer dispositivo interruptor y el segundo dispositivo interruptor.

Preferentemente, en el procedimiento de detección descrito anteriormente, el dispositivo de detección además incluye: una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia y un segundo dispositivo interruptor conectado en serie, en el que un primer extremo de la segunda derivación en serie está conectado al cable de tierra, y uno de un segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra, y el otro del segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la primera línea viva; una sexta resistencia; una tercera derivación en serie que incluye una séptima resistencia y un tercer dispositivo interruptor conectado en serie, en el que la tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la sexta resistencia desde una segunda derivación en paralelo; donde un primer extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado al cable de tierra, y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado a la tercera línea viva, y

en el que la adquisición de valores de tensión incluye: adquirir tensiones de cada línea viva y el cable de tierra en

la red de energía eléctrica en cada uno de al menos cuatro estados de combinación de los interruptores al cambiar el estado de combinación de los interruptores del primer dispositivo interruptor, el segundo dispositivo interruptor y el tercer dispositivo interruptor.

5 Preferentemente, en el procedimiento de detección descrito anteriormente, la resistencia con respecto a tierra incluye una resistencia de la primera línea viva con respecto a tierra, una resistencia de la segunda línea viva con respecto a tierra, una resistencia de la tercera línea viva con respecto a tierra y una resistencia de la línea neutra con respecto a tierra;

El cálculo del valor de una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra incluye:  
10 calcular los valores de la resistencia de la primera línea viva con respecto a tierra, la resistencia de la segunda línea viva con respecto a tierra, la resistencia de la tercera línea viva con respecto a tierra y la resistencia de la línea neutra con respecto a tierra en función de las tensiones usando un procedimiento de corriente de nodo.

15 A partir de la solución técnica descrita anteriormente, se puede ver que el dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento de la red de energía eléctrica conectada con el inversor fotovoltaico respecto a tierra proporcionada en la presente divulgación incluye: la primera resistencia, en el que el primer extremo de la primera resistencia está conectada al cable de tierra del inversor fotovoltaico, y el segundo extremo de la primera resistencia está conectado a la primera línea viva; la segunda resistencia, en el que el primer extremo de la segunda resistencia está conectado al cable de tierra, y el segundo extremo de la segunda resistencia está  
20 conectado a la línea neutra; y la primera derivación en serie que incluye la tercera resistencia y el primer dispositivo interruptor conectado en serie, en el que el primer extremo de la primera derivación en serie está conectado al cable de tierra, y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra o a la primera línea viva. En el procedimiento de detección proporcionado en la presente divulgación, el dispositivo de detección puede adquirir las tensiones del cable de tierra y una de las líneas vivas  
25 predeterminadas en los diferentes estados del interruptor, la resistencia de la red de energía eléctrica en relación con la tierra se puede calcular en base a las tensiones, por lo tanto, se realiza la detección del aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica.

### Breve descripción de los dibujos

30 Para ilustrar más claramente la solución técnica en las realizaciones de la presente divulgación o en la tecnología convencional, a continuación, los dibujos requeridos en la descripción de las realizaciones o la tecnología convencional se introducirán simplemente, obviamente, los dibujos en la siguiente descripción son solo algunas realizaciones de la presente divulgación, los expertos en la técnica también podrán obtener otros dibujos  
35 basados en estos dibujos sin ningún trabajo creativo.

La Figura 1 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
40 fotovoltaico de acuerdo con un primer ejemplo de la presente divulgación;

La Figura 2 es un diagrama estructural esquemático de otro dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
fotovoltaico de acuerdo con un primer ejemplo de la presente divulgación;

La Figura 3 es un diagrama de circuito equivalente del dispositivo de detección que se muestra en la Figura  
45 1;

La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
fotovoltaico utilizada en un procedimiento de acuerdo con una primera realización de la invención.

La Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
50 fotovoltaico utilizada en un procedimiento de acuerdo con una segunda realización de la invención.

La Figura 6 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
fotovoltaico utilizada en un procedimiento de acuerdo con una tercera realización de la invención; y

La Figura 7 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor  
55 fotovoltaico utilizada en un procedimiento de acuerdo con una cuarta realización de la invención.

### Descripción detallada de las realizaciones

60 Las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente divulgación se describirán clara y completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos en las realizaciones de la presente divulgación. Obviamente, las realizaciones descritas son solamente una parte de las realizaciones de la presente divulgación, y no son todas las realizaciones. La invención está definida por las reivindicaciones.

### 65 Primer ejemplo

En el ejemplo se proporciona un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico.

5 Se hace referencia a la Figura 1, que es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico de acuerdo con un primer ejemplo de la presente divulgación, la red de energía eléctrica incluye un primera línea viva R, una segunda línea viva S, una tercera línea viva T y una línea neutra N, el dispositivo de detección incluye una primera resistencia R1, una segunda resistencia R2 y una primera derivación en serie. R\_R indica una resistencia de la primera línea viva con respecto a tierra, R\_S indica una resistencia de la segunda línea viva con respecto a tierra, R\_T indica una resistencia de la tercera línea viva con respecto a tierra, R\_N indica una resistencia de la línea neutra con respecto a tierra, y PE es un cable de tierra del inversor fotovoltaico.

15 Un primer extremo de la primera resistencia R1 está conectado al cable de tierra PE, y un segundo extremo de la primera resistencia R1 está conectado a la primera línea viva R. Las tres líneas vivas en la red de energía eléctrica son equivalentes entre sí, es decir, el segundo extremo de la primera resistencia R1 se puede conectar a cualquiera de las líneas vivas en la red de energía eléctrica.

20 Un primer extremo de la segunda resistencia R2 está conectado al cable de tierra PE, y un segundo extremo de la segunda resistencia R2 está conectado a la línea neutra N. La línea neutra N de la red de energía eléctrica es un potencial de referencia cero en el circuito. La segunda resistencia R2 puede estar compuesta por una resistencia simple o múltiples resistencias conectadas en serie, por ejemplo, una resistencia de división de tensión R21 y una resistencia de división de tensión R22 conectadas en serie como se muestra en la Figura 1.

