

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 934 156**

51 Int. Cl.:

G01R 31/40

(2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2015 PCT/DK2015/050215**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16008497**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2015 E 15738583 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2022 EP 3170012**

54 Título: **Método y sistema de detección y localización de fallos en sistemas de CC**

30 Prioridad:

18.07.2014 DK 201470457

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

17.02.2023

73 Titular/es:

**EMAZYS APS (100.0%)
Kochsgade 31D
5000 Odense C, DK**

72 Inventor/es:

**BASU, RONNI;
ANDERSEN, ANDERS RAND;
HUSEN, PETER y
HAMKENS, DANIEL**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 934 156 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 detección y localización de fallos en sistemas de CC

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un método y un sistema, según las reivindicaciones 1 y 8 respectivamente, para la detección y localización de fallos de un fallo en un sistema de CC que comprende múltiples fuentes de CC conectadas en serie.

Antecedentes de la invención

- 10 La detección y localización de fallos de un fallos o fallos en un sistema de CC con múltiples fuentes de CC es una técnica importante para mantener los sistemas de energía y para hacer funcionar dichos sistemas de manera óptima. Sin embargo, los sistemas de CC en realidad pueden convertirse en sistemas complejos cuando se ensamblan y durante el funcionamiento. La tarea de encontrar fallos se vuelve fácilmente compleja y los fallos supuestos y su localización en un sistema, cuando el componente real se encuentra e inspecciona, pueden resultar que no es defectuoso o no está ubicado donde se esperaba. Del mismo modo, la localización de fallos puede llevar mucho tiempo, si no es prácticamente inviable o incluso imposible si cada fuente se ha de probar individualmente.

- 15 En particular, los sistemas de CC pueden instalarse durante la instalación con desviaciones de la instalación prevista y pueden introducirse fallos. Del mismo modo, un sistema de CC puede dañarse o degenerarse con el tiempo con una gran cantidad de combinaciones de posibles fallos.

- 20 Los sistemas de CC pueden incluir sistemas fotovoltaicos (FV), sistemas de baterías, sistemas de pilas de combustible o híbridos de los mismos o disposiciones similares caracterizadas por tener disposiciones de fuentes múltiples en serie.

- 25 La solicitud de patente WO2012152284 divulga generalmente un método para diagnosticar un fallo dentro de los sistemas de celdas solares que incluyen múltiples módulos de celdas solares. Parte del documento WO2012152284 también divulga un método para la localización de fallos y la determinación del tipo de fallo. Sin embargo, el procedimiento de localización de fallos requiere el uso de una configuración adicional que incluya una polarización de CC. Además, el método requiere el análisis de la medición en un dominio diferente (reflectometría en el dominio del tiempo), lo que agrega complejidad al procedimiento.

- 30 El estado de la técnica, incluida la solicitud de patente WO2012152284 también se limita en un aspecto más al sugerir el uso de sistemas o métodos que deben configurarse o aplicarse individualmente. Por lo tanto, aunque se pueden detectar y localizar fallos individuales, se deben conectar, desconectar o reconfigurar diferentes aparatos o métodos para lograr las mediciones. Por lo tanto, existe la necesidad de un aparato o procedimiento más integrado que pueda facilitar la detección y localización e incluso mejorar la detección y localización al permitir evaluaciones combinadas. Por lo tanto, se desea un solo dispositivo o enfoque para detectar una multitud de fallos diferentes pero a priori desconocidos aunque detectables.

Objetivo de la invención

- 35 Es un objetivo de esta divulgación superar las limitaciones de la técnica anterior. Es un objetivo adicional divulgar características de detección y localización de fallos que son importantes en situaciones del mundo real donde los sistemas de potencia pueden tener complejidades y estar expuestos a fallos que, en retrospectiva, cuando se encuentran, podrían derivarse, pero cuando no se conocen a priori serían muy difíciles de encontrar sin una metodología robusta o un equipo apropiado, incluyendo la elección del modelo.

- 40 Aunque la técnica anterior ha divulgado el uso de mediciones de impedancia para fallos construidos en entornos de laboratorio simples, existe la necesidad de una solución práctica que sea operable y funcione en el campo.

- 45 El estado de la técnica puede haberse centrado en la identificación de un fallo particular y haber proporcionado un método y un sistema para ello. Sin embargo, la detección de fallos y la localización de fallos en la práctica mejorarían mediante un método y un sistema que pueda proporcionar resultados fiables que sean, al menos suficientes, para distinguir una pluralidad de fallos.

Descripción de la invención

Un objetivo de la invención se consigue mediante un método de detección y localización de fallos de un fallo en un sistema de CC que comprende múltiples fuentes de CC conectadas en serie. El método puede comprender el acto de conexión de un aparato de prueba a al menos un terminal del sistema de CC y a la tierra del sistema de CC.

- 50 El método comprende al menos una repetición de un acto de aplicación de una señal de CA de prueba a al menos un terminal del sistema de CC, un acto de detección de la señal de CA de respuesta a la señal de CA de prueba en un solo terminal y/ o en la tierra del sistema de CC; y un acto de comparación de la señal de CA de respuesta con la señal

de CA de prueba para detectar un fallo y la ubicación del fallo en el sistema de CC por medio de espectroscopia de impedancia.

De ese modo, se divulga un procedimiento robusto y un procedimiento fiable.

5 Si no hay fallos de tierra, se podría conectar con seguridad un medidor LCR de la técnica anterior al ánodo o al cátodo ya los terminales de tierra. Sin embargo, tal suposición o eliminación de fallos de tierra complicará y perturbará la detección de fallos. Esto es relevante ya que la mayoría de los DUT (Dispositivo bajo prueba) habrán mostrado algún comportamiento defectuoso antes de que se lleven a cabo las operaciones de diagnóstico o servicio. Mediante la aplicación de los procedimientos descritos, se han atendido sistemáticamente los fallos de tierra y se han detectado y localizado de manera fiable y regular los fallos reales en casos de campo.

10 Si hay un fallo de tierra, el aparato de prueba y el uso del mismo según el tipo de la técnica anterior en general pueden correr el riesgo de producir resultados ambiguos, correr el riesgo de ser destruidos e incluso poner en riesgo al operador.

15 Si bien este procedimiento puede parecer simple, se requiere un uso diligente en todos los actos para eliminar, suficientemente, los errores y falsos positivos proporcionando resultados sobre los fallos y sus ubicaciones que sean fiables o al menos mejores que las metodologías previamente conocidas. Como tal, la aplicación del método descrito produce resultados que son generalmente de tal calidad que se puede distinguir una pluralidad de fallos y determinar su ubicación.

20 Debe recordarse que la alternativa es inspeccionar cada fuente de CC individualmente u obtener falsos positivos o simplemente resultados poco claros. En un sistema de CC, digamos una matriz FV o una cadena FV, puede haber cientos o incluso miles de fuentes individuales de células FV solares. Obtener resultados fiables que reducirán la tarea a quizás decenas de fuentes es un gran logro. Un experto en la técnica apreciará que el método señalado es escalable y se puede aplicar a partes, subpartes, etc. de un sistema de CC bajo prueba tal como un DUT.

Al hacerlo, se ha demostrado que el procedimiento produce una detección y localización fiable de fallos. Se ha demostrado que la detección y localización de fallos es más precisa y fácil de realizar que de otra manera.

25 Según el método, el acto de comparación implica el uso de espectroscopia de impedancia.

Para realizar la espectroscopia de impedancia, el acto de detección implica realizar una medición adecuada para la espectroscopia de impedancia. Dicha medición puede denominarse medición de impedancia, que puede realizarse utilizando un muestreador de analógico a digital lo suficientemente rápido.

30 Esto puede ser realizado por un procesador tal como una unidad central de procesamiento (CPU) a cargo de almacenar y analizar los resultados de al menos una medición.

En la práctica, la detección y el posicionamiento de fallos pueden implicar más de una configuración de medición.

Se entiende que la espectroscopia de impedancia abarca actos de procesamiento de señales, análisis de datos y un modelado matemático, y la espectroscopia de impedancia se puede realizar como se describe en el documento WO2012152284.

35 El método puede implicar actos repetitivos de realizar una o más mediciones en una o más configuraciones. Dicho método puede implicar múltiples mediciones en múltiples configuraciones.

El método divulgado puede implicar la medición de un espectro de impedancia completo, es decir, no solo la medición de impedancia en una única frecuencia.

40 Si se registra un espectro completo al medir la impedancia, entonces la comparación o el análisis se vuelven más precisos debido a una determinación de la impedancia más precisa o fiable (menos influenciada por artefactos e influencias sistemáticas).

45 Esto permite validar los datos registrados aumentando por tanto la precisión de la medición. Si algo influye sistemáticamente en la impedancia, mientras se realizan las mediciones necesarias, la precisión de la localización puede verse afectada negativamente. La precisión con respecto a la localización es la característica esencial del sistema y, por lo tanto, el método proporciona una forma no trivial de asegurar esto.

Cuando se registra un espectro completo de frecuencias de CA, se pueden aplicar las relaciones de Kramers-Kronig para estudiar si la medición de la impedancia ha sido influida por errores como artefactos de instrumento, ruido o fenómenos dependientes del tiempo. Las relaciones matemáticas de Kramers-Kronig no son significativas para el análisis de mediciones en una sola frecuencia.

50 Según un aspecto del método, el acto de conexión implica aplicar una carga al sistema de CC.

Según un aspecto del método, la carga es una carga débil.

Una carga débil puede tener un límite superior para dar como resultado una "carga no destructiva" y puede obtenerse como resultado de la caracterización del sistema de CC (bajo prueba).

5 Aunque no limitado a esto, pero para ejemplificar la ventaja de tener una carga o una carga débil está el caso de detectar la correcta funcionalidad de un diodo de puenteo (BPD) usando espectroscopia de impedancia en una cadena fotovoltaica. En tal caso, donde el sombreado parcial es un fallo, es importante que se extraiga una pequeña corriente de CC de los terminales de las cadenas FV. Esta corriente debe ser lo suficientemente grande como para encender completamente un BPD que proteja las celdas FV que están siendo sombreadas. Por lo general, se utiliza una corriente en el rango de 10 mA a 100 mA. Esta corriente también debería ser lo suficientemente grande como para que se desarrolle una caída de voltaje de CC suficiente en las celdas FV sombreadas para encender el BPD.

10 El rango 10mA-100mA es un rango no exclusivo para, por ejemplo, sistemas FV y un aparato de prueba estándar puede reflejar una corriente resultante de una carga débil.

15 En este caso, la resistencia de una celda FV individual en condiciones de oscuridad se convierte en un parámetro importante. Para las células sanas, esta resistencia es mayor a varias decenas de ohmios, pero es un valor que puede disminuir con el paso del tiempo, por ejemplo, debido a la degradación inducida potencial o térmicamente (PID y TID, respectivamente) y también depende de la temperatura de la celda.

20 Por lo tanto, es ventajoso determinar si la corriente CC consumida por la carga débil es lo suficientemente grande como para garantizar que el voltaje a través de cualquier cadena de celdas sombreada sea lo suficientemente grande como para encender su BPD asociado. Esto se puede hacer midiendo la impedancia sin carga de la cadena FV en condiciones de luz diurna y con un número conocido de celdas FV en un panel FV completamente sombreado. En este caso, también es importante señalar que puede haber grandes variaciones de una celda a otra en sistemas que han estado sujetos al envejecimiento durante varios años. En este caso, a menudo se ve que las barreras semiconductoras en algunas celdas pueden destruirse por completo actuando básicamente como cortocircuitos, independientemente de la intensidad de la iluminación. Al estimar la impedancia de las celdas sombreadas, es por lo tanto ventajoso sombrear un número significativo de celdas (digamos, 20-50 celdas o más en digamos un sistema de 25 100-1000 celdas), de modo que la impedancia medida resultante por celda sea representativa de la impedancia de celda promedio en toda la cadena de módulos.

Por lo tanto, se ha encontrado que tener una carga o una carga débil en el sentido de una carga suficiente para encender completamente un diodo de derivación permite la detección fiable de BPD defectuosos.

30 Esto se puede generalizar para ser aplicable a cualquier semiconductor similar o componente discreto con características similares.

Según otro aspecto, el método comprende los actos de caracterización del sistema de CC y de determinación de la carga basándose en el resultado de la caracterización del sistema de CC, cuya carga determinada, cuando se usa, no es destructiva.

35 Por tanto, actúa determinando una carga adecuada lo suficientemente grande para inducir el efecto deseado y al mismo tiempo lo suficientemente pequeña para no introducir errores (incluyendo artefactos) en las mediciones.

Según un aspecto adicional, el método comprende el acto de detención de al menos una de las fuentes de CC conectadas en serie.

Se ha demostrado que los procedimientos y la metodología considerados permiten una forma eficiente de localizar fallos.

40 En un modo de realización, un acto puede ser ajustar el procedimiento hasta que se detecte o distinga un cierto fallo conocido antes de realizar la repetición de detener una fuente.

La detención se puede realizar en forma de divide y vencerás para que se puedan diagnosticar secciones de un sistema.

45 Por una forma de "divide y vencerás" se entiende un procedimiento o un algoritmo de descomposición de una cadena con N elementos subdividiendo la cadena/subcadena "recursivamente". Dicho enfoque reduce la complejidad de realizar una localización de un fallo que requiere Log (N) pasos, que es más eficiente que la búsqueda "lineal" que puede tomar N pasos.

