

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 231**

51 Int. Cl.:

G01R 31/02 (2006.01)
G01R 27/18 (2006.01)
G01R 31/42 (2006.01)
G01R 19/25 (2006.01)
H02S 50/00 (2014.01)
H02H 7/20 (2006.01)
H02H 3/33 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2015** E 15164570 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** EP 2947468

54 Título: **Aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor fotovoltaico sin transformador**

30 Prioridad:

28.04.2014 KR 20140050554

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

08.05.2020

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)
127 LS-ro, Dongan-gu
Anyang-si, Gyeonggi-do 431-848, KR**

72 Inventor/es:

LEE, IL YONG

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 759 231 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

Aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor fotovoltaico sin transformador

Antecedentes de la divulgación

1. Campo de la divulgación

5 La presente divulgación se refiere a un aparato de monitorización de corriente de fuga y, particularmente, a un aparato de monitorización de corriente de fuga que monitoriza una corriente de fuga de componente resistiva perjudicial para un cuerpo humano en una corriente de fuga en asociación con un inversor fotovoltaico (abreviado como "PV" a continuación en el presente documento) sin transformador conectado a una red.

2. Antecedentes de la divulgación

10 Al generar energía eléctrica PV, la energía eléctrica se genera usando una disposición de un módulo PV, y un tipo de energía generada a partir de la disposición del módulo PV es la corriente continua (abreviada como "CC" a continuación en el presente documento). Por tanto, con el fin de suministrar la energía eléctrica generada a una fuente de demanda tal como una vivienda o una empresa, se requiere convertir la energía eléctrica de CC en energía eléctrica de corriente alterna (abreviada como "CA" a continuación en el presente documento).

15 La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de generación de energía PV con conexión a red 10.

El sistema de generación de energía PV con conexión a red 10 puede incluir un módulo PV 11, un inversor 12 y una red 13. El módulo PV 11 genera energía eléctrica de CC usando luz solar, y la energía eléctrica generada se convierte en energía eléctrica de CA a través del inversor 12 y se transfiere a la red 13.

Deben tenerse en cuenta la eficiencia y la estabilidad cuando se genera energía eléctrica con luz solar.

20 El inversor 12 puede clasificarse como un inversor, que se aísla eléctricamente mediante un transformador, y un inversor sin transformador que no incluye un transformador. Recientemente, está llamando mucho la atención el inversor sin transformador que presenta ventajas en cuanto a condiciones tales como eficiencia, precio, volumen y peso. Sin embargo, puede producirse una corriente de fuga de gravedad en el inversor sin transformador que no incluye el transformador.

25 En la figura 1 se ilustran condiciones de fallo de un terminal PV+ o un terminal PV- del módulo PV 11.

Cuando se produce una corriente de fuga, pueden existir una componente resistiva R y una componente capacitiva C entre una línea eléctrica y la tierra. En este caso, una corriente de fuga provocada por la componente capacitiva C es un valor que siempre existe debido a una característica del módulo PV 11, y no es una componente perjudicial para un cuerpo humano. Una corriente de fuga provocada por la componente resistiva R es una componente perjudicial que puede afectar a organismos tales como plantas y cuerpos humanos.

30 Por tanto, se requiere responder ante una corriente de fuga de componente resistiva cuando se usa el inversor sin transformador.

Se conocen aspectos generales de la detección de corrientes de fuga, por ejemplo, a partir de:

El documento JP 2004 012147 A da a conocer un dispositivo y un método de monitorización de aislamiento.

35 El documento EP 1 898 225 A1 da a conocer un sistema y un método para detectar una corriente de fuga.

El documento EP 1 855 122 A1 da a conocer un interruptor de corriente de fuga.

El documento US 2010/131215 A1 da a conocer monitorización y detección de aislamiento para sistemas de suministro de energía eléctrica.

40 GIAMPAOLO BUTICCHI *ET AL.* dan a conocer: "A DC Offset Current Compensation Strategy in Transformerless Grid-Connected Power Converters", IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, NY, EE.UU., vol. 26, n.º 4, 1 de octubre de 2011 (01-10-2011), páginas 2743-2751, XP011385580, ISSN: 0885-8977, 001: 10.1109/TPWRD.2011.2167160

Sumario de la divulgación

45 Por tanto, un aspecto de la esta divulgación es proporcionar un aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor PV sin transformador, que mide una corriente de fuga de componente resistiva a partir de una corriente de fuga detectada desde un inversor PV sin transformador, potenciando de ese modo la seguridad frente al riesgo de lesión en el cuerpo de un usuario y un fallo en una red que se provoca cuando funciona un inversor.

