

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 572**

51 Int. Cl.:

G01R 31/26 (2014.01)

G01R 19/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2010 PCT/EP2010/054240**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010 WO10118952**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2010 E 10715144 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2419749**

54 Título: **Procedimiento para diagnosticar el fallo de un generador fotovoltaico**

30 Prioridad:

17.04.2009 FR 0901886

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

10.04.2019

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CHARENTREUIL, NICOLAS;
BARRUEL, FRANCK y
LABRUNIE, ANTOINE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 708 572 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para diagnosticar el fallo de un generador fotovoltaico

5 La invención se refiere a un procedimiento de diagnóstico para un dispositivo fotovoltaico que permite detectar su avería. Está particularmente adaptada para optimizar la producción de un generador fotovoltaico. También se refiere a un dispositivo fotovoltaico que implementa dicho procedimiento.

10 Los dispositivos de generación de energía a partir de fuentes intermitentes, como generadores fotovoltaicos, se utilizan cada vez más. El coste de su producción depende de su autonomía y de su capacidad para diagnosticar su fallo, si es posible en tiempo real. Los dispositivos existentes no están diseñados para una reacción rápida en caso de fallo, incluso cuando su producción se vuelve anormalmente baja. Por esta razón, requieren operaciones de mantenimiento complejas y costosas.

15 La gestión clásica de los dispositivos fotovoltaicos consiste en observar su comportamiento al nivel de los sistemas conectados a estos dispositivos, por ejemplo, midiendo la carga de una batería conectada al dispositivo o midiendo la producción eléctrica obtenida en una red eléctrica a la que está conectado el dispositivo. En caso de una medida inferior al valor esperado, se confirma un fallo del dispositivo fotovoltaico. Dicha gestión clásica tiene la desventaja de ser imprecisa. En efecto, no permite distinguir entre una disminución normal en la producción causada por sombras o condiciones climáticas especiales y un fallo real del dispositivo. Además, no permite diferenciar diferentes fallos del dispositivo como un aumento de la resistencia del cableado, por ejemplo, debido a la falta de conectividad o un arco eléctrico en el dispositivo o un deterioro de la cara frontal del generador fotovoltaico, por ejemplo, debido a una deslaminación o a la corrosión, a una sombra o a la suciedad.

25 El documento WO2008112080 describe una solución que consiste en comparar los valores medidos al nivel de módulos fotovoltaicos con valores registrados previamente en una situación de funcionamiento normal para detectar fallos. Dicha solución es de difícil implementación y no es satisfactoria porque requiere una gran cantidad de datos. Para ello, se necesita una gran cantidad de sensores para lograr un gran número de mediciones, y un largo tratamiento para compararlas con los datos registrados.

30 El documento US4163194 describe un procedimiento de diagnóstico que comprende la medición de la tensión en los bornes de una celda fotovoltaica durante el paso de un modo de circuito abierto a un modo de cortocircuito. Sin embargo, este procedimiento requiere la medición de un parámetro adicional, es decir, la corriente o la potencia. Por lo tanto, un objeto general de la invención es proponer una solución diagnóstica para un dispositivo fotovoltaico que no comprende las desventajas de las soluciones del estado de la técnica.

Más específicamente, la invención pretende lograr todos o una parte de los siguientes objetos:

40 Un primer objeto de la invención es proponer una solución diagnóstica para un dispositivo fotovoltaico que permita detectar con fiabilidad y precisión su fallo.

Un segundo objeto de la invención es proponer una solución diagnóstica para un dispositivo fotovoltaico que permita detectar un fallo de forma remota y en tiempo real.

45 Un tercer objeto de la invención es proponer una solución diagnóstica para un dispositivo fotovoltaico que permita detectar un fallo de manera sencilla y económica.

50 Para ello, la invención se basa en un procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico caracterizado porque implementa una etapa de observación de la evolución de su tensión en función del tiempo durante su paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa, de un modo de funcionamiento en circuito abierto a un modo de cortocircuito.

55 Para ello, el procedimiento puede comprender además una etapa de medición del tiempo normal requerido para alcanzar una tensión máxima U_{CO} cuando el generador fotovoltaico pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto en un estado no defectuoso y/o comprende además una etapa de medición de la tensión máxima U_{CO} .