Según otro aspecto, el acto de conectar implica el uso de una conexión capacitiva entre el aparato de prueba y el sistema de CC.

50 Se ha descubierto que para encontrar la impedancia del sistema de CC, la contribución a la impedancia medida del acoplamiento o interfaz debe ser comprendida, contabilizada o incluso eliminada o retirada.

Según un aspecto más, la señal de CA de prueba tiene frecuencias que van desde unos pocos Hz hasta varios MHz. Según un aspecto más, la señal de CA de prueba es una frecuencia de barrido.

Según un aspecto más, el aparato de prueba realiza automáticamente la repetición en intervalos periódicos o en intervalos de tiempo sincronizados.

Esto permite que las pruebas sean realizadas por una persona. En un modo de realización, el inspector puede controlar de forma remota los intervalos de tiempo. En otro modo de realización, los intervalos de tiempo están predeterminados y tabulados y se ponen a disposición del operador. Alternativamente, las pruebas se realizan mediante una disposición de disparador.

Según otro aspecto, el sistema de CC es un sistema FV y la fuente de CC es una unidad FV y en donde el acto de detención de una sola unidad FV comprende el acto de bloqueo de la luz de la unidad FV.

En un modo de realización, las fuentes conectadas en serie son paneles solares. En este caso el bloqueo de la producción de energía se puede realizar colocando una sombra en el panel solar uno por uno. Cada vez que se realiza una nueva medición de impedancia. La colocación de la sombra sobre un módulo donde, por ejemplo, un diodo está defectuoso se indicará muy claramente en el resultado de la espectroscopia de impedancia. Por lo tanto, para cada panel es posible colocar la sombra sobre el panel, realizar una prueba de impedancia y continuar con el siguiente panel. De esta forma, se puede probar rápidamente un sistema bastante grande, que tal vez comprenda varias cadenas de paneles solares conectados en serie. La sombra se puede conseguir mediante un panel plano que tenga un peso bajo de 1-5 kg. La sombra se puede colocar sobre una estructura telescópica, de manera que sea posible desde el suelo cubrir los paneles solares colocados en el techo uno a uno por una sombra.

Se consigue un objetivo específico utilizando un método como el divulgado, donde la detección y localización de un fallo es un fallo de semiconductor. El semiconductor defectuoso puede ser un diodo defectuoso, cuyo diodo defectuoso puede ser de tipo BPD.

Los BPD son disposiciones de seguridad esenciales en los sistemas FV. Si el BPD no está activo, las celdas individuales en un panel pueden comenzar a disipar energía. Esto sucede cuando se invierte el voltaje en la celda, lo que puede deberse a sombras u otros fenómenos. Al rastrear los BPD defectuosos, es posible evitar pérdidas de producción y peligros de incendio.

Se consigue un objetivo específico usando un método como el divulgado donde la detección y localización de un fallo es de un fallo de conexión. El fallo de conexión puede ser una desconexión o un fallo de conmutador o un fallo de conmutación. El fallo de conexión puede deberse a conectores corroídos o ensamblajes de cajas de conexiones.

Es muy relevante encontrar fallos de desconexión, ya que dicho fallo eliminará la producción por completo. Una desconexión clara es, por lo tanto, un tipo de fallo que tiene la mayor prioridad posible con respecto al servicio y mantenimiento. La localización de la desconexión es esencial para agilizar el proceso de atención y apoyar así la economía del sistema.

Se logra un objetivo específico usando un método como el divulgado donde la detección y localización de un fallo es un fallo de tierra o un fallo a tierra.

Los fallos de tierra son fuentes esenciales de peligros en los sistemas FV y deben evitarse. A menudo, un interruptor de circuito se activará en el caso de un fallo de tierra y esto significa que la producción se detendrá hasta que se corrija el fallo. Los fallos de puesta a tierra son por naturaleza difíciles de localizar y rara vez se pueden ver a simple vista, cuando los paneles son accesibles.

Se logra un objetivo específico mediante el uso de actos de conexión de terminales para realizar y combinar mediciones de voltaje (V_+ , V_{VG}) a través de todos los terminales conectados del sistema de CC y comparando las mediciones mediante actos de mediciones de espectroscopia de impedancia.

De este modo, es posible evaluar la naturaleza distribuida de una fuga a tierra en un sistema dado, cuyo sistema puede ser un sistema FV. Además, es posible establecer una función o una medición para determinar si la fuga está dominada por uno o un solo canal de fuga. El experto en la materia será capaz de establecer dicha función o medición para distinguir entre el carácter más único o más distribuido de la fuga.

Un objetivo específico puede avanzar aún más mediante el uso de actos de realización de las mediciones de voltaje (V_+ , V_{VG}) usando resistencias configurables individualmente, digamos R_1 y R_2 , dispuestas entre los terminales positivo y negativo y entre una resistencia de prueba, digamos R_{PRUEBA} , a tierra del instrumento.

Las resistencias R_1 , R_2 configurables incluso se pueden variar automáticamente.

Por lo tanto, al usar un método como el descrito, en el que la detección y localización de un fallo comprende actos de conexión de terminales sobre múltiples fuentes de CC individuales y la combinación de mediciones de voltaje individuales (V_+ , V_{VG}) se puede establecer una ubicación de un fallo.

Un objetivo de la invención se consigue mediante un aparato de detección y localización de fallos configurado para detectar un fallo en un sistema de CC que comprende múltiples fuentes de CC conectadas en serie. Dicho aparato de detección y localización de fallos o aparato de prueba puede comprender un conector configurado para conectar el

- aparato a al menos un terminal del sistema de CC ya tierra del sistema de CC; una fuente de CA configurada para generar una señal de CA de prueba y configurada para aplicar la señal de CA de prueba al conector; un detector configurado para detectar la señal de CA de respuesta a la señal de CA de prueba aplicada un comparador configurado para comparar la señal de CA de prueba y la señal de CA de respuesta por medio de espectroscopia de impedancia y para generar el resultado de la detección de un fallo y la ubicación del fallo en el sistema de CC.
- El detector puede incluir medios para medir la impedancia, los cuales pueden ser un muestreador analógico a digital suficientemente rápido.
- El sistema puede comprender un procesador tal como una unidad central de procesamiento (CPU) encargada de almacenar y analizar los resultados de al menos una medición.
- El sistema también se puede configurar para realizar la detección y el posicionamiento de fallos que implican más de una configuración de medición.
- El sistema puede configurarse para realizar espectroscopia de impedancia, que se entiende que abarca medios configurados para un procesamiento de señales, un análisis de datos y un modelado matemático.
- La espectroscopia de impedancia se puede configurar tal como se divulga en el documento WO2012152284.
- Según un aspecto, el aparato de detección y localización de fallos puede configurarse además con una carga. La carga puede ser una carga débil. La carga puede ser una carga no destructiva obtenida como resultado de la caracterización del sistema de CC.
- Según un aspecto, el aparato de detección y localización de fallos puede configurarse además con una interfaz electrónica con al menos un conmutador en una configuración de multiplexor para aplicar señales de CA de prueba y recibir señales de CA de respuesta.
- Según un aspecto, el aparato de detección y localización de fallos puede configurarse además con un conmutador configurado para desconectar todos los terminales y el aparato configurado para autoevaluar las fuentes de la señal de CA de prueba, el detector y/o para autoevaluar el comparador
- Según un aspecto, el aparato de detección y localización de fallos puede configurarse además con el conector que comprende condensadores de acoplamiento que proporcionan un tipo de acoplamiento capacitivo de acoplamiento de terminales a un sistema de CC.
- Un experto en la técnica apreciará los requisitos del aparato de detección y localización de fallos en términos de funcionalidad requerida por el método descrito y, por lo tanto, configurará el aparato de detección y localización de fallos en consecuencia. Además, en un modo de realización, el aparato puede ser un aparato de medición de impedancia móvil que funciona con batería, o el método realizado puede utilizar dicho aparato móvil.
- La prueba de impedancia puede llevarse a cabo en una ventana de frecuencia que puede verse perturbada por ruidos de la red de voltaje (por ejemplo, 50 Hz y armónicos de 50 Hz), si se intercambia energía entre el aparato y la red.
- Por esta razón, el aparato puede ser alimentado ventajosamente por un suministro de voltaje de batería o una pila de combustible. Esto reduce o incluso resuelve todos los problemas relacionados con el ruido de la red, al mismo tiempo que permite que el aparato sea móvil. Esto tiene una gran relevancia práctica ya que los generadores de CC tienden a colocarse de forma muy descentralizada, por ejemplo, en azoteas y zonas rurales. El aparato de medición de impedancia alimentado por batería se vuelve así muy práctico ya que permite mediciones sin ruido en el campo debido al hecho de que solo una persona puede transportarlo.
- En un modo de realización, el aparato puede configurarse con una interfaz hombre-máquina, "MMI", basada en comunicación inalámbrica a través de una unidad de control remoto, y el control remoto puede tener una memoria significativa integrada para que los datos puedan almacenarse, retransmitirse y aplicarse para optimizar el rendimiento del aparato.
- El aparato puede estar adaptado para conectarse a una red tal como una red de área local o Internet. El aparato puede adaptarse además para transmitir datos a través de la red y distribuir datos a través de un servidor. El aparato se puede adaptar para que funcione con un control remoto, ya sea como un controlador dedicado o como un subprograma (app) en un dispositivo portátil, tal como un teléfono inteligente, una tableta o un dispositivo informático portátil.
- Se puede lograr un objeto mediante un aparato de detección y localización de fallos para la detección y localización de un fallo en un sistema de CC que comprenda múltiples fuentes de CC conectadas en serie, el aparato de detección y localización de fallos que comprende:
- un conector configurado para conectar el aparato a al menos un terminal positivo y un terminal negativo del sistema de CC ya tierra (16) del sistema de CC;
 - una fuente de CA configurada para generar una señal de prueba de CA y configurada para aplicar la señal de prueba de CA al conector;

- un detector configurado para detectar la señal de prueba de CA de respuesta a la señal de prueba aplicada;
- un comparador configurado para comparar la señal de prueba de respuesta y la señal (22) de prueba y para generar el resultado de la detección de un fallo y la ubicación del fallo en el sistema de CC por medio de espectroscopia de impedancia,

- 5 - una interfaz electrónica con al menos un conmutador en una configuración de multiplexor para aplicar señales de prueba y recibir la señal de prueba de CA de respuesta de todas las permutaciones de al menos dos de los terminales.

Por lo tanto, el aparato es capaz de realizar una multitud de detecciones y localización de fallos como un solo dispositivo, ya que la interfaz electrónica proporciona una solución no trivial, detección y caracterización de fallos del mundo real. El aparato podrá cambiar fácilmente entre los métodos de prueba requeridos para detectar una multitud de fallos diferentes pero a priori desconocidos aunque detectables. Los fallos pueden requerir configuraciones, diferentes métodos o procedimientos analíticos, pero la interfaz permite que esas configuraciones, métodos o procedimientos se apliquen correctamente o de manera más efectiva.

10

La interfaz puede ser una unidad separada o integrada con las conexiones.

15

En particular, puede haber tres terminales de conexión para la conexión entre el instrumento y los terminales positivo (DUT+) y negativo (DUT-) del dispositivo bajo prueba (DUT) y también su referencia a tierra (DUT_GND). Puede haber varios conmutadores electrónicos o mecánicos dispuestos en una configuración de multiplexor para permitir una secuencia de mediciones de impedancia entre dos de los tres terminales conectados del DUT sin ayuda manual. Esto puede permitir que las siguientes tres permutaciones de medición estén disponibles a través de la electrónica de multiplexación: Primero; entre DUT+ y DUT-, segundo; entre DUT+ y DUT_GND y tercero; entre DUT y DUT_GND.

20

Además, el multiplexor puede permitir una desconexión completa de la electrónica de medición de los terminales de DUT para permitir la realización de procedimientos de autocomprobación con el fin de verificar el HW y el SW del instrumento correctos.

25

Además, los condensadores de acoplamiento de CA y otros componentes aseguran una pequeña impedancia de acoplamiento en términos de señales de CA aplicadas desde un circuito de espectroscopia de impedancia y para proteger el mismo circuito contra los voltajes de terminal DUT generalmente altos en el rango de +/-1000V y las corrientes transitorias de carga y descarga de los condensadores de acoplamiento.

Puede haber resistencias configurables de forma independiente que pueden ser configurables, y en el rango de 100 kilohmios - 10 megaohmios o en el orden de megaohmios, conectadas entre los terminales de DUT y la conexión a tierra del instrumento y los circuitos para la medición de los voltajes de CC a través de estas resistencias.

30

Puede haber una carga resistiva configurable en los terminales DUT+ y DUT-, y la resistencia puede configurarse en el rango de 0.1 ohmios a 1 megaohmio.

Entonces, el aparato puede configurarse para una medición automática de impedancias entre dos terminales cualesquiera de un dispositivo de tres puertos conectado al instrumento. Dicha medición automática de impedancias entre dos terminales cualquiera de un dispositivo de tres puertos conectado al instrumento donde el voltaje de CC a través de las mismas terminales puede estar en el rango de +/-1000V.

35

El aparato también puede permitir mediciones de impedancias entre los terminales del DUT+ y del DUT- con una carga de CC interna configurable en el instrumento conectado a los terminales.