El objetivo anterior se logra mediante la invención definida en las reivindicaciones independientes; en las

reivindicaciones dependientes se definen realizaciones de la invención.

Para lograr estas y otras ventajas y según el propósito de esta divulgación, tal como se realiza y se describe ampliamente en el presente documento, un aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor fotovoltaico sin transformador según la presente invención que comprende:

- 5 un filtro de paso bajo configurado para eliminar un ruido de alta frecuencia de una señal de corriente de fuga detectada;
- una calculadora de valor promedio configurada para calcular un valor promedio de una salida del filtro de paso bajo;
- un elemento de eliminación de componente de corriente continua configurado para restar el valor promedio de la salida del filtro de paso bajo para eliminar una componente de corriente continua;
- 10 una sección de circuito de bucle de enganche de fase configurada para calcular un valor de pico y una fase de una señal de la que se ha eliminado la componente de corriente continua; y
- una calculadora de corriente de fuga de componente resistiva configurada para calcular un valor de componente resistiva de una corriente de fuga, basándose en el valor de pico y la fase calculados por la sección de circuito de bucle de enganche de fase.
- 15 Cuando una fase de una tensión de red es θ_{red} , la fase calculada por la sección de circuito de bucle de enganche de fase es θ_{zct} , y un valor de corriente de pico calculado por la sección de circuito de bucle de enganche de fase es I_{pico} , la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva calcula un valor cuadrático medio de una componente de corriente alterna (CA) de la corriente de fuga tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{valor cuadrático medio} = \frac{\cos(\Delta\theta)SI_{pico}}{\sqrt{2}}$$

- 20 donde $\Delta\theta$ es $\theta_{red} - \theta_{zct}$,
- un valor de componente resistiva de la corriente de fuga se calcula sumando un valor absoluto del valor promedio, calculado por la calculadora de valor promedio, al valor cuadrático medio.

Además, $\Delta\theta$ puede ser un valor obtenido sumando adicionalmente una fase para compensación de retardo.

- 25 Una función de cada uno del filtro de paso bajo, la calculadora de valor promedio, el elemento de eliminación de componente de CC y la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva puede realizarla un microprocesador.

El aparato puede comprender además:

- un transformador de corriente de fase cero configurado para medir una corriente de fuga;
- 30 una unidad de amplificación configurada para amplificar una señal de salida del transformador de corriente de fase cero; y
- un convertidor analógico-digital configurado para convertir una señal analógica de la unidad de amplificación en una señal digital.

- 35 Un alcance adicional de aplicabilidad de la presente solicitud resultará más evidente a partir de la descripción detallada facilitada a continuación en el presente documento. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la divulgación, se facilitan solo a modo de ilustración, dado que diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la divulgación resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la descripción detallada. La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mayor comprensión de la divulgación y se incorporan en, y constituyen una parte de, esta divulgación, ilustran realizaciones a modo de ejemplo y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la divulgación.

En los dibujos:

- 45 la figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de generación de energía eléctrica PV con conexión a red;

la figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de generación de energía

eléctrica PV con conexión a red al que se aplica un aparato de monitorización de corriente de fuga según una realización a modo de ejemplo de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama de circuito que ilustra una configuración de una unidad de amplificación en el aparato de monitorización de corriente de fuga según una realización a modo de ejemplo de la presente invención; y

- 5 la figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración del aparato de monitorización de corriente de fuga según una realización a modo de ejemplo de la presente invención.

Descripción detallada de la divulgación

- 10 Ahora se facilitará una descripción con detalle de las realizaciones a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos. Por motivos de una breve descripción con referencia a los dibujos, a componentes iguales o equivalentes se les proporcionarán los mismos números de referencia, y no se repetirá la descripción de los mismos.