25 La primera derivación en serie incluye una tercera resistencia R3 y un primer dispositivo interruptor Q1 conectado en serie. Un primer extremo de la primera derivación en serie está conectado al cable de tierra PE, y un segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra.

30 En el ejemplo que se muestra en la Figura 1, la primera derivación en serie está conectada en paralelo con la resistencia R\_N de la línea neutra N con respecto a tierra, en otra realización, el segundo extremo de la primera derivación en serie puede estar conectado alternativamente a la primera línea viva R, es decir, la primera derivación en serie está conectada en paralelo con la resistencia R\_R de la primera línea viva R con respecto a tierra, como se muestra en la Figura 2, que es un diagrama estructural esquemático de otro dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico de acuerdo con un primer ejemplo de la presente divulgación.

35 Se hace referencia a la Figura 3, que es un diagrama de circuito equivalente del dispositivo de detección que se muestra en la Figura 1. Dado que la primera línea viva R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y la línea neutra N en la red de energía eléctrica están conectadas en paralelo entre sí, las resistencias de estas líneas relativas a tierra pueden ser equivalentes a una resistencia conectada en paralelo a tierra Req, un extremo de la resistencia conectada en paralelo a tierra Req está conectado al cable de tierra PE, y una tensión equivalente del otro extremo es Ueq. Se pueden obtener dos conjuntos de tensiones de la primera línea viva R y el cable de tierra PE cambiando el estado del interruptor del primer dispositivo interruptor, y así se puede obtener el valor de resistencia de la resistencia conectada en paralelo a tierra Req. Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando el valor de resistencia de la resistencia conectada en paralelo a tierra Req con un valor estándar.

40 En un procedimiento de adquisición de una tensión del cable de tierra PE, la tensión del cable de tierra PE se calcula en base a una tensión detectada en un nodo entre la resistencia de división de tensión R21 y la resistencia de división de tensión R22.

45 Para el ejemplo que se muestra en la Figura 2, el valor de resistencia de la resistencia conectada en paralelo a tierra Req de la red de energía eléctrica se puede obtener de la misma manera.

55 **Primera realización**

En la realización, se usa un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, con la Figura 4 de referencia, que es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico utilizado en una primera realización de la presente divulgación. En comparación con el primer ejemplo, el dispositivo de detección en la primera realización además incluye una cuarta resistencia R4, una quinta resistencia R5 y un segundo dispositivo interruptor Q2, en el que la quinta resistencia R5 y el segundo dispositivo interruptor Q2 están conectados en serie desde una segunda derivación en serie que está conectada en paralelo con la cuarta

resistencia R4.

Un primer extremo de una primera derivación en paralelo que incluye la segunda derivación en serie y la cuarta resistencia R4 está conectada al cable de tierra PE, y un segundo extremo de la primera derivación en paralelo está conectado a la segunda línea viva S, es decir, la primera derivación en paralelo está conectada en paralelo con la resistencia R\_S de la segunda línea viva S con respecto a tierra. Alternativamente, el segundo extremo de la primera derivación en paralelo puede estar conectado a la tercera línea viva T, es decir, la primera derivación en paralelo está conectada en paralelo con la resistencia de la tercera línea viva T con respecto a tierra.

La Figura 4 solamente muestra que la primera derivación en serie está conectada en paralelo con la resistencia R\_R de la primera línea viva R con respecto a tierra, alternativamente, la primera derivación en serie también puede estar conectada con la resistencia R\_N de la línea neutra N relativa al tierra.

De acuerdo con la realización que incluye el primer dispositivo interruptor Q1 y el segundo dispositivo interruptor Q2, existen cuatro estados de combinación de los interruptores. Los valores de resistencia de la resistencia de cada una de las líneas vivas y la línea neutra con respecto a tierra pueden calcularse detectando la tensión de cada una de las primeras líneas vivas R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y el cable de tierra PE en cada uno de los cuatro estados de combinación de los interruptores, para realizar la detección de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica. Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando el valor de resistencia de cada una de la primera línea viva R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y la línea neutra N con respecto a tierra con un valor estándar.

### Segunda realización

En la realización, se usa un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico. Se hace referencia a la Figura 5, que es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación. En comparación con la primera realización, el dispositivo de detección descrito en la segunda realización además incluye una sexta resistencia R6, una séptima resistencia R7 y un tercer dispositivo interruptor Q3, en el que la séptima resistencia R7 y el tercer dispositivo interruptor Q3 están conectados en serie para formar una tercera derivación en serie que está conectada en paralelo con la sexta resistencia R6.

Un primer extremo de una segunda derivación en paralelo que incluye la tercera derivación en serie y la sexta resistencia R6 está conectada al cable de tierra, y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado a la tercera línea T activa, es decir, la tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la resistencia R\_T de la tercera línea viva T con respecto a tierra.

La Figura 5 solo muestra que la primera derivación en serie está conectada en paralelo con la resistencia R\_R de la primera línea viva R con respecto a tierra, alternativamente, la primera derivación en serie también puede estar conectada en paralelo con la resistencia R\_N de la línea neutra con respecto a tierra.

De acuerdo con la realización que incluye el primer dispositivo interruptor Q1, el segundo dispositivo interruptor Q2 y el tercer dispositivo interruptor Q3, existen ocho estados de combinación de los interruptores. Los valores de resistencia de la resistencia de cada una de las líneas vivas y la línea neutra N con respecto a tierra pueden calcularse detectando la tensión de cada una de las primeras líneas vivas R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y el cable de tierra PE en cualquiera de los cuatro estados de combinación de los ocho estados de combinación de los interruptores, para realizar la detección de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica. Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando el valor de resistencia de cada una de la primera línea viva R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y la línea neutra N con respecto a tierra con un valor estándar.

### Tercera realización

En la realización, se usa un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, con referencia a la Figura 6, que es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación. En comparación con el primer ejemplo, el dispositivo de detección en la tercera realización además incluye una quinta resistencia R5 y un segundo dispositivo interruptor Q2 conectado en serie para formar una segunda derivación en serie. Un primer extremo de la segunda derivación en serie está conectado al cable de tierra PE; uno de un segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra N, y el otro del segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie está

conectado a la primera línea viva R. Como se muestra en la Figura 6, el segundo extremo de la segunda derivación en serie está conectado a la primera línea viva R, y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra N.