60 La etapa de medición de la tensión máxima U_{CO} puede realizarse después del paso del generador fotovoltaico de un modo de funcionamiento normal a un modo de circuito abierto.

Puede comprender una etapa de medición del tiempo necesario para alcanzar un porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} cuando pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto, y una etapa de comparación de este tiempo con el tiempo normal necesario en el caso del generador fotovoltaico en condiciones de funcionamiento no defectuoso, considerándose defectuoso el generador fotovoltaico si este tiempo supera un umbral predefinido.

El procedimiento puede comprender una etapa de medición de la tensión U en los bornes del generador al cabo de un tiempo predefinido cuando pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto y una etapa de comparación de esta tensión con la tensión normal alcanzada en el caso del generador fotovoltaico en condiciones de funcionamiento no defectuoso, considerándose defectuoso el generador fotovoltaico si esta tensión es inferior a un umbral predefinido.

5

Para ello, el procedimiento puede comprender las siguientes etapas adicionales:

- abertura de un primer interruptor (en inglés, *switch*) para obtener el paso del generador fotovoltaico desde la posición de circuito cerrado a la de circuito abierto, desconectándolo de su carga;
- medición de la tensión máxima estabilizada, obtenida en los bornes del generador fotovoltaico;
- cierre de un segundo interruptor para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito y luego, abertura de este segundo interruptor para ponerlo nuevamente en circuito abierto;
- medición de la tensión en los bornes del generador fotovoltaico obtenida al cabo de un tiempo predefinido y comparación de la tensión medida con la tensión máxima para determinar el estado defectuoso o no del generador fotovoltaico;
- cierre del primer interruptor para poner nuevamente el generador fotovoltaico en su situación de producción eléctrica normal en relación con su carga.

10

15

20

El tiempo predefinido puede estar comprendido entre 10^{-7} y 10^{-2} segundos y/o el porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} puede ser superior al 50 %.

En caso de diagnóstico de fallo del generador fotovoltaico, el procedimiento puede determinar la curva de la evolución U(I) de su tensión U en función de la corriente I.

25

De acuerdo con una segunda realización de la invención, el procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico se caracteriza porque la etapa de observación de la evolución de su tensión U comprende la observación de la evolución U(I) de su tensión U en función de la corriente I.

30

El procedimiento puede comprender una etapa de detección de las brechas de la curva de tensión - intensidad para deducir de la misma el número de defectos, así como la importancia del fallo.

El procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico puede comprender las etapas adicionales siguientes:

- abertura de un primer interruptor (en inglés, *switch*) para obtener el paso del generador fotovoltaico desde la posición de circuito cerrado a la de circuito abierto, desconectándolo de su carga;
- medición de la tensión máxima U_{CO} estabilizada, obtenida en los bornes del generador fotovoltaico;
- cierre de un segundo interruptor para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito y luego, abertura de este segundo interruptor para ponerlo nuevamente en circuito abierto;
- medición de la tensión U y de la corriente I en los bornes del generador fotovoltaico hasta que la tensión U alcance la tensión máxima U_{CO} para obtener la curva U(I);
- cierre del primer interruptor para poner nuevamente el generador fotovoltaico en su situación de producción eléctrica normal en relación con su carga.

35

40

45

El paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa puede realizarse mediante un inversor.

La invención también se refiere a un dispositivo fotovoltaico que comprende un generador fotovoltaico que comprende una pluralidad de celdas fotovoltaicas, caracterizado porque comprende al menos dos interruptores para permitir el paso de al menos una celda del generador fotovoltaico de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa, y porque comprende un microcontrolador o CPU que implementa el procedimiento de diagnóstico para el generador fotovoltaico, tal como se ha descrito anteriormente.

50

El primer interruptor puede ser capaz de conectar o no el generador fotovoltaico a una carga externa como una batería o una red eléctrica, y el al menos un segundo interruptor puede estar en paralelo en al menos una celda del generador fotovoltaico.

55

El microcontrolador o CPU puede ser el de un inversor capaz de conectar el dispositivo fotovoltaico a una red eléctrica o el microcontrolador o CPU puede integrarse en una carcasa dispuesta al nivel del generador fotovoltaico.