El aparato también puede permitir la medición de voltajes de CC en todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento.

40

El aparato también puede permitir mediciones de voltajes de CC en todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento.

El aparato también puede permitir mediciones de voltajes de CC de todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento y donde las mediciones se recopilan para al menos dos configuraciones diferentes de las mismas cargas resistivas y después analizadas para encontrar fugas resistivas entre los terminales de DUT.

45

El aparato también puede permitir mediciones de voltajes de CC en todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento y donde las mediciones se recopilan para al menos dos configuraciones diferentes de las mismas cargas resistivas y después analizadas para encontrar fugas resistivas entre los terminales de DUT, en particular cuando el DUT es un sistema FV y la resistencia de fuga de interés es la resistencia de aislamiento hacia la tierra del sistema.

50

- El aparato también puede permitir mediciones de voltajes de CC de todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento, y donde las mediciones se recopilan para al menos dos configuraciones diferentes de las mismas cargas resistivas y después analizadas para encontrar fugas resistivas entre terminales DUT. En particular, cuando el DUT es un sistema FV y la resistencia de fuga es la resistencia de aislamiento. Cuando se encuentra que la resistencia de aislamiento es demasiado baja (típicamente <1 megaohmios) y donde se lleva a cabo el análisis para ubicar la fuga en una sola ubicación en el sistema FV.
- El aparato también puede permitir la medición de voltajes de CC de todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento y con la carga de CC configurable interna del instrumento conectada entre los terminales DUT+ y DUT-.
- El aparato también puede permitir mediciones de voltajes de CC en todos los terminales de DUT hacia la tierra del instrumento, donde la medición se lleva a cabo a través de cargas resistivas configurables de forma independiente colocadas entre los terminales del instrumento y la tierra del instrumento y con la carga de CC configurable interna del instrumento conectada entre los terminales DUT+ y DUT- y con el propósito de recopilar varios puntos en la curva IV para el DUT.
- El aparato también puede permitir una medición combinada de impedancias entre los terminales de DUT+ y de DUT- y de los voltajes de CC en todos los terminales de DUT con una carga de CC interna configurable en el instrumento conectado entre los terminales de DUT+ y de DUT-, y donde la carga se considera "débil", que puede estar en el rango de 0-100 mA de corriente que se está consumiendo.
- El aparato también puede permitir una medición combinada de impedancias entre los terminales de DUT+ y de DUT- y de los voltajes de CC en todos los terminales de DUT con una carga de CC interna configurable en el instrumento conectado entre los terminales de DUT+ y de DUT- y donde la carga se considera "débil", que puede estar en el rango de 0-100 mA de corriente que se está consumiendo y donde el propósito es verificar la funcionalidad correcta de los módulos FV.
- Por lo tanto, el aparato puede usarse para una multitud de mediciones, cuyas mediciones individualmente o en combinación permiten la detección y localización de fallos.
- En un aspecto, el aparato de detección y localización de fallos comprende una fuente de CC configurada para generar una señal de prueba de CC y estar configurada para aplicar la señal de prueba de CC al conector.
- Esta fuente de CC puede ser una parte integrada del aparato o unidad dentro del aparato y puede configurarse para proporcionar una señal de prueba de CC al DUT, que pueden ser fuentes de CC conectadas en serie.
- Esto permitirá la detección en circunstancias en las que no haya voltaje disponible en el DUT o sea insuficiente.
- En un aspecto, la interfaz (212) electrónica del aparato de detección y localización está configurada para poder desconectar todos los terminales y el aparato puede configurarse para autocomprobar las fuentes de CA, las fuentes de CC o tanto la señal de prueba como el detector y /o para autocomprobar el comparador.
- En un aspecto de la detección y localización, el aparato comprende además condensadores de acoplamiento que proporcionan un tipo de acoplamiento 40 capacitivo de acoplamiento de terminales (14+, 14-, 16) a un sistema de CC.
- En un aspecto de la detección y localización, la interfaz electrónica comprende resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente situadas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo respectivamente. Además, una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra del instrumento y el terminal de tierra del sistema.
- Esta configuración particular permite la evaluación del carácter distribuido de la fuga y puede usarse para guiar la localización y evaluaciones adicionales apropiadas que pueden permitir una detección más local o identificar un fallo y su localización.
- En un aspecto del aparato de detección y localización al menos las resistencias configurables (R_1 , R_2) son variables y, opcionalmente, automáticamente variables.
- Esto facilita aún más la detección y puede refinar la detección o permitir la reutilización de evaluaciones anteriores basadas en la configuración particular del DUT.
- En un aspecto del aparato de detección y localización, el comparador está configurado para comparar la señal (24) de respuesta y la señal (22) de prueba por medio de espectroscopia (142) de impedancia.
- Esto puede permitir las ventajas de las detecciones o localizaciones basadas en el uso de la espectroscopia de impedancia divulgada en el documento WO2012152284 o en este documento. En un aspecto de la detección y localización, el aparato está configurado para realizar

- una primera evaluación de la naturaleza distribuida de la fuga a tierra mediante el establecimiento de una estimación de la fuga a tierra total, R_{ISO} , utilizando al menos dos conjuntos de valores de las resistencias configurables (R_1 , R_2) y la resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) para estimar funcionalmente la naturaleza distribuida de los fallos de tierra (R_{ISO1} , R_{ISO2} ,... $R_{I-SO(N+1)}$) y condicionalmente para realizar

- 5 - una segunda evaluación de un primer voltaje (V_1) y un segundo voltaje (V_2) dividiendo la cadena de fuentes (12) de CC conectadas en serie

e identificar la ubicación de un fallo de tierra predominante (R_{ISO}).

Un experto en la materia podrá entonces implementar las funciones requeridas y ser guiado a través del procedimiento de evaluación.

- 10 Al principio, una evaluación puede ser una medición de los voltajes referidos al potencial de tierra del instrumento/aparato en los polos positivo y negativo del DUT, tal como la fuente del sistema de CC que comprende varias fuentes de CC individuales conectadas en serie y de la referencia a tierra del sistema de CC.

Estos voltajes se pueden medir en al menos dos configuraciones diferentes de resistencias variables R_1/R_2 y R_{PRUEBA} y se utiliza para calcular primero la resistencia de aislamiento de tierra total (R_{ISO}) del sistema de fuente de CC y

- 15 condicionalmente para realizar una segunda evaluación.

Por tanto, en primer lugar, la evaluación puede tener como resultado una estimación del R_{ISO} total. Si esta estimación está por debajo de cierto valor, puede tener sentido realizar una segunda evaluación de esta condición. Para instalaciones FV típicas, un valor de R_{ISO} inferior a 1 megaohmios puede ser una condición para realizar la segunda evaluación.

- 20 En segundo lugar, una evaluación puede ser un análisis de estos voltajes para el cálculo de un primer voltaje (V_1) en varias fuentes de CC y un segundo voltaje (V_2) en las fuentes de CC restantes del número de fuentes (12) de CC conectadas en serie y por tanto identificar la ubicación de un fallo de tierra predominante (R_{ISO}).

La distribución de fallos puede ser una distribución "plana" de fallos igualmente críticas o la distribución puede ser en "pico" para indicar una distribución más localizada.

- 25 Asimismo, un experto en la materia podrá implementar las condiciones requeridas para iniciar la segunda evaluación.

También se puede lograr un objeto mediante un método de detección y localización de fallos de un fallo en un sistema de CC que comprende múltiples fuentes de CC conectadas en serie, cuyo método comprende actos de:

a) conexión de un aparato de prueba a al menos un terminal positivo y un terminal negativo del sistema de CC y a tierra del sistema de CC,

- 30 y como al menos una repetición de:

b) aplicación de una señal de CA de prueba a al menos un terminal positivo o negativo del sistema de CC,

c) detección de la señal de CA de respuesta a la señal de CA de prueba en un terminal positivo o negativo solo o en ambos y/o en la tierra del sistema de CC;

- 35 d) comparación de la señal de CA de respuesta con la señal de CA de prueba para detectar un fallo y la ubicación del fallo en el sistema de CC por medio de espectroscopia de impedancia.

En un aspecto particular del método de detección y localización de fallos donde hay un acto de conexión de al menos dos de los terminales usando al menos un conmutador en una configuración de multiplexor para aplicar señales de prueba y recibir señales de prueba de respuesta de todas las permutaciones de al menos dos de los terminales.

- 40 El método de detección y localización de fallos puede avanzar mediante un acto de estimación de la fuga total R_{ISO} utilizando una interfaz electrónica que comprende resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente situadas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo y una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra del instrumento y el terminal de tierra del sistema.

En particular, puede haber un acto de ejecución de

- 45 - una primera evaluación de la naturaleza distribuida de la fuga a tierra estableciendo una estimación de la fuga a tierra total (R_{ISO}) utilizando al menos dos conjuntos de valores de las resistencias configurables (R_1 , R_2) y la resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) para estimar funcionalmente la naturaleza distribuida de los fallos de tierra (R_{ISO1} , R_{ISO2} ,... $R_{I-SO(N+1)}$) y condicionalmente un acto de realización de

- una segunda evaluación de un primer voltaje (V_1) y un segundo voltaje (V_2) dividiendo la cadena de fuentes de CC conectadas en serie para identificar la ubicación de un fallo de tierra predominante (R_{ISO}).

- 50 Por lo tanto, el método, o el aparato, generalmente pueden evaluar si la fuga a tierra es normal y luego se distribuye "igualmente" o "uniformemente". Esto se obtiene realizando dos conjuntos de mediciones con diferentes valores de R_1 , R_2 y R_{PRUEBA} que por ecuaciones algebraicas conocidas por el experto en la materia da como resultado una estimación de un R_{ISO} total. Si este R_{ISO} total estimado es "normal" o como se esperaba debido a fugas menores siempre existentes, entonces la evaluación puede detenerse e indicar que no hay una fuga dominante.

Si el R_{ISO} total es "menor" de lo esperado, entonces la fuga puede deberse a una fuga dominante o fallo de tierra. Dado que la misma metodología utilizada para estimar R_{ISO} total también produce un primer voltaje V_1 y un segundo voltaje V_2 y luego como condición de que la fuga dominante o el fallo de tierra sea real, V_1 y V_2 divide la cadena y, por lo tanto, se puede encontrar la ubicación de la fuga. Por ejemplo, si V_1 es igual a V_2 y si la primera evaluación indica una fuga homogénea, entonces el fallo está ubicado justo en el medio de la cadena. Una persona experta en la técnica puede al menos ser capaz de estimar o mejorar la ubicación de un fallo de tierra y apreciará las diferencias o fugas no homogéneas menores y las corregirá.

Descripción del dibujo

La invención se describe únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos, en los que:

- 10 Figura 1. Ilustra actos de detección y localización de fallos de un sistema de CC con múltiples fuentes de CC;
Figura 2. Ilustra un acto adicional de detención de una fuente de CC
Figura 3. Ilustra una situación de ejemplo en la que se va a aplicar el aparato y el método de detección y localización de fallos;
Figura 4. Ilustra una situación de ejemplo en la que se va a aplicar el aparato y el método de detección y localización de fallos con detención individual de módulos FV para detectar y localizar un fallo BPD;
15 Figura 5. Ilustra una situación de ejemplo en la que se va a aplicar el aparato y el método de detección y localización de fallos para detectar y localizar un fallo de conexión;
Figura 6. Ilustra una situación de ejemplo en la que se va a aplicar el aparato y el método de detección y localización de fallos para detectar y localizar un fallo de tierra;
20 Figuras 7-9. Ilustran el uso ejemplar de métodos y sistemas como se divulgan;
Figura 10. Ilustra un método de localización de fallos de tierra y la configuración del aparato con varias mediciones de voltaje para evaluar la distribución de fallos; y
Figura 11. Ilustra un método de localización de fallos de tierra y la configuración del aparato con una serie de mediciones de voltaje para identificar un fallo.
25 En el siguiente texto, las figuras se describirán una por una y las diferentes partes y posiciones que se ven en las figuras se numerarán con los mismos números en las diferentes figuras. No todas las partes y posiciones indicadas en una figura específica serán necesariamente expuestas junto con esa figura.

Descripción detallada de la invención

No.	Artículo
5	Fallo
6	Ubicación
10	Sistema de CC
11	Sistema FV
12	Fuente de CC
13	Unidad FV
14	Terminal
14+	Terminal positivo
14-	Terminal negativo
16	Tierra del sistema de CC
22	Señal de CA de prueba
24	Señal de CA de respuesta
30	Carga
32	Carga débil
40	Acoplamiento capacitivo

No.	Artículo
50	Fallo de semiconductor
51	Diodo
52	Fallo de diodo
53	Conexión
54	Fallo de conexión
55	Tierra (GND)
56	Fallo de tierra
57	Cable
58	Fallo de cable
100	Método
110	Conexión
115	Repetición
120	Aplicación
130	Detección
132	Medición de impedancia
140	Comparación
142	Espectroscopia de impedancia
150	Detención
200	Un aparato de detección y localización de fallos
210	Conector
212	Interfaz electrónica
214	Conmutador
220	Fuente de CA
222	Fuente de CC
230	Detector
240	Comparador

La figura 1 ilustra actos de detección y localización 100 de fallos de un fallo en un sistema de CC que comprende múltiples fuentes de CC conectadas en serie. Se divulga un acto de conexión 110 de un aparato de prueba a al menos un terminal del sistema de CC y a tierra del sistema de CC.