5 El dispositivo de detección en la realización incluye dos dispositivos interruptores, y los dos dispositivos interruptores tienen cuatro estados de los interruptores. De manera similar a la primera realización, los valores de resistencia de la resistencia de cada una de las líneas vivas y la línea neutra con respecto a tierra pueden calcularse detectando la tensión de cada una de las líneas vivas y el cable de tierra PE en los cuatro estados de combinación de los interruptores, para realizar la detección de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica. Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando el valor de resistencia de cada una de la primera línea viva R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y la línea neutra N con respecto a tierra con un valor estándar.

**Cuarta realización**

15 En la realización, se usa un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, con referencia a la Figura 7, que es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación. En comparación con la tercera realización, el dispositivo de detección en la cuarta realización además incluye una sexta resistencia R6, una séptima resistencia R7 y un tercer dispositivo interruptor Q3, en el que la séptima resistencia R7 y el tercer dispositivo interruptor Q3 están conectados en serie entre sí para formar una tercera derivación en serie. La tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la sexta resistencia R6.

25 Un primer extremo de una segunda derivación en paralelo que incluye la tercera derivación en serie y la sexta resistencia R6 está conectada al cable de tierra PE, y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectada a la tercera línea viva T. La segunda línea viva S se puede reemplazar por la tercera línea viva T de manera equivalente, es decir, la segunda derivación en paralelo se puede conectar en paralelo con la resistencia R\_T de la tercera línea viva T con respecto a tierra como se muestra en la Figura 7, y alternativamente en otra realización, la segunda derivación en paralelo también se puede conectar en paralelo con la resistencia R\_S de la segunda línea viva S con respecto a tierra.

35 El dispositivo de detección en la realización incluye tres dispositivos interruptores, y los tres dispositivos interruptores tienen ocho estados de los interruptores. De manera similar a la segunda realización, los valores de resistencia de la resistencia de cada una de las líneas vivas y la línea neutra con respecto a tierra pueden calcularse detectando las tensiones de cada una de las líneas vivas y el cable de tierra PE en cualquiera de los cuatro estados de combinación de los interruptores de los ocho estados de combinación de los interruptores, para realizar la detección de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica. Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando el valor de resistencia de cada una de la primera línea viva R, la segunda línea viva S, la tercera línea viva T y la línea neutra N con respecto a tierra con un valor estándar.

**Segundo ejemplo**

45 En el ejemplo se proporciona un procedimiento de detección para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico. En el procedimiento de detección, el dispositivo de detección descrito en el primer ejemplo se utiliza para detectar la impedancia de aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica. El procedimiento de detección incluye las etapas S11 a S12.

50 En la etapa S11, los valores de tensión del cable de tierra y una línea viva predeterminada se adquieren en diferentes estados del interruptor de un dispositivo interruptor en el dispositivo de detección, cambiando el estado del interruptor del dispositivo interruptor.

55 Las tensiones del cable de tierra y la primera línea viva en diferentes estados del interruptor del dispositivo interruptor se adquieren en el caso de que se use el dispositivo de detección en la primera realización.

60 En el ejemplo descrito en la Figura 1 o en el ejemplo descrito en la Figura 2, el dispositivo de detección solamente incluye un dispositivo interruptor, y el dispositivo interruptor tiene dos estados del interruptor, es decir, el primer dispositivo interruptor está conectado o desconectado.

65 En el caso de que el primer dispositivo interruptor esté desconectado, se adquiere una tensión U11 del cable de tierra PE y una tensión U21 de la primera línea viva. La tensión U11 y la tensión U21 pueden medirse directamente mediante un dispositivo de medición de tensión. En el caso de que se conecte el primer dispositivo

interruptor, se adquiere una tensión U12 del cable de tierra PE y una tensión U22 de la primera línea viva.

En el caso de que la segunda resistencia incluya dos resistencias de división de tensión, para adquirir la tensión del cable de tierra PE, se puede adquirir primero una tensión en un nodo común de las dos resistencias de división de tensión, y la tensión del cable de tierra PE se puede calcular llevando a cabo el cálculo de división de tensión.

En la etapa S12, se calcula un valor de resistencia de la resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra en base a los valores de tensión.

Tomando como ejemplo el ejemplo que se muestra en la Figura 1, después de adquirir las tensiones de la primera línea viva y el cable de tierra en diferentes estados del interruptor del dispositivo interruptor, con referencia al diagrama de circuito equivalente 3, el valor de resistencia de la resistencia de la línea neutra y las tres líneas vivas conectadas en paralelo en la red de energía eléctrica con respecto a tierra se calcula en función de las tensiones del cable de tierra y la primera línea viva, utilizando un procedimiento de corriente de nodo.

En el caso de que el primer dispositivo interruptor esté desconectado, se cumple la siguiente ecuación de nodo.

$$\frac{U_{21}-U_{11}}{R_1} + \frac{U_{eq}-U_{11}}{R_{eq}} = \frac{U_{11}}{R_2}$$

En el caso de que el primer dispositivo interruptor esté conectado, se cumple la siguiente ecuación de nodo.

$$\frac{U_{22}-U_{21}}{R_1} + \frac{U_{eq}-U_{22}}{R_{eq}} = \frac{U_{22}}{R_2} + \frac{U_{22}}{R_3}$$

En las dos ecuaciones descritas anteriormente, se conocen los valores de R1, R2 y R3, y la resistencia Req de las tres líneas vivas y la línea neutra conectadas en paralelo en la red de energía eléctrica con respecto a tierra puede obtenerse resolviendo el conjunto de ecuaciones.

El cálculo también es aplicable al ejemplo que se muestra en la Figura 2, lo que no se describe detalladamente en la presente memoria.

Se determina si el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica es normal comparando la resistencia conectada en paralelo a tierra Req con un valor estándar.

**Quinta realización**

En la realización se proporciona otro procedimiento de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico. En el procedimiento de detección, el dispositivo de detección que incluye dos dispositivos interruptores (un primer dispositivo interruptor y un segundo dispositivo interruptor) en las realizaciones descritas anteriormente se usa para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica.