60

Estos objetos, características y ventajas de la presente invención se describirán con más detalle en la descripción siguiente de realizaciones particulares hechas con carácter no limitativo en relación con las figuras adjuntas, en las que:

65

La figura 1 ilustra esquemáticamente un circuito eléctrico equivalente a una celda fotovoltaica.

La figura 2 muestra la curva de tensión - intensidad obtenida en los bornes de diferentes celdas fotovoltaicas.

La figura 3 muestra esquemáticamente el circuito eléctrico de dos celdas fotovoltaicas en serie, una de las cuales está defectuosa.

5 Las figuras 4 y 5 muestran respectivamente dos procedimientos de diagnóstico diferentes de un generador fotovoltaico a partir de las curvas de evolución de la tensión en función del tiempo en los bornes de un generador fotovoltaico normal y defectuoso.

10 La figura 6 muestra curvas de tensión - intensidad obtenidas en los bornes de un generador fotovoltaico de acuerdo con diferentes escenarios.

La figura 7 ilustra un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una realización de la invención.

15 La figura 8 muestra el circuito eléctrico implementado para el diagnóstico del dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la realización de la invención.

20 La invención se basa en el análisis de la evolución de la tensión de un generador fotovoltaico durante su paso del modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de funcionamiento en circuito abierto o viceversa. Esta evolución puede ser observada a través de la curva de la tensión en función del tiempo o a través del análisis de la curva que representa la intensidad en función de la tensión en el generador fotovoltaico cuando se produce este cambio de modo.

25 Una celda fotovoltaica se comporta de acuerdo con un circuito eléctrico como se muestra esquemáticamente en la figura 1. Proporciona una corriente I y una tensión U en sus bornes de salida AB.

30 La figura 2 muestra la curva de la intensidad I en función de la tensión U obtenida en los bornes de diferentes celdas fotovoltaicas. Las curvas 1 y 2 ilustran el caso de celdas fotovoltaicas en funcionamiento normal, es decir, no defectuosas. La curva 3 ilustra la situación de una celda fotovoltaica que recibe una radiación insuficiente o nula, llamada celda defectuosa. En el caso de que la corriente suministrada por un generador fotovoltaico, que comprende una pluralidad de estas celdas fotovoltaicas, ascienda a un valor I_{PV} , las celdas fotovoltaicas en posición de funcionamiento normal tendrán una tensión U_1, U_2 positiva en sus bornes, mientras que una celda defectuosa tendrá una tensión negativa U_3 .

35 La figura 3 ilustra esquemáticamente la representación eléctrica de una celda en funcionamiento normal colocada en serie con una celda defectuosa, cuya tensión U' es opuesta a la tensión U de la celda en condición de funcionamiento normal. En una celda fotovoltaica defectuosa, su capacidad C' está cargada negativamente, su tensión opuesta puede llegar a más de 20 veces el valor de la tensión nominal de la celda y su corriente máxima es más baja que la de otra celda. En el caso de la abertura del circuito conectado a dicha celda defectuosa, la tensión de la celda defectuosa tardará mucho más tiempo que el de una celda normal para alcanzar un valor nominal positivo. Este tiempo puede ser del orden de 20 a 100 veces más prolongado.

40 De este modo, el concepto de la invención aprovecha el fenómeno anterior para elaborar, según la respuesta de un generador fotovoltaico durante su paso de un modo de cortocircuito a circuito abierto, un diagnóstico de su funcionamiento.

45 Las figuras 4 y 5 muestran curvas de evolución 15, 16 de la tensión U en función del tiempo t en los bornes de un generador fotovoltaico durante su paso de cortocircuito a circuito abierto, respectivamente en el caso de un funcionamiento normal y en el caso de un funcionamiento defectuoso. La curva normal 15 muestra que la tensión U converge finalmente hacia una tensión máxima U_{co} . La curva 16 muestra que la tensión de un generador defectuoso aumenta con mucha menor rapidez.

50 Por lo tanto, un primer procedimiento de diagnóstico del estado del generador fotovoltaico, representado en la figura 4 consiste en observar el tiempo requerido para alcanzar una tensión U_f que representa un porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{co} , por ejemplo, el 95 %. En el caso del generador en funcionamiento normal, el valor final predefinido U_f se alcanza al cabo de un tiempo normal t_n . En el caso del generador defectuoso, el valor final predefinido U_f se alcanza al cabo de un tiempo más prolongado t_d . De este modo, la comparación de los tiempos t_d y t_n permite un diagnóstico del estado del generador fotovoltaico.