A continuación en el presente documento, se describirá con detalle un aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor PV sin transformador según una realización a modo de ejemplo de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

- 15 La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un sistema de generación de energía eléctrica PV con conexión a red 20 al que se aplica un aparato de monitorización de corriente de fuga 23 según una realización a modo de ejemplo de la presente invención. Un transformador de corriente de fase cero (abreviado como "ZCT" a continuación en el presente documento) se dispone en una línea de energía eléctrica a través de la cual se suministra energía eléctrica desde un inversor 12 a una red 13, y mide una corriente de fuga que fluye en el inversor 12.

- 20 Como ejemplo detallado del ZCT 21, puede usarse un ZCT de tipo de orificio en el que una línea de señal a través de la cual fluye una corriente de fuga se bobina alrededor de un núcleo de tipo toroidal en el que la línea de energía eléctrica pasa a través del interior del mismo. Un bobinado de la línea de energía eléctrica y un bobinado de una línea neutra pasan a través de un orificio del ZCT 21, y se mide una corriente de fuga que fluye en cada una de las dos líneas de señal. En este caso, los bobinados de las dos líneas de señal se bobinan en el mismo sentido, y a medida que se bobina más un bobinado, se amplifica un valor de corriente de fuga.

- 25 Una corriente de fuga que fluye realmente puede dividirse en una componente capacitiva C de la tierra y una componente resistiva R provocada por un fallo en una red. El ZCT 21 puede emitir la corriente de fuga medida como un valor de tensión dentro de un intervalo determinado.

- 30 Una unidad de amplificación 22 puede amplificar una salida del ZCT 21. Esta amplificación es para ajustar un nivel de tensión de salida del ZCT 21 a un nivel de tensión que puede introducirse en el aparato de monitorización de corriente de fuga 23.

La unidad de amplificación 22 puede configurarse de diversas maneras dependiendo de las necesidades. La figura 3 ilustra un ejemplo de la unidad de amplificación 22.

- 35 Cuando se introduce una señal de tensión medida desde el ZCT 21, la señal de tensión puede amplificarse a una razón de $-R2/R1$ mediante un primer amplificador operacional OP1, y puede amplificarse de nuevo a una razón de $-R4/R3$ mediante un segundo amplificador operacional OP2.

- 40 En este caso, debido a un condensador de realimentación C1 del primer amplificador operacional OP1 y un condensador de realimentación C2 del segundo amplificador operacional OP2, puede realizarse un filtrado a una frecuencia de corte de $1/2 \pi R2C1$ y una frecuencia de corte de $1/2 \pi R4C2$. Es decir, la unidad de amplificación 22 puede realizar adicionalmente una función de filtro además de una función de amplificación.

El aparato de monitorización de corriente de fuga 23 puede calcular un valor de componente resistiva de una corriente de fuga basándose en una señal amplificada por la unidad de amplificación 22. El aparato de monitorización de corriente de fuga 23 puede configurarse con el fin de que un microprocesador realice la totalidad o algunos de los elementos del mismo.

- 45 En una realización a modo de ejemplo en la que el aparato de monitorización de corriente de fuga 23 está configurado con el microprocesador, una señal analógica amplificada por la unidad de amplificación 22 debe convertirse en una señal digital. Con este fin, un convertidor analógico-digital (A/D) puede proporcionarse fuera del microprocesador, o puede integrarse en el microprocesador.

- 50 Como ejemplo detallado, en caso de usar el convertidor A/D del microprocesador, cuando se supone que un nivel de tensión de entrada del convertidor A/D es de 3 V y un nivel de tensión de salida del ZCT 21 es de 5 V, la unidad de amplificación 22 puede configurarse para que tenga un grado de amplificación de 2/3. En este caso, por ejemplo, los valores de resistencia respectivos de una pluralidad de resistores R1 a R4 pueden ser de 15 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω y 100 k Ω .

Haciendo referencia a la figura 4, el aparato de monitorización de corriente de fuga 23 comprende un filtro de paso bajo 23-2, una calculadora de valor promedio 23-3, un elemento de eliminación de componente de CC 23-4, una sección de circuito de bucle de enganche de fase (abreviada como sección de circuito de "PLL" a continuación en el presente documento) 23-5 y una calculadora de corriente de fuga de componente resistiva 23-6. Además, el aparato de monitorización de corriente de fuga 23 puede comprender además un convertidor A/D 23-1 que recibe una señal analógica amplificada por la unidad de amplificación 22 y convierte la señal analógica en una señal digital para emitir la señal digital.