De acuerdo con el procedimiento de detección en la realización, los valores de tensión del cable de tierra y una línea viva predeterminada se adquieren en diferentes estados de los interruptores de los dispositivos interruptores cambiando el estado de los interruptores de los dispositivos interruptores. Dado que se utiliza el dispositivo de detección que incluye dos dispositivos interruptores, existen cuatro estados de combinación de los interruptores diferentes. Las tensiones de cada línea viva y el cable de tierra en la red de energía eléctrica en cada estado de combinación de conmutador pueden adquirirse cambiando los estados de combinación de conmutador del primer dispositivo de conmutador y el segundo dispositivo de conmutador.

Luego, los valores de resistencia de las resistencias de la red de energía eléctrica en relación con la tierra se calculan en base a las tensiones. Las resistencias de la red de energía eléctrica con respecto a tierra incluyen: resistencias R\_R de la primera línea viva con respecto a tierra, resistencias R\_S de la segunda línea viva con respecto a tierra, resistencias R\_T de la tercera línea viva con respecto a tierra y resistencias R\_N de la línea neutra con respecto a tierra. Hay cuatro ecuaciones de nodos correspondientes a los cuatro estados de combinación de los interruptores. El valor de resistencia de la resistencia R\_R de la primera línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia R\_S de la segunda línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia R\_T de la tercera línea viva con respecto a tierra y el valor de resistencia de la resistencia R\_N de la línea neutra con respecto a tierra puede calcularse resolviendo las ecuaciones de cuatro

5 nodos.

El procedimiento de detección en la realización se ilustra tomando la realización mostrada en la Figura 6 como ejemplo.

5

En el caso de que tanto el primer dispositivo interruptor Q1 como el segundo dispositivo interruptor Q2 estén desconectados, una tensión U31 del cable de tierra PE, se adquiere una tensión U41 de la primera línea viva y una tensión U51 de la segunda línea viva y una tensión U61 de la tercera línea viva.

10

En el caso de que el primer dispositivo interruptor Q1 se conecte y el segundo dispositivo interruptor Q2 se desconecte, se adquiere una tensión U32 del cable de tierra PE, una tensión U42 de la primera línea viva y una tensión U52 de la segunda línea viva y una tensión U62 de la tercera línea viva.

15

En el caso de que el primer dispositivo interruptor Q1 se desconecte y el segundo dispositivo interruptor Q2 se conecte, se adquiere una tensión U33 del cable de tierra PE, una tensión U43 de la primera línea viva, una tensión U53 de la segunda línea viva y una tensión U63 de la tercera línea viva.

20

En el caso de que tanto el primer dispositivo interruptor Q1 como el segundo dispositivo interruptor Q2 estén conectados, se adquiere una tensión U34 del cable de tierra PE, una tensión U44 de la primera línea viva, una tensión U54 de la segunda línea viva y una tensión U64 de la tercera línea viva.

En base a las tensiones en cada estado de combinación de conmutador, se cumplen las siguientes ecuaciones de nodo.

25

$$\frac{U41-U31}{R1//R\_R} + \frac{U51-U41}{R\_S} + \frac{U61-U41}{R\_T} = \frac{U41}{R2//R\_N}$$

30

$$\frac{U42-U32}{R1//R\_R} + \frac{U52-U42}{R\_S} + \frac{U62-U42}{R\_T} = \frac{U42}{R2//R\_N//R4}$$

35

$$\frac{U43-U33}{R1//R\_R//R5} + \frac{U53-U43}{R\_S} + \frac{U63-U43}{R\_T} = \frac{U43}{R2//R\_N}$$

40

$$\frac{U44-U34}{R1//R\_R//R5} + \frac{U54-U44}{R\_S} + \frac{U64-U44}{R\_T} = \frac{U44}{R2//R\_N//R3}$$

45

En las cuatro ecuaciones descritas anteriormente, se conocen los valores de R1, R2, R3 y R5, el valor de resistencia de la resistencia R\_R de la primera línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia R\_S de la segunda línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia R\_T de la tercera línea viva con respecto a tierra y el valor de resistencia de la resistencia R\_N de la línea neutra con respecto a tierra se puede obtener resolviendo el conjunto de ecuaciones.

50

De acuerdo con la realización de la presente divulgación, si se usa otro dispositivo de detección que tiene dos dispositivos interruptores descritos anteriormente, el procedimiento de datos es el mismo que el descrito anteriormente. Se adquieren las tensiones de cada línea viva y la línea neutra en cuatro estados de combinación de los interruptores. Y luego, las cuatro ecuaciones se resuelven en base a un procedimiento de corriente de nodo. Y, por lo tanto, el procedimiento de detección que usa otro dispositivo de detección que tiene dos dispositivos interruptores no se describe detalladamente en la presente memoria.

55

Se puede ver que, de acuerdo con el procedimiento de detección en la realización, se obtienen las resistencias de cada línea viva y la línea neutra en la red de energía eléctrica con respecto a tierra. Después de obtener las resistencias, se determina el aislamiento de cada una de las líneas cero y las líneas vivas respecto a tierra comparando la resistencia de cada línea con un valor estándar.

60

### Sexta realización

65

En la realización se proporciona otro procedimiento de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada al inversor fotovoltaico. A diferencia de la quinta realización, en la sexta realización, el dispositivo de detección que incluye tres dispositivos interruptores descritos anteriormente

se usa para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica.

Según el procedimiento de detección descrito en la realización, los valores de tensión del cable de tierra y una línea viva predeterminada se adquieren en diferentes estados de los interruptores de los dispositivos interruptores cambiando el estado de los interruptores de los dispositivos interruptores. Dado que el dispositivo de detección incluye tres dispositivos interruptores, hay ocho estados de combinación de los interruptores. Solo se requieren cuatro ecuaciones de nodo para obtener los valores de resistencia de las resistencias de cada línea viva y la línea neutra con respecto a tierra. Por lo tanto, se pueden elegir cuatro de los ocho estados de los interruptores para obtener los valores de tensión.