55 Un segundo procedimiento, mostrado en la figura 5, consiste en medir la tensión obtenida para un tiempo predefinido t_f . En el caso del generador en funcionamiento normal, se alcanza un valor normal U_n al cabo del tiempo t_f . En el caso del generador defectuoso, el valor final inferior U_d se alcanza al cabo del tiempo t_f . De este modo, la comparación de las tensiones U_n y U_d permite un diagnóstico del estado del generador fotovoltaico.

60 La figura 6 ilustra tres curvas $U(I)$ 4, 5, 6 obtenidas de acuerdo con tres escenarios diferentes, respectivamente, cuando un generador fotovoltaico pasa de una situación de cortocircuito a una situación de circuito abierto. Cada

curva $U(I)$ es la suma de las curvas $U(I)$ de cada una de las celdas fotovoltaicas que componen el generador fotovoltaico. Se obtendrían curvas equivalentes para un paso de una situación de circuito abierto a una situación de cortocircuito.

5 La curva 4 representa un generador fotovoltaico en el que todas las celdas fotovoltaicas están en buen estado de funcionamiento. En la abertura del circuito, la intensidad alcanzará un valor cero mientras que la tensión alcanzará un valor U_{CO} máximo al cabo de un tiempo relativamente corto. La curva 5 representa la misma curva obtenida en el caso de un generador que comprende al menos una celda fotovoltaica defectuosa. Esta curva tiene una brecha 7 durante la que la intensidad cae más rápidamente, mientras que la tensión aumenta poco. La curva 6 ilustra otro ejemplo en el que la curva tiene dos brechas 8, 9 que indican la presencia de al menos dos celdas fotovoltaicas defectuosas. En cualquier caso, finalmente se alcanza el mismo valor de tensión U_{CO} , después de un tiempo, no obstante, mucho más largo en el caso de las curvas 5, 6 para los generadores que tienen al menos una celda defectuosa como se ha explicado anteriormente. Estos ejemplos permiten ilustrar varias situaciones y demuestran que las curvas $U(I)$ permiten obtener los siguientes diagnósticos:

- 15
- hay tantos defectos en el dispositivo como brechas 7, 8,9;
 - cuanto mayor sea la brecha, más significativo será el fallo.

20 Las explicaciones anteriores serán utilizadas en una realización de un dispositivo fotovoltaico equipado con un dispositivo que permite el diagnóstico de su funcionamiento, mostrado en la figura 7.

25 El dispositivo fotovoltaico de la figura 7 comprende un generador fotovoltaico 10, que puede comprender una o más celdas fotovoltaicas, conectado a la red eléctrica a través de una conexión 12 por medio de un inversor 11. Este inversor es gestionado por un microcontrolador o CPU 13, cuya función principal es determinar el punto de funcionamiento del generador fotovoltaico 10 y su conexión con la red 12. Para ello, está en contacto con un bloque de gestión de elevación de tensión 14, un convertidor CC - CC 15 y un bloque de gestión de la publicación 16 en la red de la producción. Para cumplir su función, el comando CPU 13 encarga regularmente las siguientes medidas:

- 30
- tensión y corriente suministrada por el panel de CC;
 - medición de aislamiento en el lado de CC;
 - medición de presencia en la red;
 - corriente y tensión inyectados en la red de CA.

35 De acuerdo con la invención, el dispositivo fotovoltaico comprende además un dispositivo de diagnóstico integrado en el inversor 11 descrito anteriormente, cuyo CPU implementa el procedimiento de diagnóstico para el generador fotovoltaico y en particular, de detección de fallos, que será descrito más adelante. El dispositivo de diagnóstico corresponde al diagrama eléctrico mostrado en la figura 8. El CPU 13 del inversor recibe las mediciones de la corriente I y de la tensión V del generador fotovoltaico 10 y controla dos interruptores T1, T2. En situación de funcionamiento normal de producción eléctrica, el interruptor T2 está cerrado mientras el interruptor T1 está abierto.