- 5 De aquí en adelante, hay un acto de aplicación 120 de una señal de CA de prueba a al menos un terminal del sistema de CC, un acto de detección 130 de la señal de CA de respuesta 24 a la señal de CA de prueba en un terminal solo y/o en la tierra del sistema de CC, y un acto de comparación 140 de la señal de CA de prueba con la señal de CA de respuesta para detectar un fallo y la ubicación del fallo en el sistema de CC.

Las características mencionadas quedarán ejemplificadas en las siguientes figuras.

- 10 La figura 2 ilustra a continuación un acto adicional de detección 150 de al menos una de las fuentes de CC conectadas en serie. Por detención 150 se entiende un bloqueo, una desconexión, un apagado o cualquier otra acción similar que detenga el funcionamiento de la única fuente o unidad.

La figura 3 ilustra una situación de ejemplo en la que se puede usar el método de detección y localización 100 de fallos e ilustra posibles modos de realización del aparato de prueba o un aparato 200 de detección y localización de fallos que se puede usar.

- 15 El aparato 200 de detección y localización de fallos para la detección y localización de un fallo en un sistema 10 de CC que comprende múltiples fuentes 12 de CC conectadas en serie. En este caso ilustradas como 12i,..., 12iv.

El aparato 200 de detección y localización de fallos comprende un conector 210 configurado para conectar el aparato 200 a al menos un terminal 14 del sistema 10 de CC y a la tierra 16 del sistema de CC.

El conector 210 o la conexión puede ser un tipo de acoplamiento de acoplamiento 40 capacitivo.

5 El aparato 200 comprende una fuente 220 de CA configurada para generar una señal 22 de CA de prueba y configurada para aplicar la señal 22 de CA de prueba al conector 210. El aparato comprende un detector 230 configurado para detectar la señal 24 de CA de respuesta a la señal 22 de CA de prueba aplicada. Esto se puede realizar por medio de una medición 132 de impedancia que proporciona una medición adecuada para la espectroscopia 142 de impedancia.

10 El aparato comprende un comparador 240 configurado para comparar la señal 22 de CA de prueba y la señal 24 de CA de respuesta por medio de espectroscopia 142 de impedancia y para generar el resultado de la detección de un fallo 5 y la ubicación 6 del fallo en el sistema 10 de CC.

Este ejemplo particular muestra un sistema 10 de CC sano y sin fallos de fuentes 12 de CC. Cada fuente 12 de CC está asegurada con un BPD 51 y con una capacitancia a la tierra del sistema que se supone que varía muy poco en tamaño entre las diferentes fuentes 12 de CC.

15 En el caso de sistemas 13 FV industriales típicos de módulos FV (cada uno produciendo ~250Wp) esta capacitancia es del orden de 0,1-1nF.

El sistema tiene sus terminales y tierra conectados al aparato 200 de detección y localización de fallos.

En el caso de medición en una cadena de paneles FV, el aparato 200 normalmente se conecta a los terminales donde normalmente se conecta el inversor de CC a CA.

20 En dichos sistemas, normalmente hay varios metros de cables 57 que pueden experimentar un fallo 58 de cable, que se muestra para indicar que el fallo 58 puede estar presente o no. Los cables 57 a menudo se colocan bajo tierra desde el convertidor hasta la instalación de la cadena de módulos FV.

El cable 57 también tiene una capacitancia hacia tierra, que debe tenerse en cuenta en los cálculos, de típicamente 10-100 pF/metro.

25 Los BPD 51i funcionan para proteger las fuentes 12 de CC que no producen energía, por ejemplo, una serie de paneles FV que están parcialmente sombreados.

30 La figura 4 ilustra, como continuación de las figuras anteriores y con referencia a los números esenciales, según sea necesario, se ha colocado una carga 30 o una carga 32 débil entre los terminales 14 de la serie de fuentes 12 de CC para garantizar que una pequeña corriente continua, digamos en el rango 10mA-100mA esté fluyendo a través del sistema.

La carga 30 o carga 32 débil puede ser una parte integral del sistema. Alternativamente, la carga 30 o la carga 32 débil pueden suministrarse como uno o más insertos.

35 Como resultado, la funcionalidad del BPD 51 puede verificarse deteniendo 150, desconectando o bloqueando secuencialmente una fuente 12 de CC a la vez y monitoreando el cambio en la impedancia 132 medida a través de los terminales 14 del sistema de fuentes 12i, ... 12iv de CC conectadas en serie.

Si hay poco o ningún cambio en la impedancia, la corriente en la fuente 12iv de CC que se ha detenido y debe fluir a través del BPD 51iv asociado, por tanto lo enciende y crea una ruta de baja impedancia alrededor de la fuente 12iv de CC detenida 150, que en este caso es una unidad 13iv FV.

40 En el caso de que el sistema 10 de CC comprenda una pluralidad de unidades 13 o paneles 13 FV, el acto de detención 150 de una única fuente 12i de CC podría realizarse sombreando un panel o partes de un panel asociado con el único BPD 51i que está siendo probado.

En una configuración, cada panel puede tener sus celdas divididas en 3 subcadenas, cada una protegida por su propio BPD. Por lo tanto, la ilustración muestra dichas subcadenas y no paneles completos.

45 La figura 5 ilustra, como continuación a la figura 3, una desconexión 53 en serie que se desconecta en serie en la cadena de fuentes 12 de CC. En esta conexión, la desconexión 53 está entre las fuentes 12ii y 12iii de CC.

Para localizar 6 la desconexión 53 se realizan dos mediciones: Primero, se mide la medición de impedancia 132 desde el terminal 14+ positivo hasta tierra 16 y se encuentra la capacitancia a tierra 16 o GND 16 (C+).

A continuación, se encuentra la impedancia desde el terminal 14 negativo hasta tierra 16 y, de manera similar, se calcula C-.

Sean n_1 y n_2 el número de módulos o fuentes 12 por encima y por debajo de la desconexión en la figura, respectivamente, o el número de módulos 12 entre el terminal 14+ positivo y la desconexión 53 y el número de módulos 12 entre el terminal 14- negativo y la desconexión, respectivamente. Sea N el número total de módulos. C es la capacitancia a GND de una sola fuente 12 (por ejemplo, un panel FV) y C_c es la capacitancia de los cables que van al instrumento.

Usando este modelo de circuito, se pueden formular las siguientes tres ecuaciones:

$$N = n_1 + n_2$$

$$C_+ = n_1 \times C + C_c$$

$$C_- = n_2 \times C + C_c$$

- 10 Suponiendo que la detección 130 de la capacitancia de los cables (C_c) y verificando que tanto C_+ como C_- son más grandes que C_c para que la desconexión 53 no esté en algún lugar del cableado entre la cadena de fuentes 12 de CC y el aparato 200 de prueba, puede encontrarse ahora n_1 :

$$n_1 = N \times (C_+ - C_c) / (C_- - C_+ - 2 \times C_c)$$

De ese modo se encuentra la posición o ubicación 6 del fallo 5 que es una desconexión 53.

- 15 La figura 6 ilustra, también a la vista de la figura 3, un fallo 5 que es un fallo 54 de aislamiento que tiene una impedancia de Z_{iso} y está ubicada 6 en algún lugar de la cadena de fuentes 12 de CC. Dicho fallo 54 de conexión está presente y puede localizarse usando el aparato 200 de prueba y el método 100 descritos. La detección se realiza mediante varias 115 mediciones de impedancia 142 repetidas desde ambos terminales 14 del sistema 200 hacia tierra 16 mientras se detiene 150 una fuente 12i de CC a la vez.

- 20 En este caso, el sistema 10 de CC es un sistema 11 FV, en el que la detención 150 de una fuente 12 de CC se realiza poniendo sombra en uno de los paneles 13 FV. Utilizando este modelo de circuito, la impedancia 132 medida desde el terminal 14+ positivo y hacia tierra 16 es Z_+ :

$$Z_+ = Z_{iso} + Z_{sm}$$

- 25 es decir, la suma de la impedancia de aislamiento (Z_{iso}) y la impedancia del módulo 13ii FV sombreado (Z_{sm}). En este caso, la impedancia de los módulos FV iluminados es comparativamente mucho más pequeña que la impedancia de un módulo FV sombreado y se ha omitido.

La impedancia medida desde el terminal negativo 14- hacia tierra 16 según este modelo de circuito es:

$$Z_- = Z_{iso}$$

- 30 La invención no se limita a los modos de realización descritos en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención como se describe en las reivindicaciones de la patente a continuación.

Las figuras 7 a 9 ilustran ejemplos de uso de sistemas o métodos como se divulga.

- 35 En las figuras, Z100 se refiere al aparato de detección y localización de fallos o medidor de impedancia que debe poner a disposición el solicitante (EmaZys Technologies ApS). Z100 es un instrumento electrónico de bajo voltaje, y las señales de prueba de CA aplicadas a un dispositivo bajo prueba (DUT) determinado para realizar la medición de impedancia son de voltaje pequeño, por ejemplo, 1V pico a pico. No es una tarea trivial desacoplar estas pequeñas señales a través de un DUT donde se producen altos voltajes, por ejemplo, 1000 VCC.

- 40 Sin embargo, el uso de un método o sistema como el descrito mediante el cual el acoplamiento al DUT se realiza con condensadores permitirá el desacoplamiento de las señales pequeñas. El acoplamiento capacitivo protegerá la electrónica de bajo voltaje contra grandes corrientes de CC y corrientes de CA de baja frecuencia del DUT. Hay protección adicional (por medio de diodos Zener y resistencias de potencia) contra las corrientes transitorias y potencialmente destructivas que corren en los condensadores durante la conexión del instrumento Z100 con el DUT.

- 45 El hecho de que el acoplamiento de CA al DUT implica una ventaja, en comparación con los métodos de CC existentes como, por ejemplo, el registro de curvas de CC-IV. Por ejemplo, podemos encontrar la impedancia de los paneles FV en condiciones de circuito abierto (OC) donde, por ejemplo, los BPD no están encendidos. Con los métodos de CC utilizados actualmente para detectar el estado de salud en la línea fotovoltaica, por ejemplo, paneles fotovoltaicos sombreados, los BPD se encenderán inmediatamente cuando se realice una caracterización IV, reduciendo así la impresión de, por ejemplo, suciedad en los paneles FV.

- 50 Con la posibilidad de extraer una pequeña corriente continua, el equipo Z100 proporciona una opción para distinguir entre diferentes tipos de fallos en la línea fotovoltaica. Por ejemplo, se puede distinguir entre un fallo resistivo que

surge, por ejemplo, como corrosión en los conectores de cables y un fallo resistivo que surge como corrosión dentro de un panel FV simplemente realizando una medición de impedancia en condiciones OC y luego comparar con una medición realizada donde se consume la corriente de CC pequeña.

- 5 La figura 7 ilustra configuraciones de medición de varios paneles FV, cada uno con un BPD y una situación en la que el BPD central está defectuoso. La detección y localización de fallos se realiza bloqueando (sombreado) repetidamente un panel FV y, para cada bloqueo, realizando una medición de impedancia como se señala y, por lo tanto, detectando el fallo BPD y su ubicación.

- 10 Los BPD están ubicados en los paneles FV individuales, protegiendo el panel contra el resto del sistema FV que fuerza la corriente a través de sus células solares si el panel no está iluminado. En ese caso, la corriente "puentea" las células solares y, en su lugar, atravesará estos BPD.

- 15 Sin embargo, un fallo frecuente en los sistemas fotovoltaicos es que los BPD se queman y, por lo tanto, ya no protegen el panel. Esto puede causar una producción de energía reducida por parte del sistema FV y puntos calientes, delaminación y agrietamiento del vidrio en el módulo afectado. Además, estos fallos pueden provocar arcos eléctricos y, por tanto, peligro de incendio para el equipo de instalación y las personas que se encuentren en las inmediaciones de la instalación, por ejemplo, residentes en una casa con el sistema FV montado en el tejado.

Se ha desarrollado una tecnología que puede detectar si un diodo quemado está presente en un punto de una cadena FV. Esto se hace por la noche mediante la aplicación de polarización de CC y la medición de la corriente resultante que fluye a través de los BPD en función del voltaje aplicado. También se ha desarrollado una tecnología para localizar un módulo con el BPD quemado.

- 20 Se tarda solo unos segundos en mover la sombra de un panel a otro en una línea FV y, de manera similar, se tarda aproximadamente 1 segundo en medir el espectro de impedancia con Z100. De esta manera, se puede verificar una línea completa en aproximadamente 1 minuto, lo que es una mejora significativa en comparación con aislar cada panel individual en la línea y realizar una medición de CC para cada panel en la dirección de paso de los BPD. Esta tarea, según el tipo de instalación, llevará de 5 a 20 minutos por panel y, además, requerirá la presencia en persona en el panel. A veces, esta es una operación de trabajo en sí misma si los paneles, por ejemplo, están montados en un tejado inclinado. El presente método solo requiere la aplicación de sombra que, por ejemplo, se puede hacer desde el suelo usando una sombra montada en una barra telescópica.

- 30 Las figuras 8 A, B y C se refieren a sistemas FV con fallos de tierra. La detección y localización de fallos se realiza bloqueando (sombreado) repetidamente un panel FV y, para cada bloqueo, realizando una medición de impedancia tal como se señala.