El filtro de paso bajo 23-2 puede eliminar un ruido de alta frecuencia, que tiene una frecuencia mayor que una frecuencia de corte predeterminada, de una señal de entrada.

Por ejemplo, cuando la unidad de amplificación 22 está configurada tal como se ilustra en la figura 3, una señal medida por el ZCT 21 puede filtrarse dos veces.

La calculadora de valor promedio 23-3 puede calcular un valor promedio (un valor de CC) de una salida del filtro de paso bajo 23-2. Por ejemplo, la calculadora de valor promedio 23-3 puede calcular periódicamente el valor promedio.

El elemento de eliminación de componente de CC 23-4 puede restar el valor promedio, calculado por la calculadora de valor promedio 23-3, de una salida del filtro de paso bajo 23-2 para eliminar una componente de CC, permitiendo de ese modo que solo quede una componente de CA. El motivo por el que se elimina la componente de CC mediante el elemento de eliminación de componente de CC 23-4 es para un procesamiento de PLL.

La sección de circuito de PLL 23-5 puede convertir una señal de CA, de la que se ha eliminado la componente de CC, en un marco de referencia síncrono para calcular un valor de pico y una fase de una señal correspondiente.

La calculadora de corriente de fuga de componente resistiva 23-6 puede calcular un valor de componente resistiva de una corriente de fuga basándose en el valor de pico y la fase calculados por la sección de circuito de PLL 23-5.

En primer lugar, la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva 23-6 puede calcular un valor cuadrático medio de una componente de CA de la corriente de fuga tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{valor cuadrático medio} = \frac{\cos(\Delta\theta) I_{\text{Pico}}}{\sqrt{2}}$$

donde cuando una fase de una tensión de red es θ_{red} y una fase calculada por la sección de circuito de PLL 23-5 es θ_{zct} , $\Delta\theta$ es $\theta_{\text{red}} - \theta_{\text{zct}}$, e I_{pico} es un valor de pico de una componente de CA calculada por la sección de circuito de PLL 23-5.

En este caso, " $\theta_{\text{red}} - \theta_{\text{zct}}$ " indica una diferencia de fase entre una componente resistiva R y una componente capacitiva C de una corriente de fuga.

La calculadora de corriente de fuga de componente resistiva 23-6 puede sumar un valor absoluto del valor promedio, que se calcula mediante la calculadora de valor promedio 23-3, al valor cuadrático medio para calcular un valor de componente resistiva de la corriente de fuga. El motivo por el que se suma el valor absoluto del valor promedio calculado por la calculadora de valor promedio 23-3 es porque se incluye una componente de CC en la corriente de fuga de componente resistiva pero se elimina para un procesamiento realizado por la sección de circuito de PLL 23-5.

Además, cuando se calcula $\Delta\theta$, la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva 23-6 puede calcular $\Delta\theta$ como un valor que se obtiene sumando una fase predeterminada para compensación de retardo. Por ejemplo, cuando la fase para compensación de retardo es θ_{retardo} , $\Delta\theta$ puede calcularse como " $\theta_{\text{red}} + \theta_{\text{retardo}} - \theta_{\text{zct}}$ ".

La fase para compensación de retardo es para compensar el retardo temporal que está provocado por el cálculo del software cuando la sección de circuito de PLL 23-5 está configurada con el microprocesador.

El aparato de monitorización de corriente de fuga 20 según una realización a modo de ejemplo de la presente invención puede configurarse como un único cuerpo que tiene una caja común al inversor 12. En este caso, no se necesita un aparato de medición de corriente de fuga adicional y, por tanto, el sistema de generación de energía eléctrica PV con conexión a red 20 puede implementarse de manera más conveniente.

Además, pueden tomarse diversas medidas según un valor de componente resistiva de una corriente de fuga calculado por el aparato de monitorización de corriente de fuga 23. Por ejemplo, cuando un valor de corriente de fuga de componente resistiva es mayor que un valor predeterminado, puede detenerse el funcionamiento del inversor 12.

Según las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, solo puede medirse una componente resistiva de una corriente de fuga que se produce cuando funciona un inversor PV.