40 De manera alternativa, otros dispositivos son posibles, en particular, basados en al menos un interruptor. De manera alternativa, el dispositivo de diagnóstico podría ser integrado en cualquier otra carcasa separada del inversor, como una carcasa colocada al nivel de al menos una celda fotovoltaica, por ejemplo. De acuerdo con una realización alternativa, dicha carcasa podría integrar otras funciones, como una función de detección de arco eléctrico dentro del generador fotovoltaico. De este modo, el procedimiento de la invención es implementado por un programa informático en un microcontrolador o cualquier soporte, que luego se integra en el dispositivo fotovoltaico, y funciona sobre la base de la recepción de mediciones en fase con el control del (de los) interruptor(es).

45

Dicho dispositivo puede permitir la implementación del procedimiento de su diagnóstico de acuerdo con una primera realización que comprende las siguientes etapas:

- 50
- abertura del interruptor T2 para lograr el paso del generador fotovoltaico de un modo de circuito cerrado a un modo de circuito abierto;
 - medición de la tensión máxima U_{CO} estabilizada, obtenida en los bornes del generador fotovoltaico al cabo de cierto tiempo (tiempo de estabilización), cuando la intensidad es cero;
 - 55 - cierre del interruptor T1 para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito, y luego, abertura del interruptor T1 para ponerlo nuevamente en circuito abierto;
 - medición de la tensión U en los bornes del generador fotovoltaico obtenida al cabo de un tiempo predefinido t . En esta realización, t se selecciona igual a 15 microsegundos. Cualquier valor relativamente cercano del tiempo requerido para el generador en situación de funcionamiento no defectuoso para lograr un porcentaje predefinido de la tensión máxima estabilizada U_{CO} puede ser adecuado, pudiendo ser dicho tiempo medido o estimado. El tiempo predefinido t será, por lo tanto, suficientemente largo como para que la tensión se acerque a la tensión máxima U_{CO} del generador, al menos en el caso de un generador no defectuoso. De este modo, podría seleccionarse para este tiempo predefinido, más generalmente, un valor comprendido entre 10^{-7} y 10^{-2} segundos;
 - 60 - comparación de la tensión medida U con el porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} :
- 65

- si la tensión medida U alcanza un determinado porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} , entonces se considera que el generador está funcionando normalmente y se cierra el interruptor T2 para poner nuevamente el generador en su situación de producción eléctrica normal. El porcentaje predefinido se establece en el 95 % en esta realización. Podría tomar otros valores, porque depende del tiempo t predefinido y, por ejemplo, podría tomar cualquier otro valor preferentemente superior al 50 %;

- si la tensión medida U no alcanza el porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} , entonces el generador se considera defectuoso.

De acuerdo con otra realización de la invención, es posible observar la curva de tensión - intensidad $U(I)$ determinada mientras el dispositivo pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto. Para ello, se realizan las etapas siguientes:

- cierre del interruptor T1 para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito, y luego, abertura del interruptor T1 para ponerlo nuevamente en circuito abierto;

- medición de varios puntos de tensión y de corriente de acuerdo con una frecuencia f_{acq} predefinida, estando comprendida esta frecuencia de manera ventajosa entre 100 kHz y 1 MHz;

- cuando la tensión alcanza el valor U_{CO} , entonces el interruptor T2 se cierra para poner nuevamente el generador en su situación normal de producción eléctrica;

- los puntos medidos son transmitidos y analizados por el CPU 13 del dispositivo fotovoltaico, que puede, de este modo, deducir el número de defectos y la importancia de la degradación.

De acuerdo con una realización alternativa en modo recíproco, solo se modifica la primera etapa; el interruptor T1 se abre primero y luego se cierra para generar un paso de un circuito abierto a un cortocircuito.

De manera alternativa, las dos realizaciones descritas anteriormente pueden agruparse. Por ejemplo, la primera realización que se basa en el análisis de la evolución en función del tiempo de la tensión cuando pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de funcionamiento de circuito abierto puede estar seguida, en el caso de que se detecte un defecto, de la determinación y la observación de la evolución de la curva $U(I)$, con el fin de obtener información adicional sobre los defectos del dispositivo.