- 35 Los sistemas FV, los fallos de tierra pueden ocurrir en muchos lugares y son una fuente frecuente de peligro e interrupción del circuito. Este último generalmente hace que la generación de electricidad se detenga por completo. Por lo general, los paneles FV se montan en soportes metálicos conectados a tierra, los cables se extienden en rieles metálicos conectados a tierra y los marcos FV también suelen estar conectados a tierra. Por razones de seguridad, el inversor mide el grado de aislamiento (Riso), y se requiere que la corriente de fuga a través de Riso se mida y se mantenga por debajo de un nivel máximo, por ejemplo, 300mA; kiloohmios/V y al menos 500 kiloohmios en total.

Riso suele ser superior a 1 megaohmio pero, por ejemplo, el envejecimiento y la formación de grietas en el material de aislamiento del cable reducirán el grado de aislamiento. Además, la ruptura del aislamiento del cable puede ocurrir durante el montaje del sistema o ser provocada por la actividad de roedores, por ejemplo, ardillas

- 40 Mediante un medidor de impedancia (como se describe en el documento WO2012152284), podemos medir la impedancia de aislamiento de la forma indicada y por lo tanto detectar un nuevo tipo de fallo a nivel de línea. En el proyecto, el polo positivo de la línea FV está conectado al terminal positivo en Z100 y el polo negativo está flotando. El polo positivo también podría flotar. El terminal negativo de Z100 está conectado a la tierra del sistema fotovoltaico, por ejemplo, en el inversor o por un cable fijado a un andamio. A la luz del día, la impedancia medida ZDUT será igual a la impedancia de aislamiento y la impedancia de los módulos que pueden estar dispuestos en serie: $Z_{DUT} = Z_{ISO} + Z_{FV}$.

Mediante el acoplamiento CA se proporciona además la posibilidad de localizar en qué parte de la línea ha aparecido el fallo de tierra. Al aplicar una sombra en los paneles FV uno por uno, se puede ver qué módulos están conectados en serie con ZISO y cuáles no, y al observar el lugar donde cambia la impedancia del DUT cuando se mueve la pantalla, se puede determinar que el fallo de tierra está ahí.

- 50 Además de los métodos de espectroscopia de CA/impedancia mencionados anteriormente, se puede usar un aparato para realizar otros dos métodos para localizar el fallo.

- 55 Uno usa el mismo método que se describió anteriormente y lo usan los inversores. El método requiere desacoplar alternativamente el polo negativo y el polo FV positivo, respectivamente, del instrumento Z 100 y, en su lugar, conectar el terminal GND del sistema FV. En cada caso, la diferencia de potencial se mide a través de una resistencia a tierra de aproximadamente 1 megaohmio en los polos de la línea FV. Estos voltajes se registran y las ecuaciones

mencionadas se resuelven, y luego se le da al técnico información sobre el tamaño así como de la posición del fallo.
¡Totalmente sin ningún uso de sombra!

El otro método utiliza la función de medición de CC-IV (IV: corriente-potencial) mediante la cual normalmente se mide la curva IV de la cadena FV. En cambio, uno de los polos, por ejemplo, el polo negativo y la tierra están conectados al instrumento. Cuando el usuario ha conectado los cables, se presiona el botón GO y se inicia la medición en el sentido de que el polo positivo cae directamente sobre el terminal negativo del instrumento (en este caso, la tierra) a través de un gran condensador descargado con capacitancia C. Este condensador ahora se cargará lentamente con una constante de tiempo "tau" determinada por: $\tau = R_{iso} \times C$. Durante la carga, se mide el potencial entre los terminales de Z100 (en este caso, del polo FV positivo a tierra) y la corriente de carga activa. Observando la pendiente al inicio del proceso de carga del voltaje frente al tiempo, se determina la magnitud de la resistencia de aislamiento Riso. Cuando el condensador está completamente cargado, no hay corriente en Riso y el voltaje final medido en el polo positivo en relación con la tierra refleja el número de paneles presentes entre la posición del fallo de tierra y el terminal positivo del instrumento. Por ejemplo, si se miden alrededor de 300 V, se ve una radiación solar de $>100 \text{ V/m}^2$ y cada panel entrega 60 V, entonces los técnicos caminan una distancia de $300 \text{ V}/60 \text{ V}$ por panel, es decir, una distancia de 5 paneles de nuevo en la línea desde el polo positivo. Esta es la ubicación del fallo.

El último método, por supuesto, se puede hacer independiente del voltaje a través del panel individual simplemente indicando el número de paneles en la línea y realizando una medición correspondiente como antes donde el polo negativo de la línea FV está acoplado al terminal negativo del instrumento, pero el polo positivo de la línea FV puede flotar y el terminal positivo del instrumento está acoplado a la referencia de tierra de la línea FV.

Las figuras 9 A y B se refieren a sistemas FV con cables defectuosos. La detección y localización de fallos se realiza bloqueando (sombreado) repetidamente un panel FV y, para cada bloqueo, realizando una medición de impedancia como se señala.

Los sistemas FV están ubicados al aire libre y se ven afectados por el viento y el clima durante muchos años, un hecho que limita la vida útil y la capacidad del sistema. Hay una serie de factores potenciales que pueden acelerar el desarrollo: las plagas pueden, por ejemplo, comenzar a roer los cables y también se puede prever que los cables se pongan en peligro durante la instalación del sistema (por ejemplo, cable pinzado) o que no se hayan seguido las directrices para el cableado y que, por ejemplo, se han aplicado radios de curvatura demasiado pequeños en los cables en comparación con las directrices del fabricante.

Por lo tanto, hay una serie de factores que pueden causar que los cables se rompan con el tiempo. También es posible contemplar un escenario en el que la conductividad del cable se reduzca gradualmente, pero este proceso se ve acelerado por el hecho de que la conductividad reducida conduce a una mayor disipación de potencia en el punto donde el cable ya es débil. Por lo tanto, un cable generalmente se quemará inmediatamente después de la introducción de la resistencia eléctrica, lo que se debe a la alta potencia observada en las líneas fotovoltaicas FV (a menudo, varios kW en el pico). Se puede contemplar la situación opuesta, si un conductor se repara automáticamente mediante disipación de potencia como una especie de calentamiento local, por ejemplo, si el problema ha surgido en una mala soldadura.

Por lo tanto, uno de los fallos que ocurren con frecuencia en las instalaciones FV es que surge una conexión abierta en algún lugar de la línea FV. La tarea de localización del fallo puede llevar mucho tiempo y, por lo general, se realizará examinando todas las uniones de cables y circuitos de plata en los módulos.

La figura 10 y, como continuación, la figura 11 ilustran una interfaz 212 electrónica con al menos un conmutador 214 en una configuración de multiplexor para aplicar señales 22 de prueba y recibir señales 24 de prueba de CA de respuesta de todas las permutaciones de al menos dos de los terminales 14+, 14-, 16. Los terminales se denominan DUT (Dispositivo bajo prueba).

Esta interfaz 212 electrónica puede ser parte de un aparato 200 de detección y localización de fallos (no mostrado) para la detección y localización de un fallo en un sistema 10 de CC que comprende múltiples fuentes 12 de CC conectadas en serie.

Puede haber resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente situadas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo 14+, 14- y una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra 16 del instrumento y el terminal de tierra del sistema.

La detección y localización de la interfaz electrónica comprende resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente situadas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo respectivamente. Además, una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra del instrumento y el terminal de tierra del sistema.

Opcionalmente, el aparato 200 de detección y localización de fallos puede comprender una fuente 222 de CC interna configurada para generar una señal 22 de prueba de CC y configurada para aplicar la señal 22 de prueba de CC al conector 210.

La configuración ilustrada puede usarse como un aparato 200 de detección y localización de fallos como se describe y configurarse para realizar primero una evaluación de la naturaleza distribuida de los fallos de tierra estableciendo una estimación de la fuga total R_{ISO} utilizando al menos dos conjuntos de valores de las resistencias configurables (R_1 , R_2) y la resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) para estimar funcionalmente la naturaleza distribuida de los fallos de tierra (R_{ISO1} , R_{ISO2} , ... R_{ISON+1}).

Si el R_{ISO} total es "menor" de lo esperado, entonces la fuga puede deberse a una fuga dominante o fallo de tierra. En esta condición una evaluación del primer voltaje (V_1) y un segundo voltaje (V_2) que se muestra en la figura 11 dividirá la cadena de fuentes 12 de CC conectadas en serie e identificará la ubicación de un fallo de tierra predominante (R_{ISO}).

Por tanto, en resumen, la figura 10 ilustra cómo se puede establecer un procedimiento para evaluar si hay un fallo singular. R_{PRUEBA} , R_1 y R_2 están conectados a los terminales $DUT+$, $DUT-$ y DUT_{GND} . Los voltajes V_+ , V_- y V_{GND} se muestran en las respectivas resistencias. R_1 y R_2 pueden ser variables dependiendo de la naturaleza del DUT. Se muestran las fuentes de CC individuales y en cada una de ellas se ilustra una trayectoria a tierra a través de los diferentes elementos R_{ISO} . La configuración ilustra que los fallos de puesta a tierra pueden entenderse como la combinación paralela de una serie de fugas a través de los diferentes elementos R_{ISO} .

La figura 11 ilustra un caso en el que hay un solo fallo dominante, es decir, la situación que se muestra en la figura 10 se reduce y simplifica. R_{PRUEBA} , R_1 y R_2 están (todavía) conectadas a los terminales $DUT+$, $DUT-$ y DUT_{GND} . Los voltajes V_+ , V_- y V_{GND} se muestran en las respectivas resistencias. Se muestran las fuentes de CC individuales y un fallo de tierra ahora se reduce a un solo elemento R_{ISO} . La configuración ilustra cómo se puede determinar la ubicación de un fallo de tierra.

REIVINDICACIONES

1. Método de detección y localización (100) de fallos de un fallo (5) en un sistema (10) de CC que comprende múltiples fuentes (12) de CC conectadas en serie, cuyo método comprende actos de:
 - a) conexión (110) de un aparato (200) de prueba a al menos un terminal (14) del sistema (10) de CC y a la tierra (16) del sistema de CC, y como al menos una repetición (115) de:
 - b) aplicación (120) de una señal (22) de CA de prueba a un terminal (14) del sistema (10) de CC,
 - c) detección (130) de la señal (24) de CA de respuesta a la señal (22) de CA de prueba en un terminal (14) solo y/o en la tierra (16) del sistema de CC;
 - d) comparación (140) de la señal (24) de CA de respuesta con la señal (22) de CA de prueba para detectar un fallo (5) y la ubicación (6) del fallo (5) en el sistema (10) de CC, en donde el acto de comparación (140) implica el uso de espectroscopia (142) de impedancia, en donde la señal (24) de CA de respuesta es adecuada para la espectroscopia (142) de impedancia.
2. Método de detección y localización de fallos según la reivindicación 1, en donde el acto de conexión (110) implica aplicar una carga (30) al sistema de CC, preferiblemente una carga (30) débil, y más preferiblemente una carga no destructiva obtenida como resultado de la caracterización del sistema (10) de CC.
3. Método de detección y localización de fallos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el acto de conexión (110) implica el uso de un acoplamiento (40) capacitivo entre el aparato (200) de prueba y el sistema (10) de CC.
4. Método de detección y localización (100) de fallos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la repetición la realiza automáticamente el aparato (200) de prueba en intervalos periódicos o en intervalos de tiempo sincronizados.
5. Método de detección y localización (100) de fallos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además el acto de detención (150) de al menos una de las fuentes (12) de CC conectadas en serie, por ejemplo, en donde el sistema (10) de CC es un sistema FV y la fuente (12) de CC es una unidad FV y en donde el acto de detención (150) de una sola unidad FV comprende el acto de bloqueo de la luz a la unidad FV.
6. Método de detección y localización (100) de fallos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el fallo (5) es un fallo (50) de semiconductor, tal como un diodo (52) defectuoso; un fallo (54) de conexión, tal como un fallo de desconexión, un fallo de aislamiento o un fallo de conmutación; y/o un fallo (56) de tierra.
7. Método de detección y localización (100) de fallos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las mediciones de voltaje (V^+ , V^- , V_G) se realizan mediante resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente dispuestas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo (14^+ , 14^-) y una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra del instrumento y el terminal (16) de tierra del sistema, por ejemplo, en donde las resistencias configurables (R_1 , R_2) se varían automáticamente, y en donde el método comprende un acto de realización de
 - primero una evaluación de la naturaleza distribuida de la fuga a tierra estableciendo una estimación de la fuga a tierra total (Riso) utilizando al menos dos conjuntos de valores de las resistencias configurables (R_1 , R_2) y la resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) para estimar funcionalmente la naturaleza distribuida de los fallos de tierra (R_{ISO1} , R_{ISO2} , ... R_{ISON+1}) y condicionalmente un acto de realización
 - segundo una evaluación de un primer voltaje (V_1) y un segundo voltaje (V_2) dividiendo la cadena de fuentes (12) de CC conectadas en serie para identificar la ubicación de un fallo a tierra predominante (Riso).
8. Un aparato (200) de detección y localización de fallos para la detección y localización de un fallo en un sistema (10) de CC que comprende múltiples fuentes (12) de CC conectadas en serie, el aparato (200) de detección y localización de fallos que comprende:
 - un conector (210) configurado para conectar el aparato (200) a al menos un terminal (14) del sistema de CC y a tierra (16) del sistema de CC;
 - una fuente (220) de CA configurada para generar una señal (22) de CA de prueba y configurada para aplicar la señal (22) de CA de prueba al conector (210);
 - un detector (230) configurado para detectar la señal (24) de CA de respuesta a la señal (22) de CA de prueba aplicada;
 - un comparador (240) configurado para comparar la señal (24) de CA de respuesta y la señal (22) de CA de prueba por medio de espectroscopia (142) de impedancia y para generar el resultado de la detección de un fallo (5) y la ubicación (6) del fallo (5) en el sistema (10) de CC, en donde la señal (24) de CA de respuesta es adecuada para la espectroscopia (142) de impedancia.
9. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según la reivindicación 8, en donde el conector (210) está configurado con una interfaz (212) electrónica con al menos un conmutador (214) en una configuración de multiplexor

para aplicar señales (22) de CA de prueba y para recibir señales (24) de CA de respuesta, por ejemplo, de todas las permutaciones de al menos dos de los terminales (14+, 14-, 16).