Entonces, los valores de resistencia de las resistencias de la red de energía eléctrica en relación con la tierra se calculan en base a las tensiones. Las resistencias de la red de energía eléctrica con respecto a tierra incluyen: resistencias  $R_R$  de la primera línea viva con respecto a tierra, resistencias  $R_S$  de la segunda línea viva con respecto a tierra, resistencias  $R_T$  de la tercera línea viva con respecto a tierra y resistencias  $R_N$  de la línea neutra con respecto a tierra. En este caso, las tensiones construyen cuatro ecuaciones de nodo en cuatro estados de combinación de los interruptores, y el valor de resistencia de la resistencia  $R_R$  de la primera línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia  $R_S$  de la segunda línea viva con respecto a tierra, el valor de resistencia de la resistencia  $R_T$  de la tercera línea viva con respecto a tierra y el valor de resistencia de la resistencia  $R_N$  de la línea neutra con respecto a tierra se pueden obtener resolviendo las ecuaciones de cuatro nodos.

De manera similar, cada resistencia se calcula en base a las tensiones en los cuatro estados de combinación de los interruptores utilizando un procedimiento de corriente de nodo, y el procedimiento de cálculo no se describirá en detalle en la presente memoria.

De acuerdo con el procedimiento de detección descrito en la realización, de manera similar, se pueden adquirir las resistencias de cada línea viva y la línea neutra en la red de energía eléctrica con respecto a tierra. Se determina la propiedad de aislamiento de cualquiera de la línea neutra y las líneas vivas respecto a tierra comparando las resistencias adquiridas con un valor estándar.

A partir de la descripción anterior, de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación, se puede realizar la detección de resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra, lo que aumenta enormemente la seguridad de conexión a red del sistema de generación de energía fotovoltaica conectado. El dispositivo de detección puede consistir solamente en elementos de resistencia y dispositivos interruptores. De acuerdo con el procedimiento de detección, el valor de tensión de un nodo se obtiene controlando los estados del interruptor correspondiente al nodo, y luego el procedimiento de corriente de nodo puede adquirir la resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra, el procedimiento de detección es simple y practicable, y el costo del dispositivo de detección es bajo.

La descripción anterior de las realizaciones de la presente memoria permite a los expertos en la técnica implementar o usar la divulgación. Varias modificaciones a estas realizaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. La invención está definida por las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, en el que la red de energía eléctrica comprende una primera línea viva (R), una segunda línea viva (S), una tercera línea viva (T) y una línea neutra (N), y en el que se usa un dispositivo de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica, comprendiendo el dispositivo de detección:
- una primera resistencia (R1), en el que un primer extremo de la primera resistencia (R1) está conectado a un cable de tierra (PE) del inversor fotovoltaico, y un segundo extremo de la primera resistencia (R1) está conectado a la primera línea viva (R);  
 una segunda resistencia (R2), en el que un primer extremo de la segunda resistencia (R2) está conectado al cable de tierra (PE), y un segundo extremo de la segunda resistencia (R2) está conectado a la línea neutra (N);  
 una primera derivación en serie que incluye una tercera resistencia (R3) y un primer dispositivo interruptor (Q1) conectado en serie, en el que un primer extremo de la primera derivación en serie está conectado al cable de tierra (PE) y un segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra (N) o a la primera línea viva (R);  
 una cuarta resistencia (R4); y  
 una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia (R5) y un segundo dispositivo interruptor (Q2) conectado en serie, y en el que la segunda derivación en serie está conectada en paralelo con la cuarta resistencia (R4) a una primera derivación en paralelo, en el que un primer extremo de la primera derivación en paralelo está conectada al cable de tierra (PE), y un segundo extremo de la primera derivación en paralelo está conectada a la segunda línea viva (S),  
 en el que el procedimiento de detección comprende:
- adquirir valores de tensión del cable de tierra (PE) y las líneas vivas (R, S, T) en diferentes estados de los interruptores de los dispositivos interruptores (Q1, Q2) en el dispositivo de detección cambiando el estado de los interruptores de los dispositivos interruptores (Q1, Q2), en el que la línea neutra (N) es un potencial de referencia cero; y  
 calcular un valor de resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra en base a los valores de tensión,  
 en el que la adquisición de valores de tensión comprende: adquirir tensiones de cada línea viva (R, S, T) y el cable de tierra (PE) en la red de energía eléctrica en cada uno de al menos 4 estados de combinación de los interruptores cambiando el estado de combinación de los interruptores del primer dispositivo interruptor (Q1) y el segundo dispositivo interruptor (Q2).
2. El procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de detección además comprende:
- una sexta resistencia (R6); y  
 una tercera derivación en serie que incluye una séptima resistencia (R7) y un tercer dispositivo interruptor (Q3) conectado en serie, en el que la tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la sexta resistencia (R6) a una segunda derivación en paralelo, y en el que un primer extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado al cable de tierra (PE), y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado a la tercera línea viva (T),  
 en el que la adquisición de valores de tensión comprende: adquirir tensiones de cada línea viva (R, S, T) y el cable de tierra (PE) en la red de energía eléctrica en cada uno de al menos cuatro estados de combinación de los interruptores cambiando el estado de combinación de los interruptores del primer dispositivo interruptor (Q1), el segundo dispositivo interruptor (Q2) y el tercer dispositivo interruptor (Q3).
3. El procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la resistencia con respecto a tierra comprende una resistencia de la primera línea viva (R) con respecto a tierra, una resistencia de la segunda línea viva (S) con respecto a tierra, una resistencia de la tercera línea viva (T) con respecto a tierra y una resistencia de la línea neutra (N) con respecto a tierra; y  
 en el que calcular un valor de una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra comprende:  
 calcular los valores de la resistencia de la primera línea viva (R) con respecto a tierra, la resistencia de la segunda línea viva (S) con respecto a tierra, la resistencia de la tercera línea viva (T) con respecto a tierra y la resistencia de la línea neutra (N) con respecto a tierra en base a las tensiones utilizando un procedimiento de corriente de nodo.
4. Un procedimiento de detección para detectar aislamiento con respecto a tierra de una red de energía eléctrica conectada con un inversor fotovoltaico, en el que la red de energía eléctrica comprende una

primera línea viva (R), una segunda línea viva (S), una tercera línea viva (T) y una línea neutra (N), y en el que se usa un dispositivo de detección para detectar el aislamiento con respecto a tierra de la red de energía eléctrica, comprendiendo el dispositivo de detección:

5 una primera resistencia (R1), en el que un primer extremo de la primera resistencia (R1) está conectado a un cable de tierra (PE) del inversor fotovoltaico, y un segundo extremo de la primera resistencia (R1) está conectado a la primera línea viva (R);  
 una segunda resistencia (R2), en el que un primer extremo de la segunda resistencia (R2) está conectado al cable de tierra (PE), y un segundo extremo de la segunda resistencia (R2) está  
 10 conectado a la línea neutra (N);  
 una primera derivación en serie que incluye una tercera resistencia (R3) y un primer dispositivo interruptor (Q1) conectado en serie, en el que un primer extremo de la primera derivación en serie está conectado al cable de tierra (PE) y un segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra (N) o la primera línea viva (R); [!]una segunda derivación en serie que incluye una quinta resistencia (R5) y un segundo dispositivo interruptor (Q2) conectado en serie, en el que un primer extremo de la segunda derivación en serie está conectada al cable de tierra (PE), y uno de un segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie está conectado a la línea neutra (N), y el otro del segundo extremo de la segunda derivación en serie y el segundo extremo de la primera derivación en serie están conectados a la  
 20 primera línea viva (R),  
 en el que el procedimiento de detección comprende:

adquirir valores de tensión del cable de tierra (PE) y las líneas vivas (R, S, T) en diferentes estados de los interruptores de los dispositivos interruptores (Q1, Q2) en el dispositivo de detección cambiando el estado de interruptor de los dispositivos interruptores (Q1, Q2), en el que la línea neutra (N) es un potencial de referencia cero; y  
 25 calcular un valor de resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra en base a los valores de tensión,  
 en el que la adquisición de valores de tensión comprende: adquirir tensiones de cada línea viva (R, S, T) y el cable de tierra (PE) en la red de energía eléctrica en cada uno de al menos 4 estados de combinación de los interruptores cambiando el estado de combinación del interruptor del primer dispositivo interruptor (Q1) y el segundo dispositivo interruptor (Q2).

35 **5.** El procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el dispositivo de detección además comprende:

una sexta resistencia (R6); y  
 una tercera derivación en serie que incluye una séptima resistencia (R7) y un tercer dispositivo interruptor (Q3) conectado en serie, en el que la tercera derivación en serie está conectada en paralelo con la sexta resistencia (R6) a una segunda derivación en paralelo, en el que un primer extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado al cable de tierra (PE), y un segundo extremo de la segunda derivación en paralelo está conectado a la tercera línea viva (T),  
 en el que la adquisición de valores de tensión comprende: adquirir tensiones de cada línea viva (R, S, T) y el cable de tierra (PE) en la red de energía eléctrica en cada uno de al menos cuatro estados de combinación de los interruptores cambiando el estado de combinación del interruptor del primer dispositivo interruptor (Q1), el segundo dispositivo interruptor (Q2) y el tercer dispositivo interruptor (Q3).

50 **6.** El procedimiento de detección de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la resistencia con respecto a tierra comprende una resistencia de la primera línea viva (R) con respecto a tierra, una resistencia de la segunda línea viva (S) con respecto a tierra, una resistencia de la tercera línea viva (T) con respecto a tierra y una resistencia de la línea neutra (N) con respecto a tierra; y  
 en el que calcular un valor de una resistencia de la red de energía eléctrica con respecto a tierra comprende:  
 55 calcular los valores de la resistencia de la primera línea viva (R) con respecto a tierra, la resistencia de la segunda línea viva (S) con respecto a tierra, la resistencia de la tercera línea viva (T) con respecto a tierra y la resistencia de la línea neutra (N) con respecto a tierra en base a las tensiones utilizando un procedimiento de corriente de nodo.