De acuerdo con una realización ventajosa de la invención, el tiempo requerido para la implementación del diagnóstico es lo suficientemente corto como para permitir su ejecución sin la parada completa del inversor 11, lo que requeriría entonces un tiempo significativo en el caso contrario, pudiendo alcanzar varios minutos, para producir nuevamente su máxima potencia. Para ello, hay que tener en cuenta que el inversor comprende un bus capacitivo que permite almacenar energía correspondiente a al menos un milisegundo de inyección en la red. El tiempo necesario para que la tensión del generador fotovoltaico alcance su valor máximo durante el paso en circuito abierto depende de la corriente y de la capacidad equivalente del generador 10. De manera relevante, este tiempo varía ligeramente en función de la irradiación y de las características intrínsecas de las celdas. De este modo, al seleccionar un transistor de potencia rápida, componentes de conmutación rápida T1, T2, por ejemplo, del orden del microsegundo y/o medios de medición apropiados, es posible implementar el diagnóstico en un tiempo inferior a 1 milisegundo, lo que permite no detener el inversor y no afectar la producción eléctrica. El proceso de diagnóstico se implementa periódicamente y de este modo, permite comprobar el dispositivo en tiempo real.

Un procedimiento de diagnóstico para el dispositivo fotovoltaico ha sido descrito a modo de ejemplo de acuerdo con la primera realización de la invención. Resulta evidente que otras variantes son posibles, basadas en la variación del tiempo requerido para alcanzar la tensión máxima U_{CO} en los bornes del generador en estado de circuito abierto. Esta tensión máxima no se mide necesariamente en cada implementación del procedimiento de diagnóstico, pero se puede medir, por ejemplo, una sola vez cuando el generador es nuevo, está en funcionamiento normal no defectuoso y se memoriza. Igualmente, el tiempo requerido para alcanzar este valor puede medirse simultáneamente y memorizarse para que sirva como base a las etapas de diagnóstico.

Por lo tanto, una posible variante de la primera realización del procedimiento de diagnóstico del generador puede consistir en esperar sistemáticamente, durante el paso en circuito abierto del generador, que la tensión alcance la tensión máxima, medir el tiempo requerido y compararlo con el tiempo normal en caso de un funcionamiento adecuado. Si este tiempo supera el tiempo normal en un porcentaje predefinido, entonces se considera el generador como defectuoso.

El procedimiento de diagnóstico ha sido descrito sobre la base de un dispositivo de diagnóstico correspondiente al diagrama eléctrico que se muestra en la figura 8. De acuerdo con una variante ventajosa, el diagnóstico se puede hacer utilizando la estructura de entrada de un inversor fotovoltaico. De manera convencional, estos inversores utilizan componentes de la electrónica de potencia, ya sea en serie, en paralelo o ambas, pudiendo permitir la desconexión de la parte del inversor (etapa del convertidor CC / CA) de la parte del convertidor reductor (etapa del convertidor CC / CC) del aparato "inversor fotovoltaico" y/o realizar la función de conversión de CC / CC. Estos componentes pueden realizar el paso de cortocircuito a circuito abierto del (de los) generador(es) fotovoltaico(s) conectado(s) como entrada y permitir así la realización del diagnóstico. Por lo tanto, esta funcionalidad podría

implementarse de manera sencilla y principalmente gracias a adaptaciones de programas informáticos de los inversores existentes.