- 5 10. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según la reivindicación 8 o 9, en donde el conector (210) comprende condensadores (40) de acoplamiento que proporcionan un acoplamiento capacitivo de los terminales a un sistema (10) de CC.
11. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, configurado además con una carga (30), preferiblemente una carga (32) débil y más preferiblemente una carga no destructiva obtenida como resultado de la caracterización del sistema (10) de CC.
- 10 12. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en donde el aparato (200) está alimentado por una fuente de alimentación móvil.
13. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en donde la interfaz (212) electrónica está configurada para poder desconectar todos los terminales (14+, 14-, 16) y el aparato está configurado para autocomprobar las fuentes (220, 222, 224) de la señal (22) de prueba, el detector (230) y/o para autocomprobar el comparador (240).
- 15 14. Un aparato (200) de detección y localización de fallos según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde la interfaz (212) electrónica comprende resistencias configurables (R_1 , R_2) individualmente situadas entre la tierra del instrumento y los terminales positivo y negativo (14+ , 14-) y una resistencia de prueba (R_{PRUEBA}) se coloca entre la tierra del instrumento y el terminal (16) de tierra del sistema, por ejemplo, en donde al menos las resistencias configurables (R_1 , R_2) son variables y, opcionalmente, automáticamente variables.
- 20 15. Método de detección y localización (100) de fallos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende el acto de conexión de al menos dos de los terminales (14+, 14-, 16) usando al menos un conmutador (214) en una configuración de multiplexor para aplicar señales (22) de prueba y para recibir señales (24) de respuesta de todas las permutaciones de al menos dos de los terminales (14+, 14-, 16).