Por tanto, la estabilidad frente a un fallo en una red o el riesgo de lesión en el cuerpo de un usuario que toca un inversor puede potenciarse deteniendo el funcionamiento del inversor en un estado de riesgo. En particular, cuando el inversor está configurado para realizar una función correspondiente, no se necesita un aparato de medición de corriente de fuga adicional y, por tanto, el aparato de monitorización de corriente de fuga puede aplicarse de manera más conveniente.

5

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para monitorizar una corriente de fuga de un inversor fotovoltaico sin transformador, comprendiendo el aparato:
- 5 un filtro de paso bajo (23-2) configurado para eliminar un ruido de alta frecuencia de una señal de corriente de fuga detectada; caracterizado porque el aparato comprende además:
- una calculadora de valor promedio (23-3) configurada para calcular un valor promedio de una salida del filtro de paso bajo (23-2);
- un elemento de eliminación de componente de corriente continua (23-4) configurado para restar el valor promedio de la salida del filtro de paso bajo (23-2) para eliminar una componente de corriente continua;
- 10 una sección de circuito de bucle de enganche de fase (23-5) configurada para calcular un valor de pico y una fase de una señal de la que se ha eliminado la componente de corriente continua; y
- una calculadora de corriente de fuga de componente resistiva (23-6) configurada para calcular un valor de componente resistiva de una corriente de fuga, basándose en el valor de pico y la fase calculados por la sección de circuito de bucle de enganche de fase (23-5),
- 15 en el que cuando una fase de una tensión de red es θ_{red} , la fase calculada por la sección de circuito de bucle de enganche de fase es θ_{zct} , y un valor de corriente de pico calculado por la sección de circuito de bucle de enganche de fase es I_{pico} , la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva calcula un valor cuadrático medio de una componente de corriente alterna de la corriente de fuga tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$valor\ cuadrático\ medio = \frac{\cos(\Delta\theta)I_{Pico}}{\sqrt{2}}$$

- 20 donde $\Delta\theta$ es $\theta_{red} - \theta_{zct}$,
- un valor de componente resistiva de la corriente de fuga se calcula sumando un valor absoluto del valor promedio, calculado por la calculadora de valor promedio, al valor cuadrático medio.
- 25 2. El aparato según la reivindicación 1, en el que $\Delta\theta$ es un valor obtenido sumando adicionalmente una fase para compensación de retardo.
3. El aparato según la reivindicación 1, en el que una función de cada uno del filtro de paso bajo (23-2), la calculadora de valor promedio (23-3), el elemento de eliminación de componente de corriente continua (23-4) y la calculadora de corriente de fuga de componente resistiva (23-6) es realizada por un microprocesador.
- 30 4. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
- un transformador de corriente de fase cero (21) configurado para medir una corriente de fuga;
- una unidad de amplificación (22) configurada para amplificar una señal de salida del transformador de corriente de fase cero (21); y
- 35 un convertidor analógico-digital (23-1) configurado para convertir una señal analógica de la unidad de amplificación (22) en una señal digital.