- 5 La invención logra así los objetos deseados, y permite un diagnóstico preciso y rápido de un generador fotovoltaico, permite en particular determinar en el caso de una disminución de la producción si la disminución se produce por un defecto del generador fotovoltaico o si está relacionada con un cableado o conector defectuoso. De este modo, el personal de mantenimiento puede advertir de forma rápida y precisa el fallo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico caracterizado porque implementa una etapa de observación de la evolución de su tensión (U) en función del tiempo durante su paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa, de un modo de funcionamiento en circuito abierto a un modo de cortocircuito.
- 10 2. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque comprende además una etapa de medición del tiempo normal requerido para alcanzar una tensión máxima (U_{CO}) cuando el generador fotovoltaico pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto en un estado no defectuoso y/o porque comprende además una etapa de medición de la tensión máxima (U_{CO}).
- 15 3. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque la etapa de medición de la tensión máxima (U_{CO}) se realiza después del paso del generador fotovoltaico de un modo de funcionamiento normal a un modo de circuito abierto.
- 20 4. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende una etapa de medición del tiempo requerido para alcanzar un porcentaje predefinido de la tensión máxima (U_{CO}) cuando pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto, y una etapa de comparación de este tiempo con el tiempo normal requerido en el caso del generador fotovoltaico en un estado de funcionamiento no defectuoso, considerándose el generador fotovoltaico como defectuoso si este tiempo supera un umbral predefinido.
- 25 5. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque comprende una etapa de medición de la tensión (U) en los bornes del generador al cabo de un tiempo predefinido cuando pasa de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto y una etapa de comparación de esta tensión con la tensión normal alcanzada en el caso del generador fotovoltaico en estado de funcionamiento no defectuoso, considerándose el generador fotovoltaico como defectuoso si esta
- 30 tensión es inferior a un umbral predefinido.
6. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque comprende las etapas adicionales siguientes:
- 35 - abertura de un primer interruptor (T2) (en inglés, *switch*) para lograr el paso del generador fotovoltaico desde la posición de circuito cerrado a la de circuito abierto, desconectándolo de su carga;
- medición de la tensión máxima estabilizada (U_{CO}), obtenida en los bornes del generador fotovoltaico;
- cierre de un segundo interruptor (T1) para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito, y luego, abertura de este segundo interruptor (T1) para ponerlo nuevamente en circuito abierto;
- 40 - medición de la tensión (U) en los bornes del generador fotovoltaico obtenida al cabo de un tiempo (t) predefinido y comparación de la tensión medida (U) con la tensión máxima (U_{CO}) para determinar el estado defectuoso o no del generador fotovoltaico;
- cierre del primer interruptor (T2) para poner nuevamente el generador fotovoltaico en su situación de producción eléctrica normal en relación con su carga.
- 45 7. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, caracterizado porque el tiempo predefinido está comprendido entre 10^{-7} y 10^{-2} segundos y/o porque el porcentaje predefinido de la tensión máxima (U_{CO}) es superior al 50 %.
- 50 8. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, en caso de diagnóstico de fallo del generador fotovoltaico, el procedimiento determina la curva de la evolución U(I) de su tensión (U) en función de la corriente (I).
- 55 9. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de observación de la evolución de su tensión (U) comprende además la observación de la evolución U(I) de su tensión (U) en función de la corriente (I).
- 60 10. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque comprende una etapa de detección de las brechas (7, 8, 9) de la curva de tensión - intensidad para deducir de la misma el número de defectos, así como la importancia del fallo.
11. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque comprende las etapas adicionales siguientes:
- 65 - abertura de un primer interruptor (T2) (en inglés, *switch*) para obtener el paso del generador fotovoltaico desde la posición de circuito cerrado a la de circuito abierto, desconectándolo de su carga;

- medición de la tensión máxima estabilizada (U_{co}), obtenida en los bornes del generador fotovoltaico;
 - cierre de un segundo interruptor (T1) para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito, y luego, abertura de este segundo interruptor (T1) para ponerlo nuevamente en circuito abierto;
 - medición de la tensión (U) y de la corriente (I) en los bornes del generador fotovoltaico hasta que la tensión (U) alcance la tensión máxima (U_{co}) para obtener la curva U(I);
 - cierre del primer interruptor (T2) para poner nuevamente el generador fotovoltaico en su situación de producción eléctrica normal en relación con su carga.
- 5
12. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa es realizado por un inversor (11).
- 10
13. Dispositivo fotovoltaico que comprende un generador fotovoltaico que comprende una pluralidad de celdas fotovoltaicas, caracterizado porque comprende al menos dos interruptores (T1; T2) para permitir el paso de al menos una celda del generador fotovoltaico de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de circuito abierto o viceversa, y porque comprende un microcontrolador o CPU (13) que implementa el procedimiento de diagnóstico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 15
14. Dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado porque un primer interruptor (T2) es capaz de conectar o no el generador fotovoltaico a una carga externa como una batería o una red eléctrica, y porque al menos un segundo interruptor (T1) está en paralelo en al menos una celda del generador fotovoltaico.
- 20
15. Dispositivo fotovoltaico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, caracterizado porque el microcontrolador o CPU (13) es el de un inversor (11) capaz de conectar el dispositivo fotovoltaico a una red eléctrica o porque el microcontrolador o CPU (13) está integrado en una carcasa dispuesta a nivel del generador fotovoltaico.
- 25