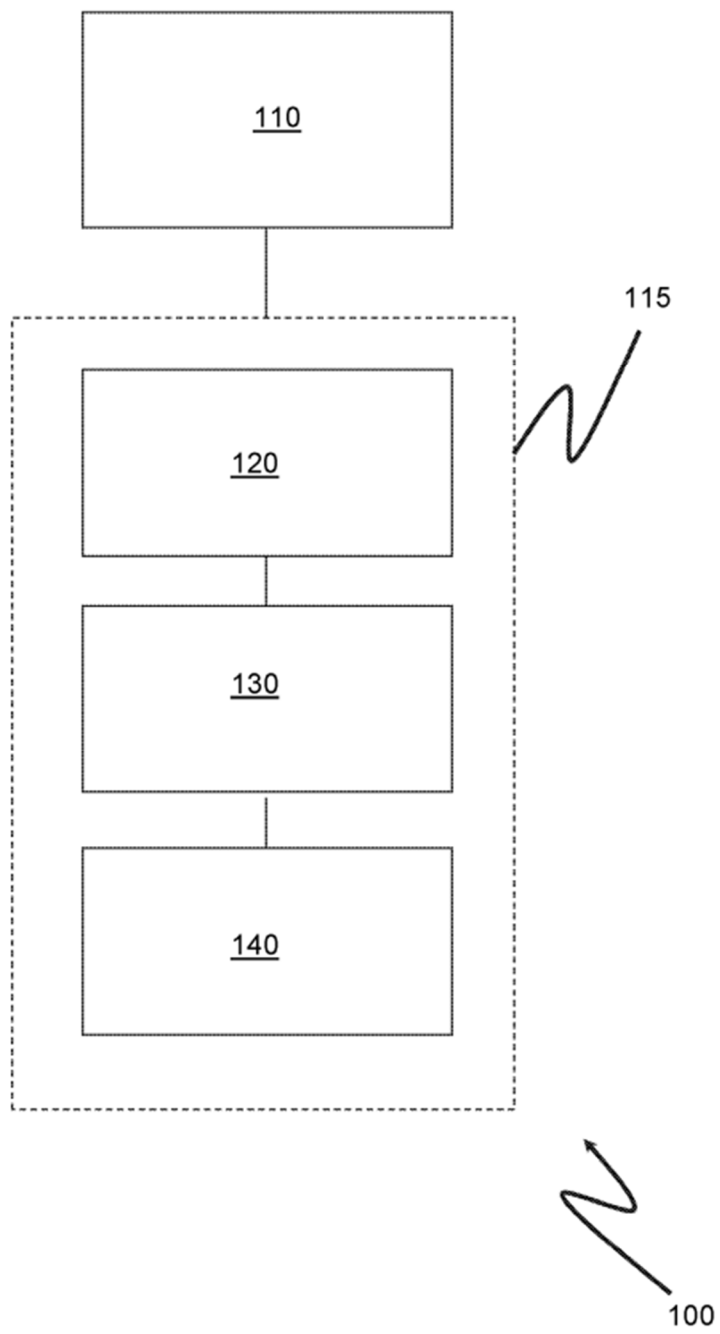


FIG. 1

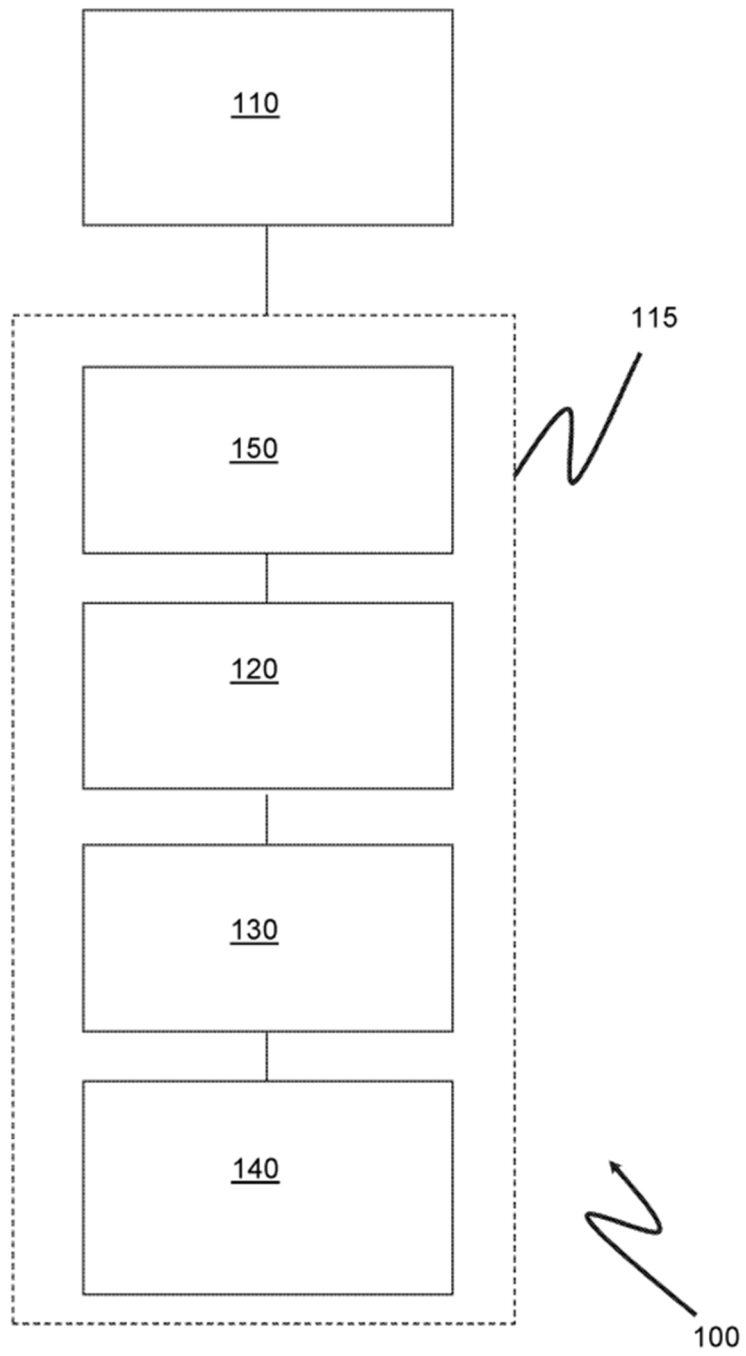


FIG. 2

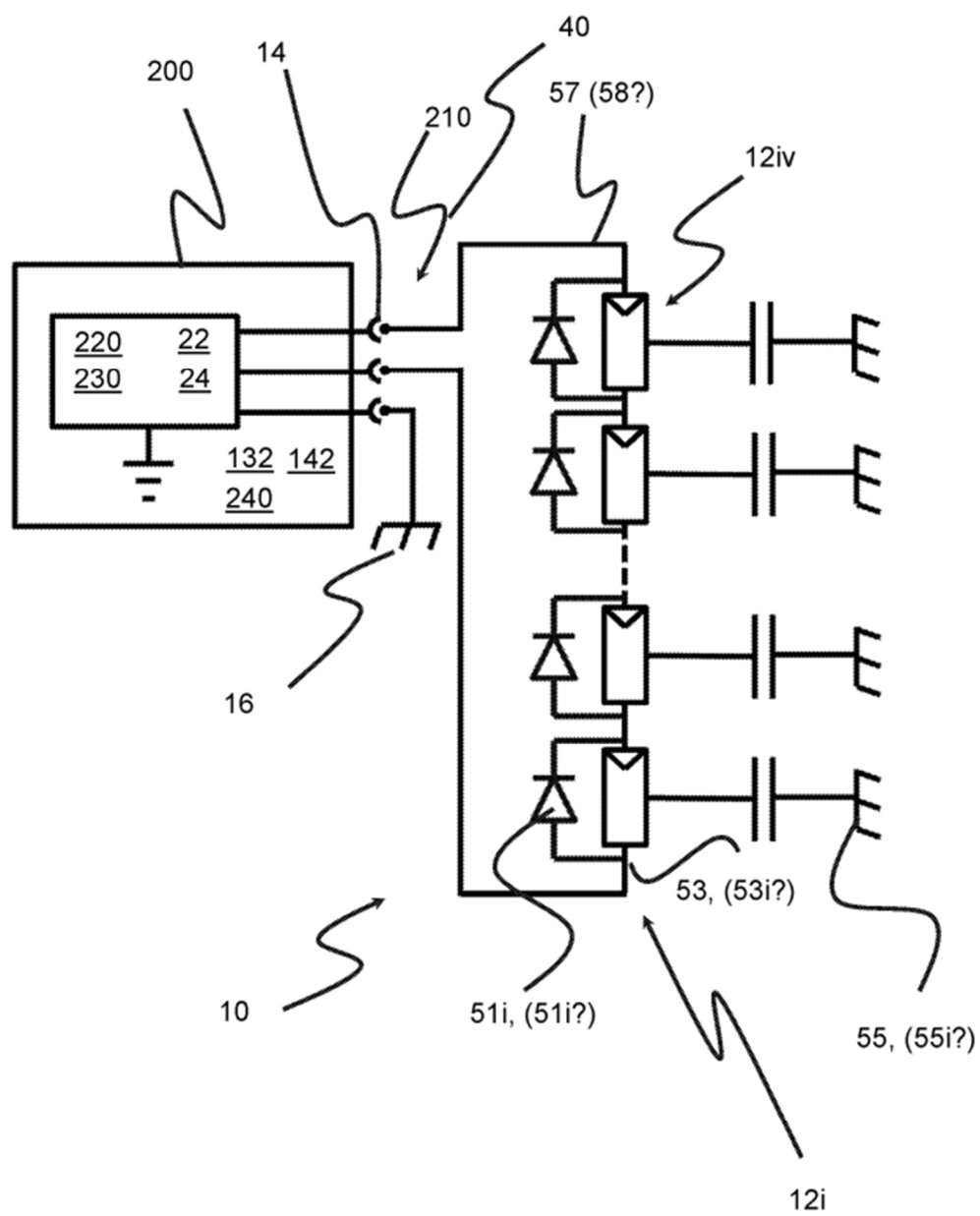


FIG. 3

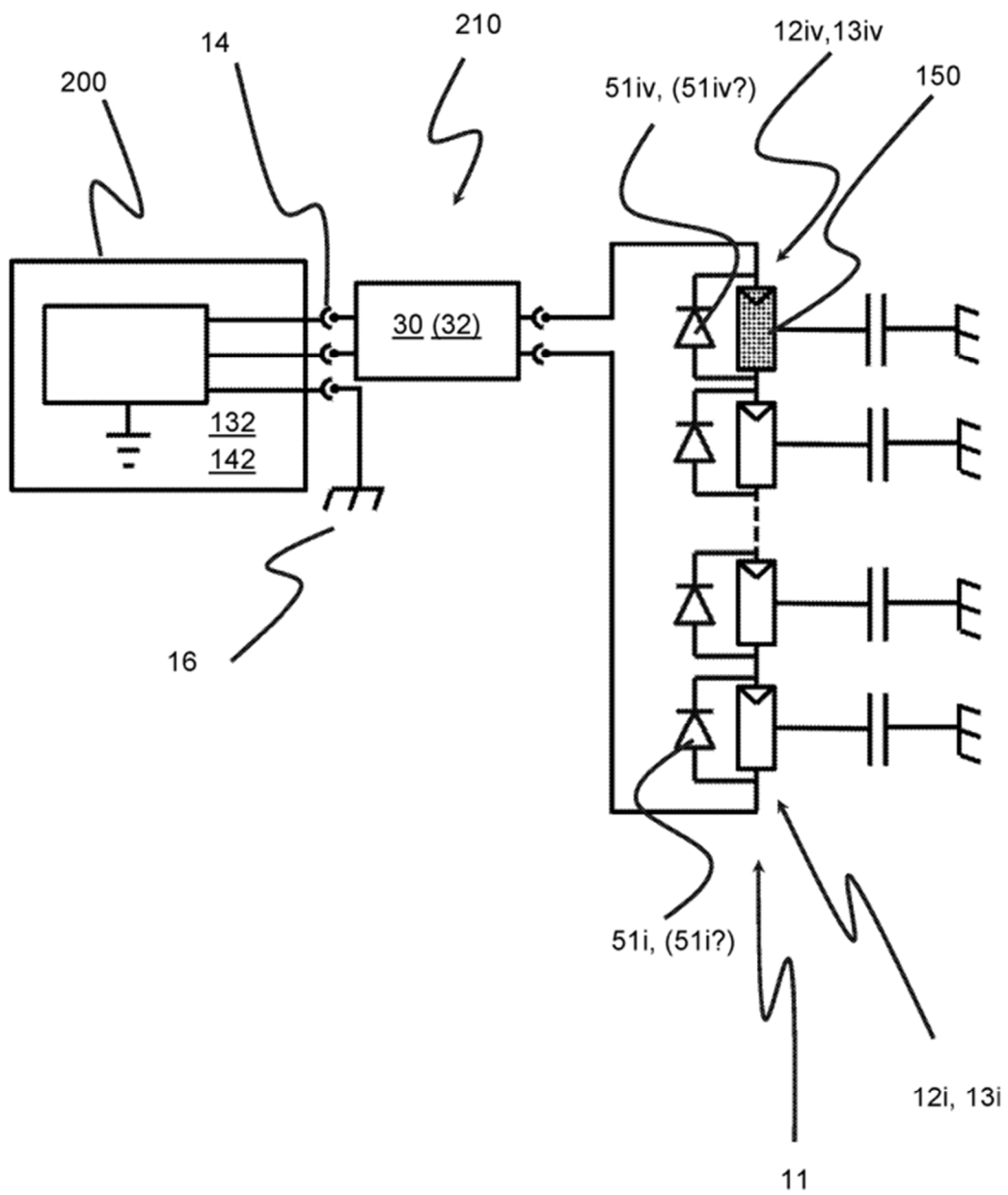


FIG. 4

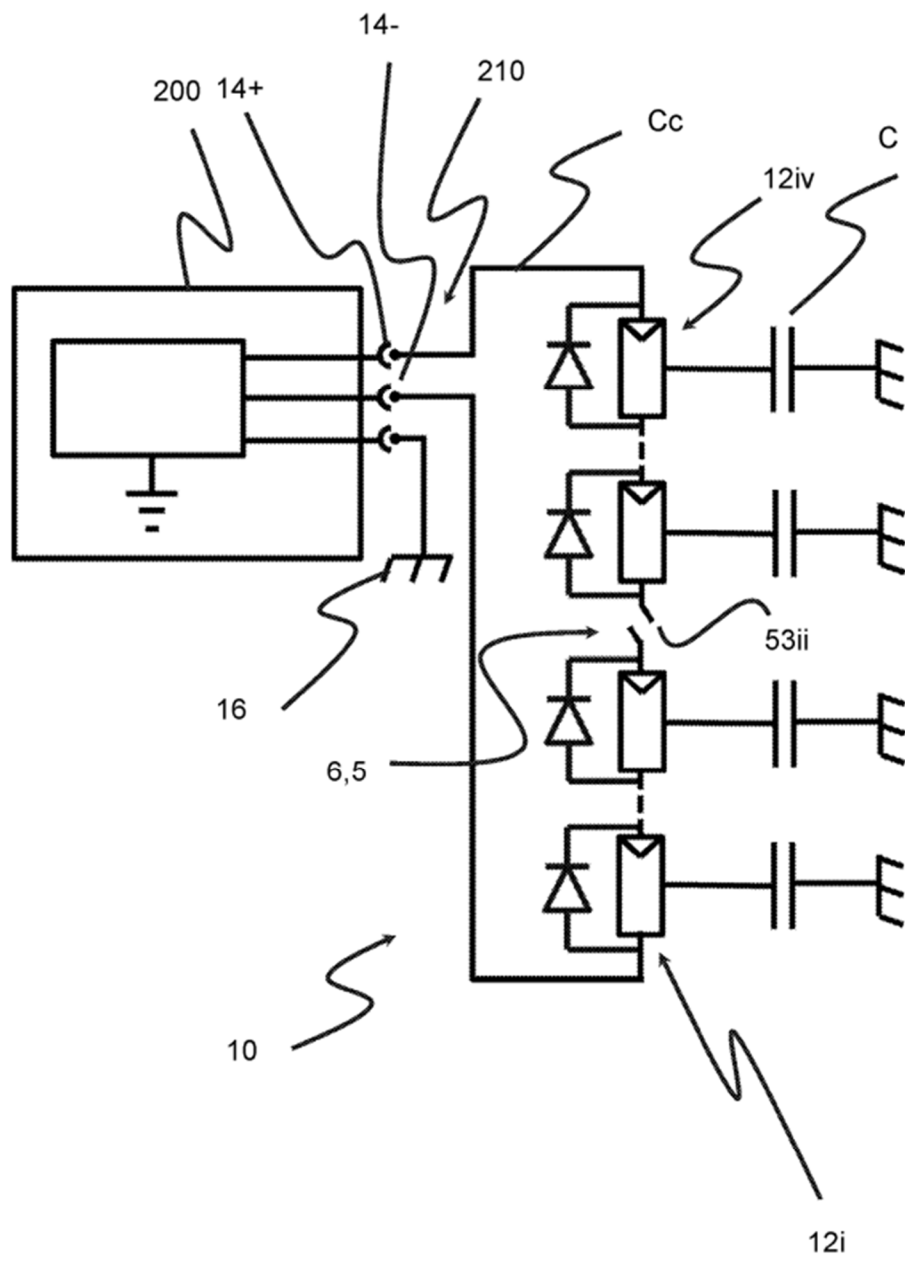


FIG. 5

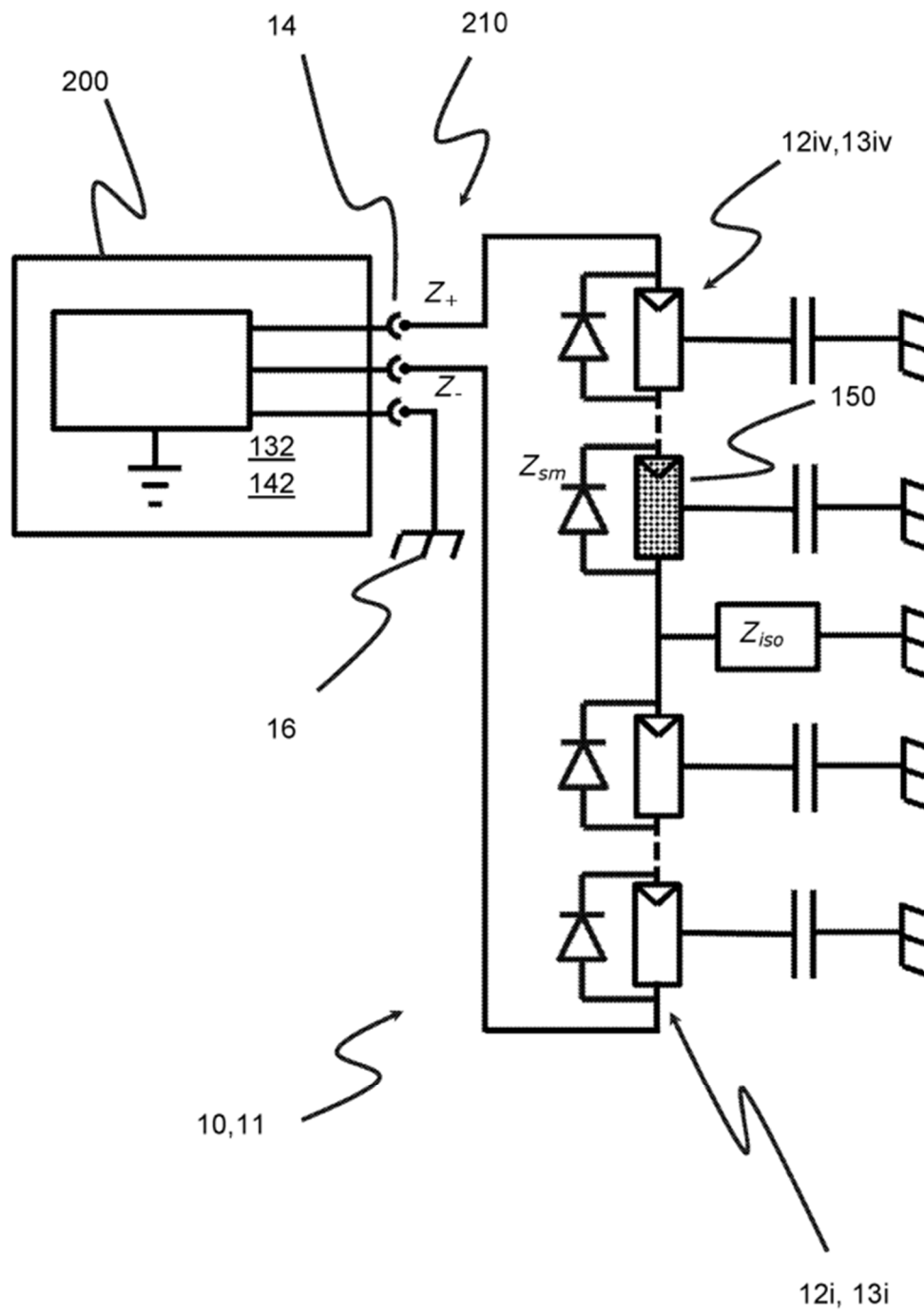
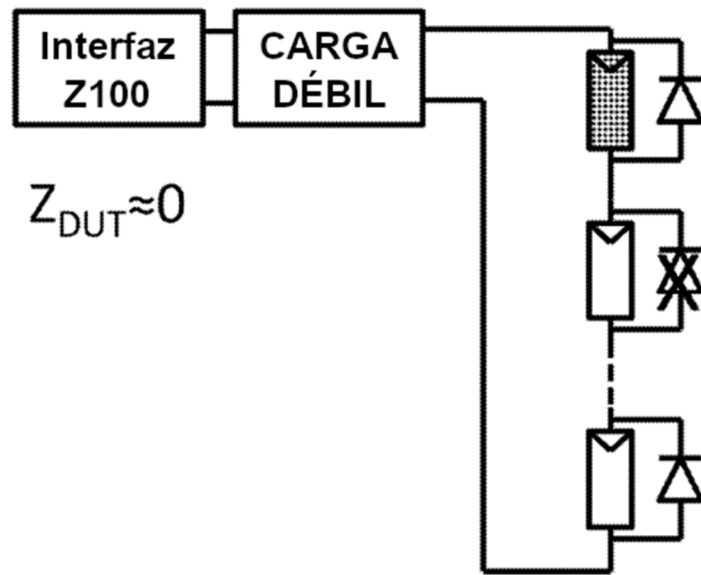