60

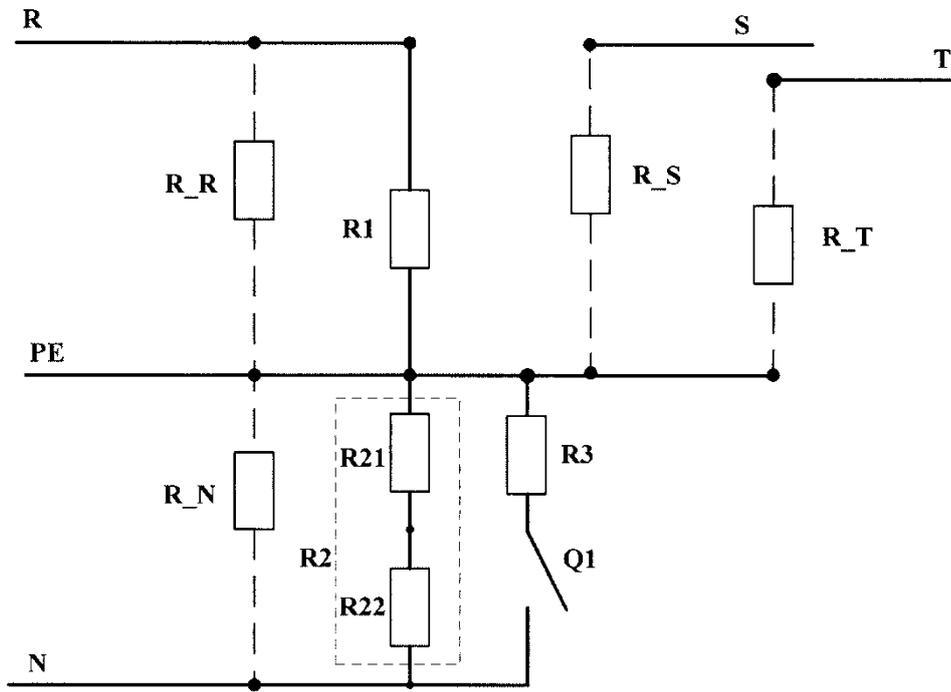


Fig. 1

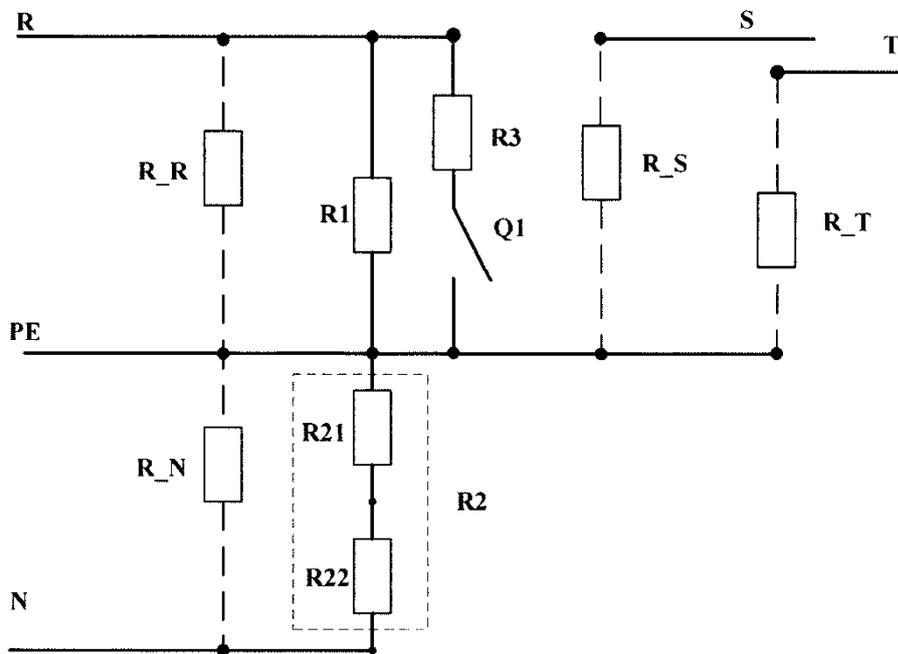


Fig. 2

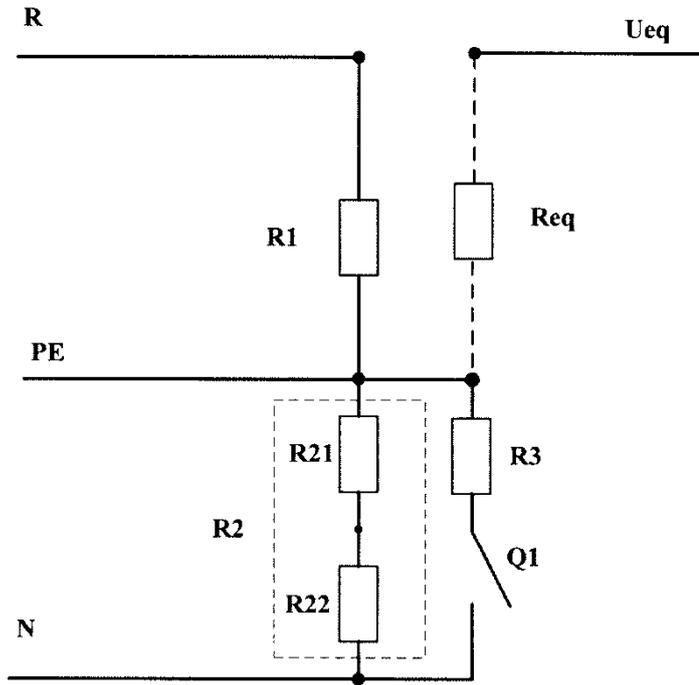


Fig. 3

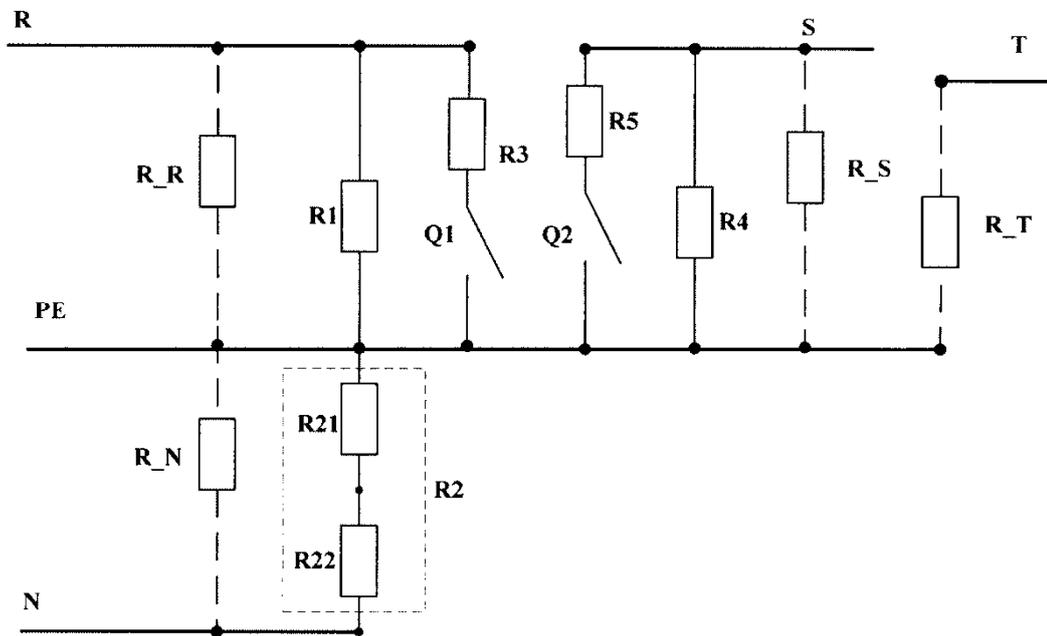