FIG. 1

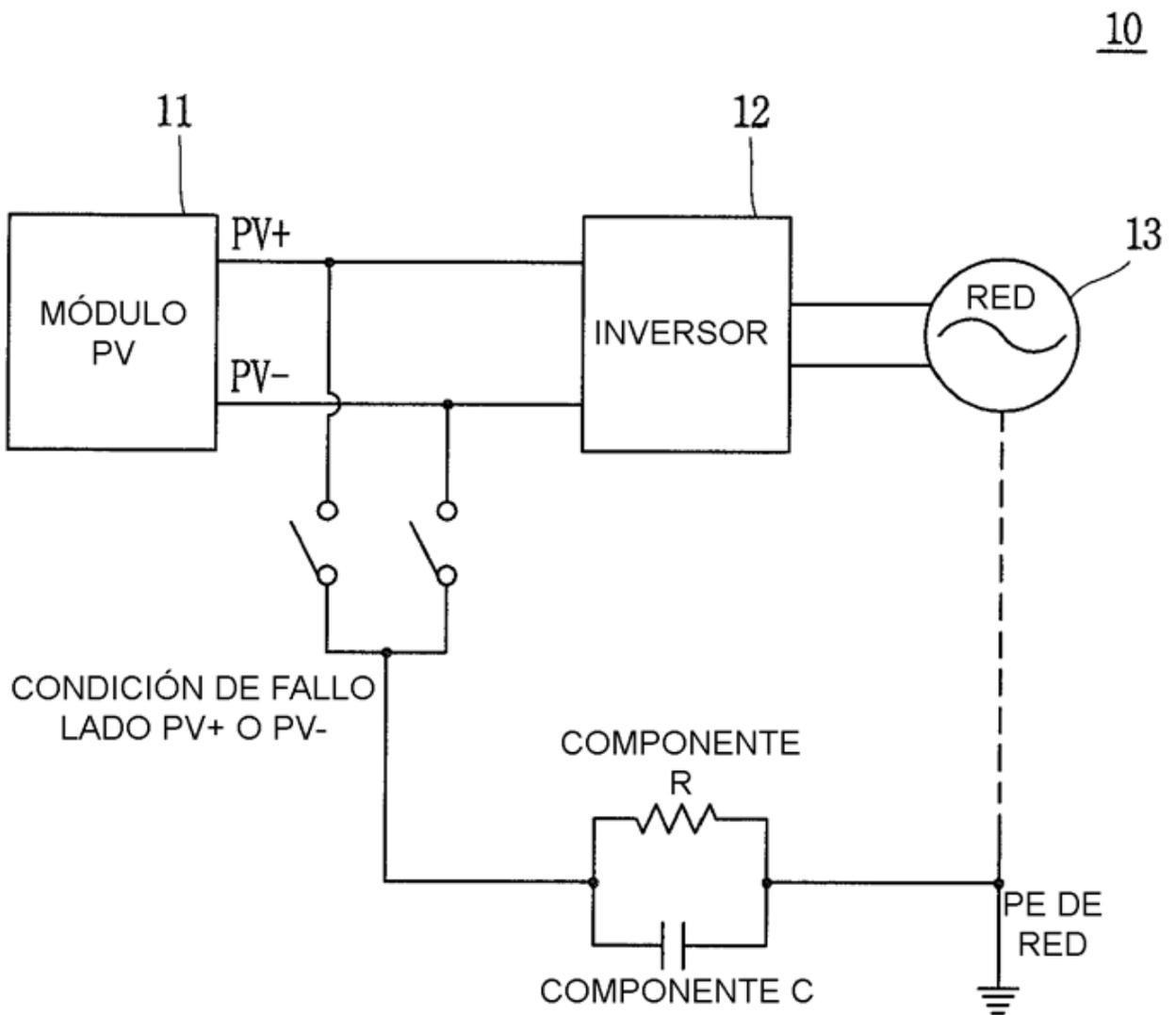


FIG. 2

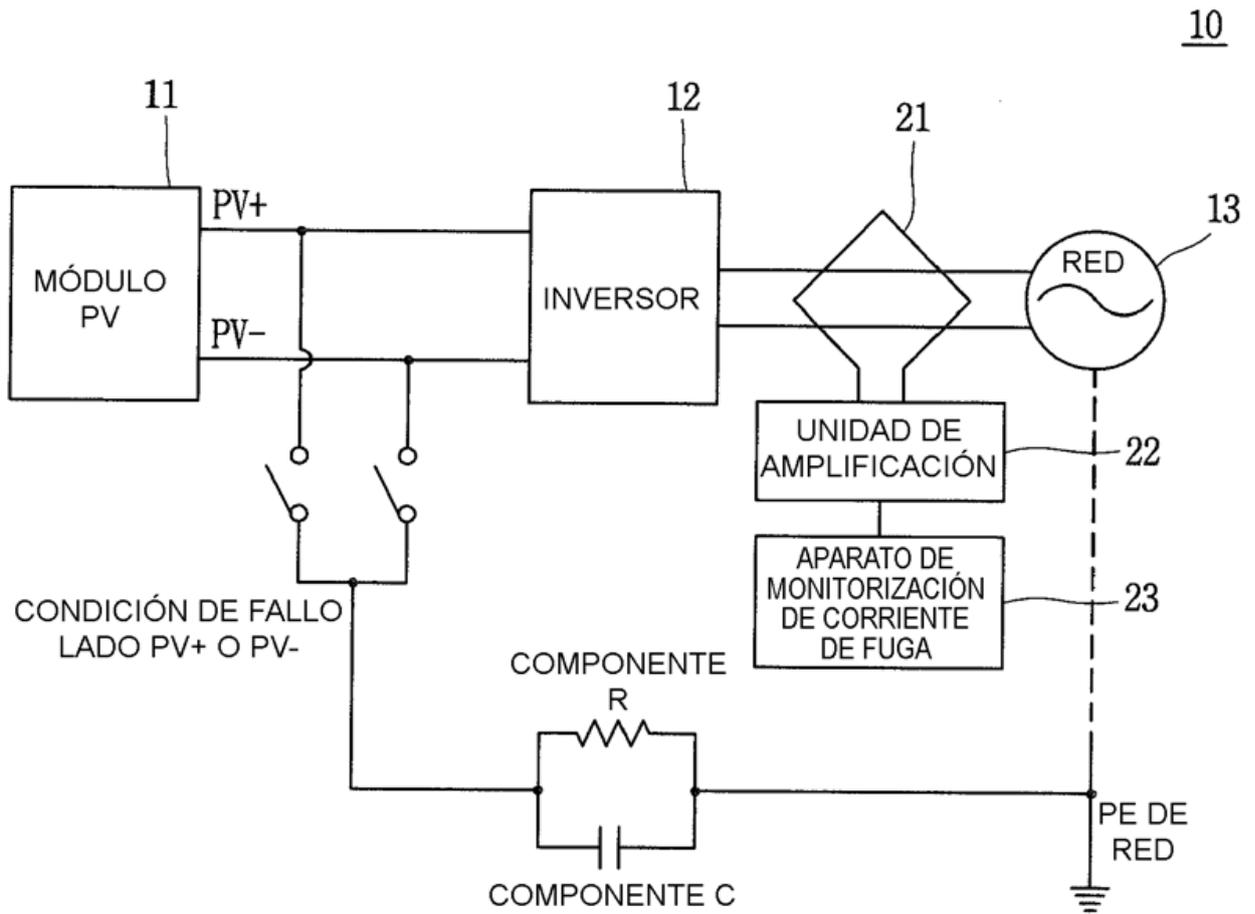