FIG. 6

A



B

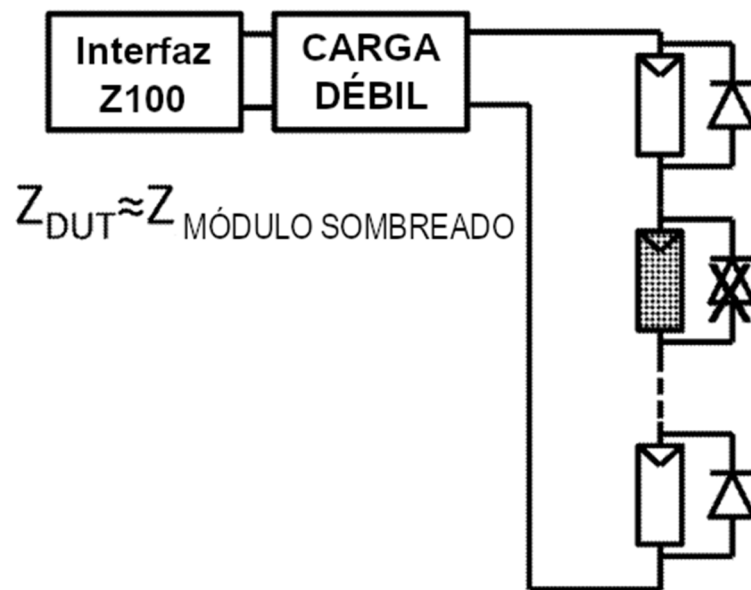
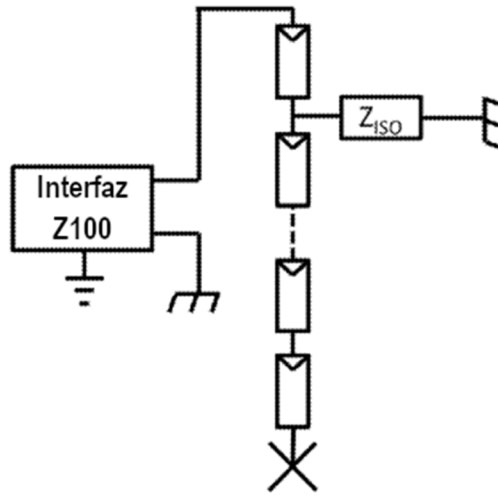
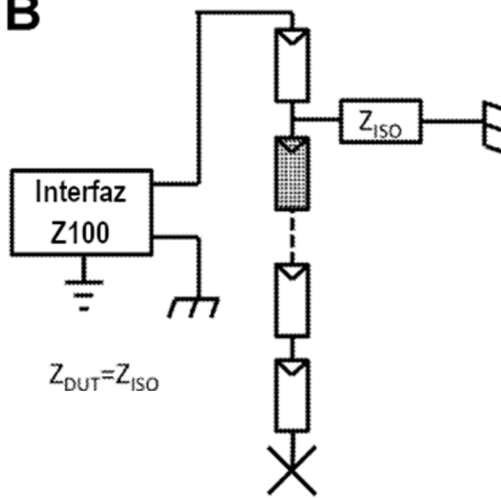


FIG. 7

A



B



C

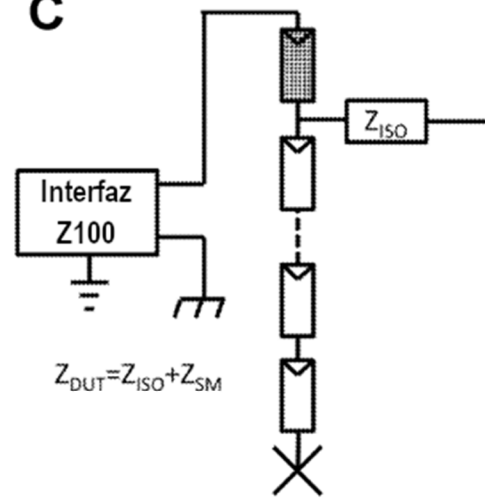


FIG. 8

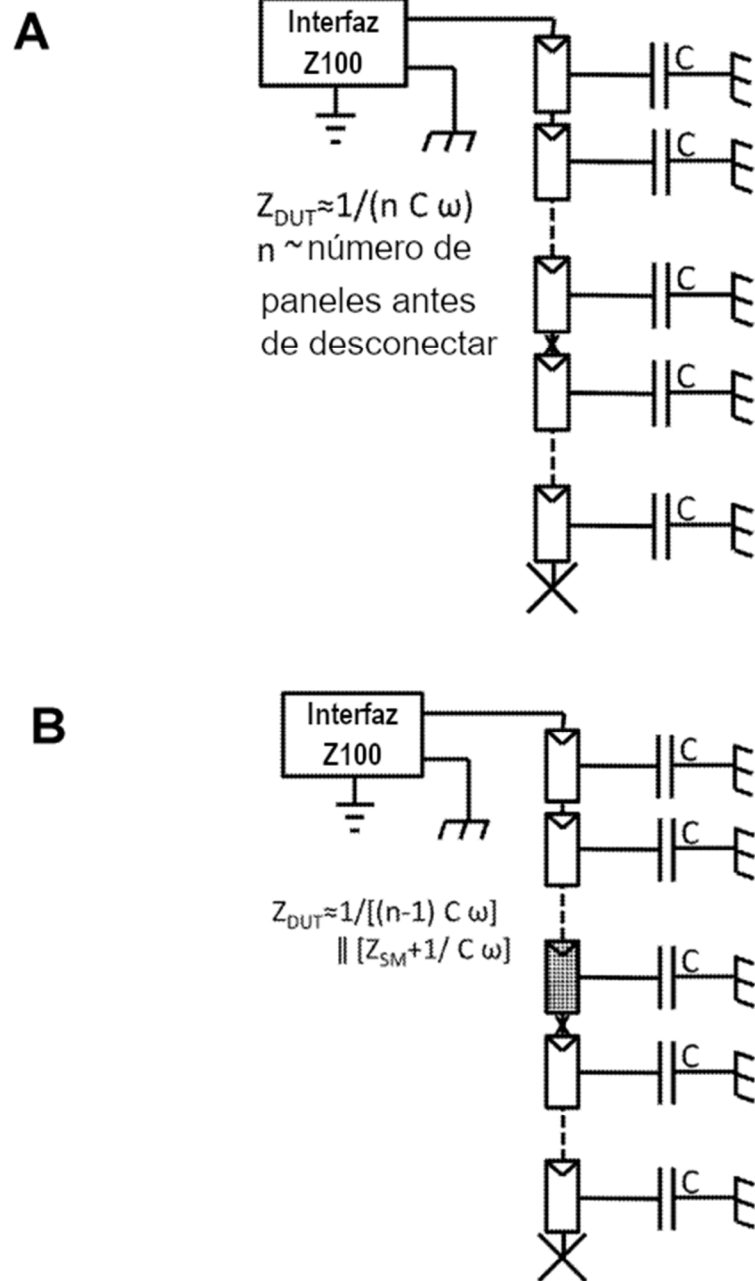


FIG. 9

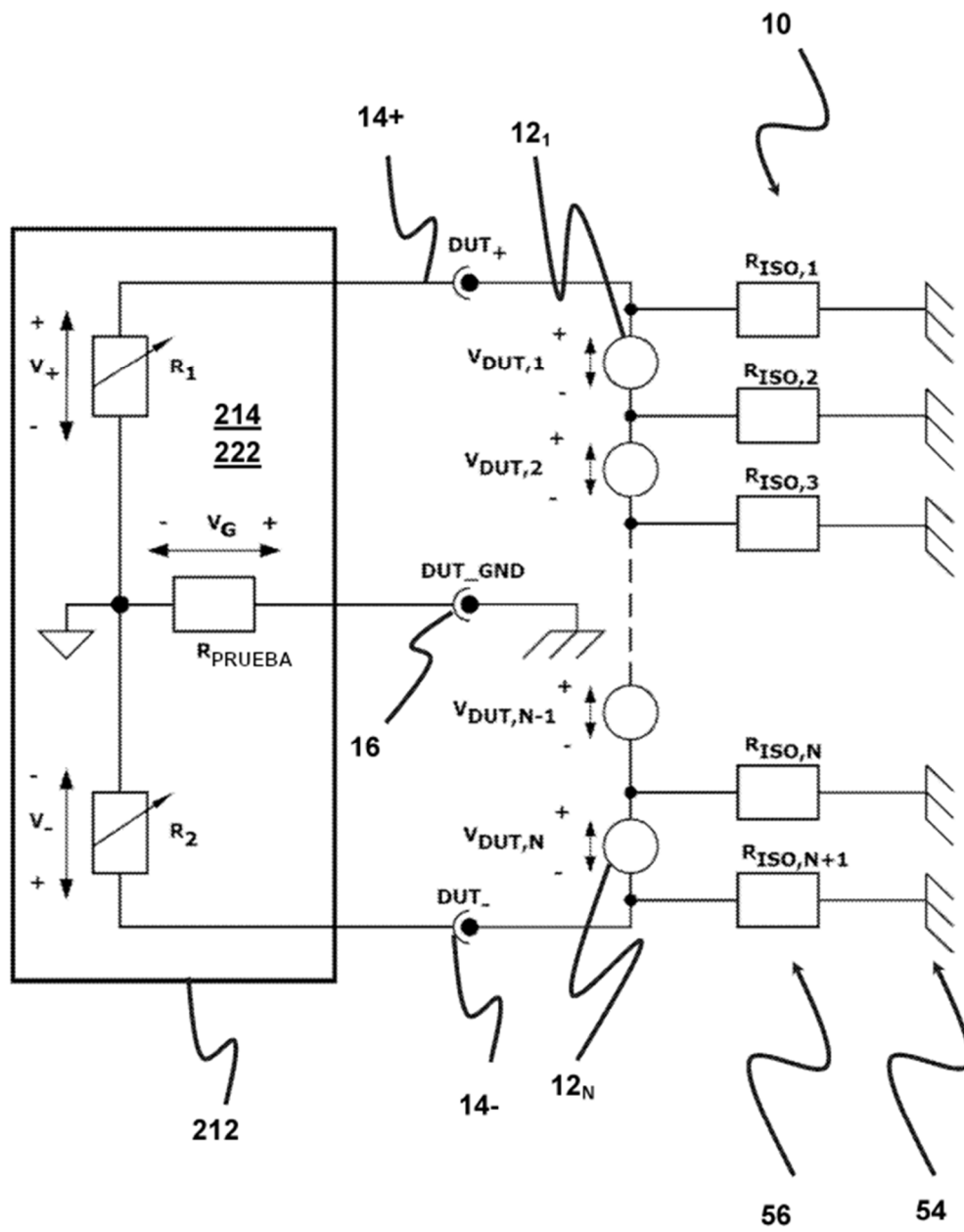


FIG. 10

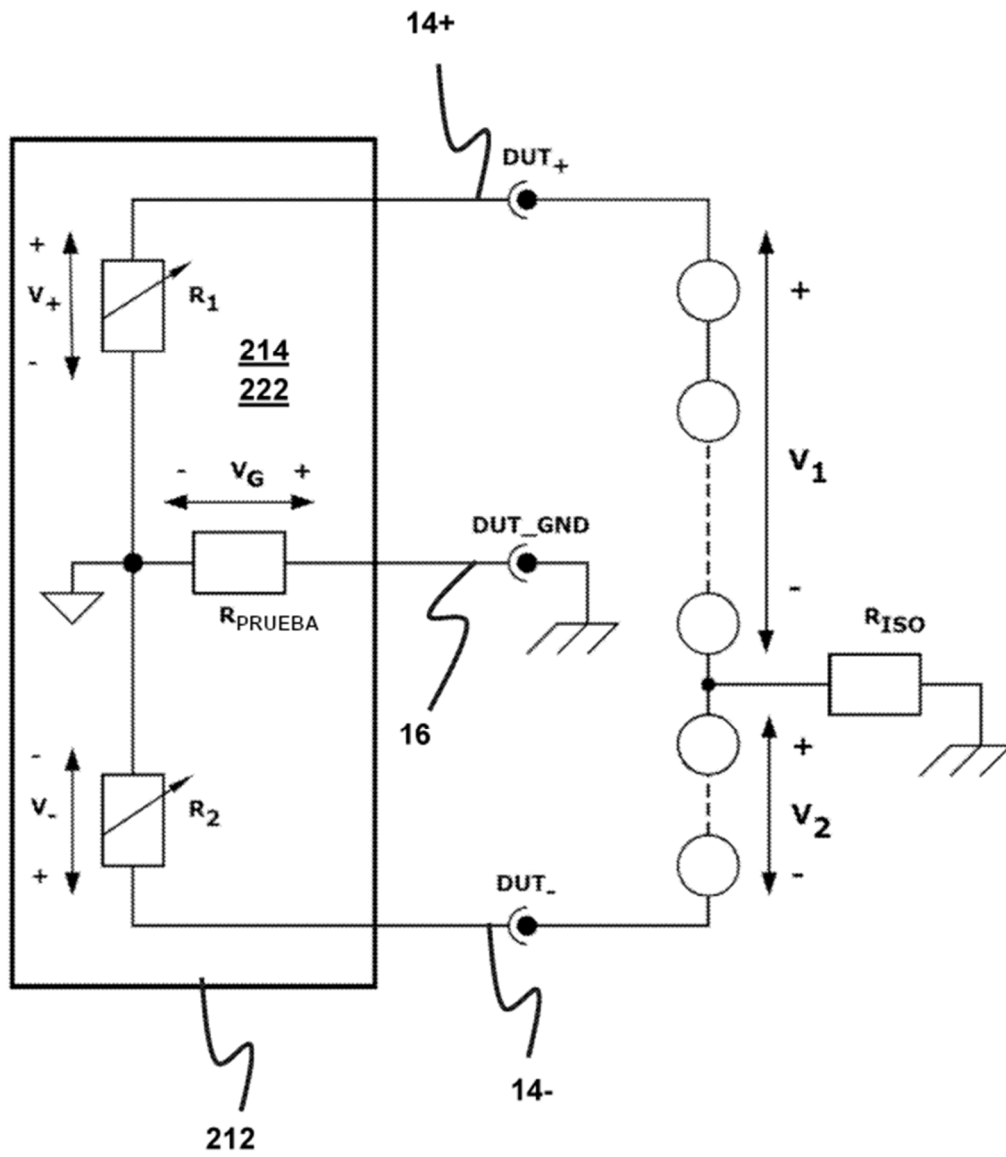


FIG. 11