Fig. 4

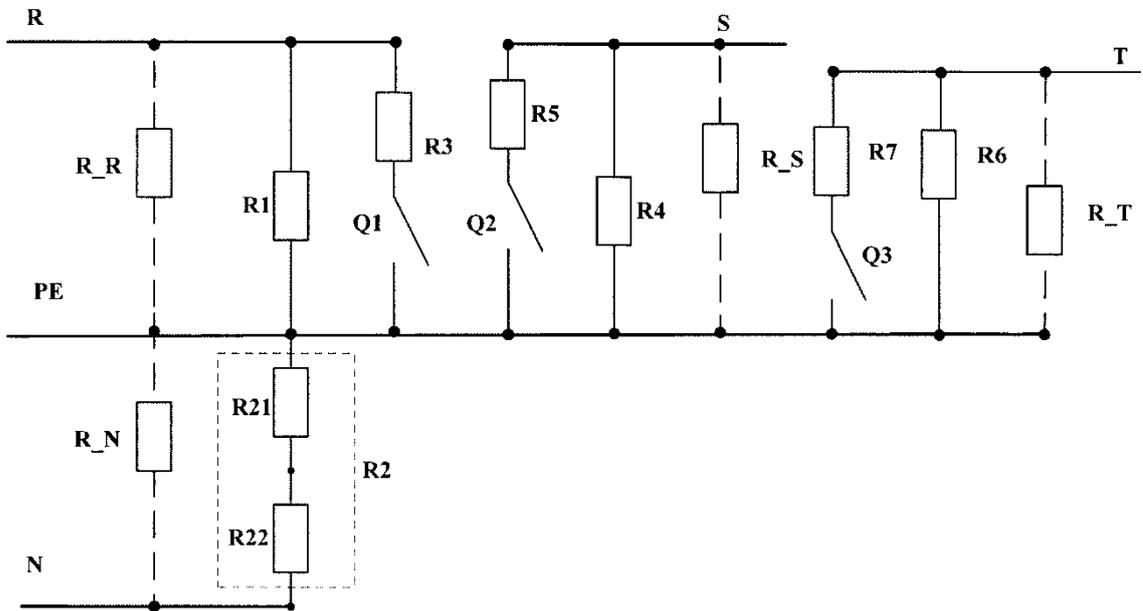


Fig. 5

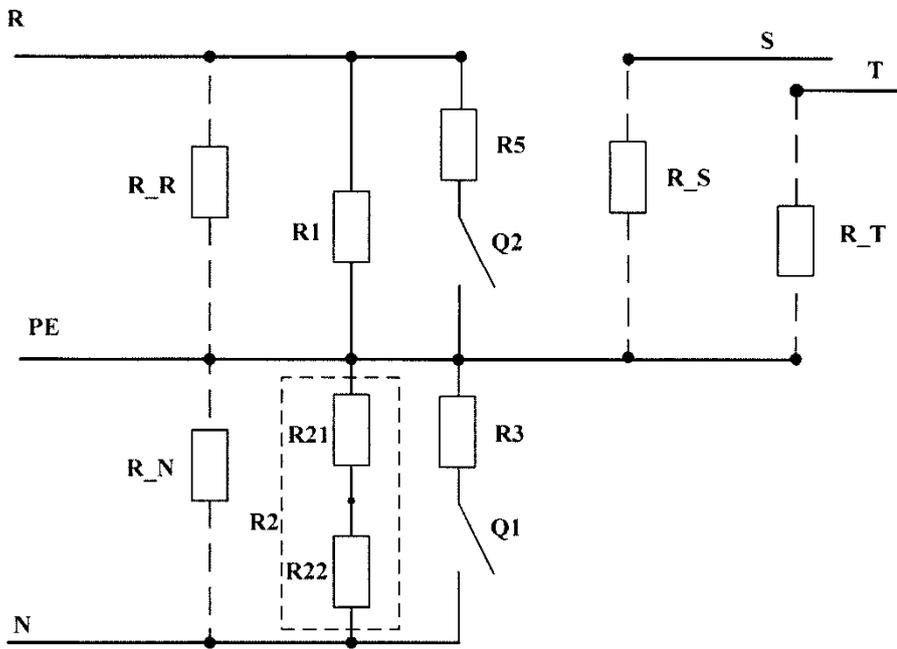


Fig. 6

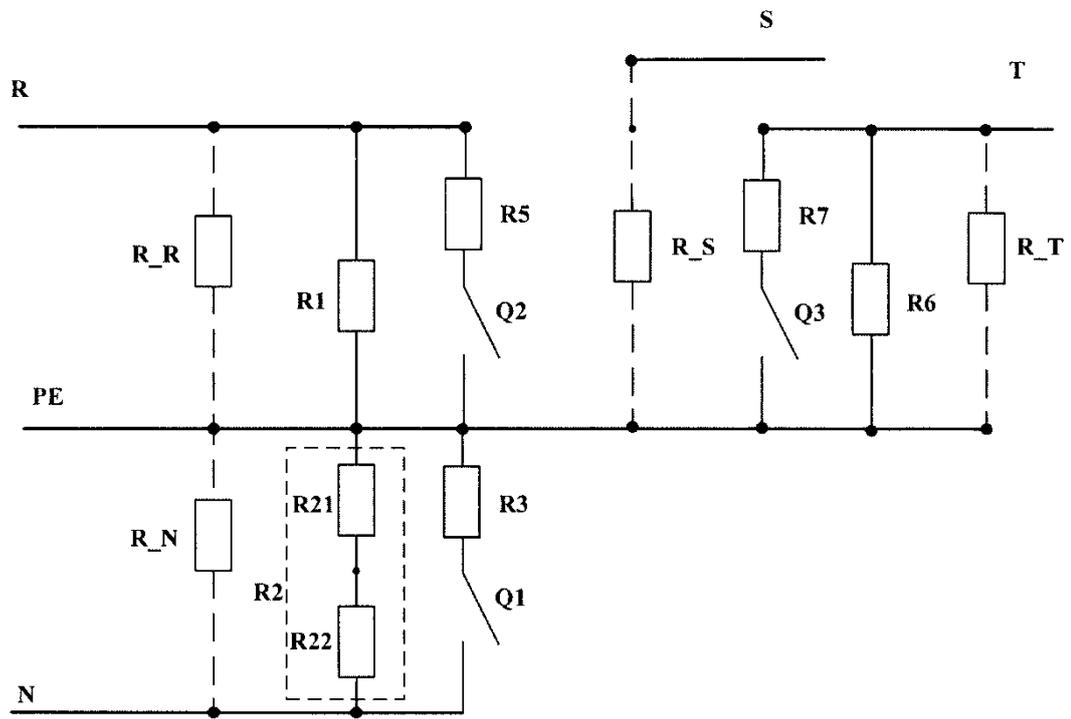


Fig. 7