FIG. 3

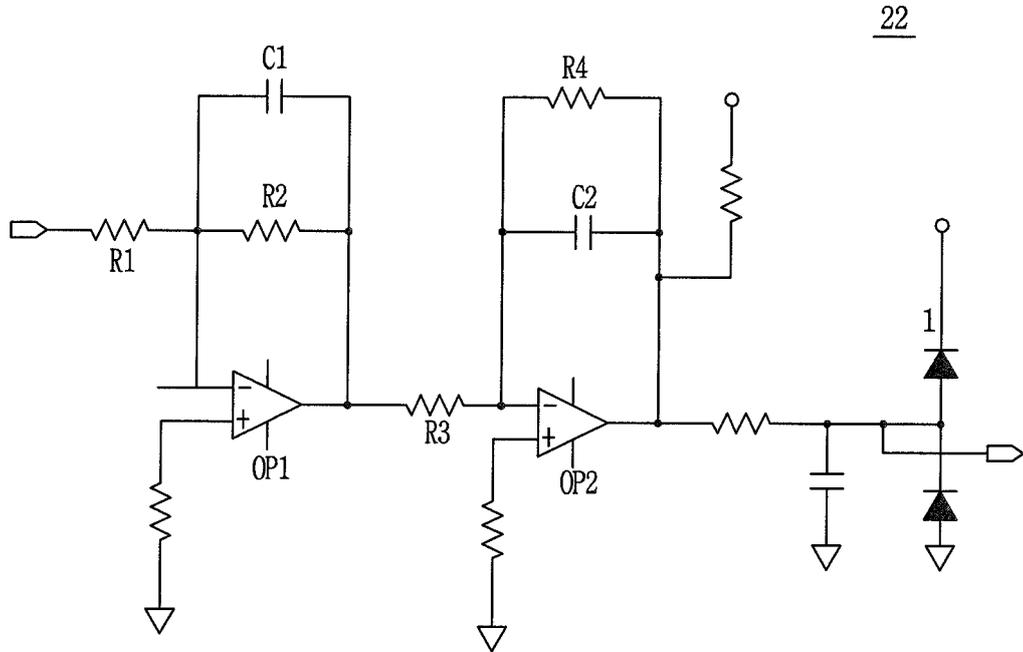


FIG. 4