FIG.1

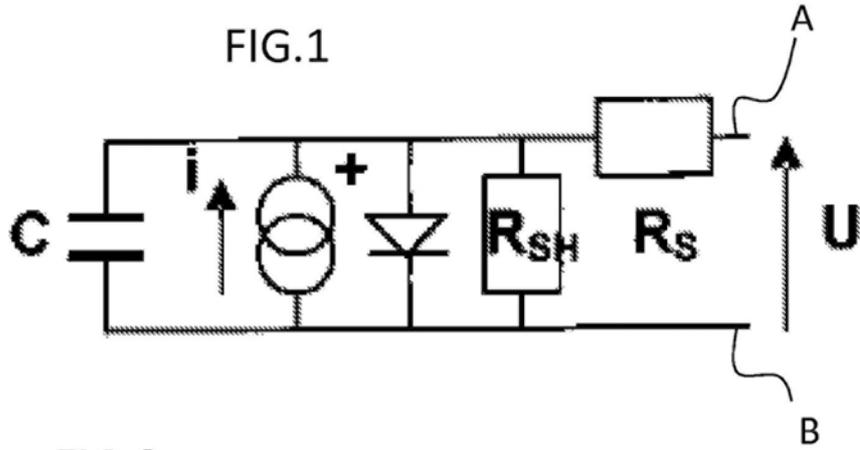


FIG.2

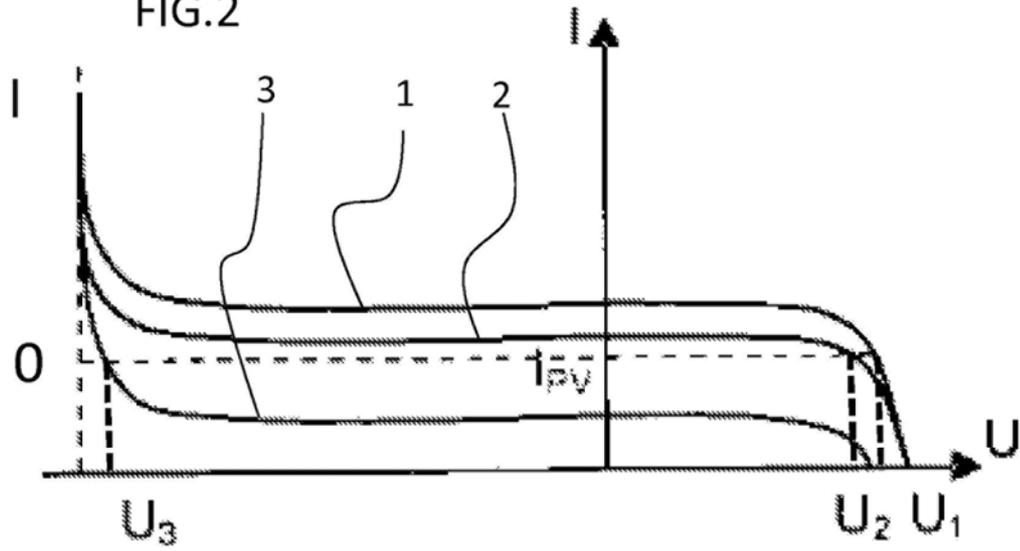
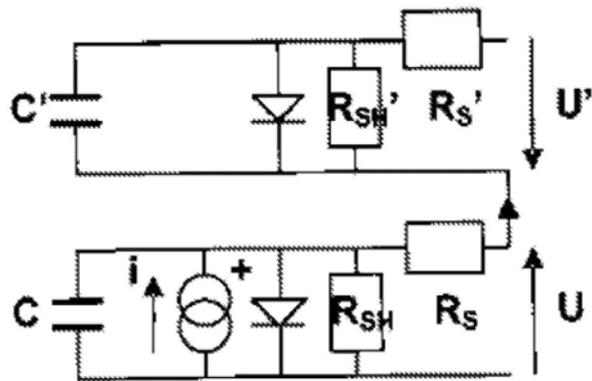


FIG.3



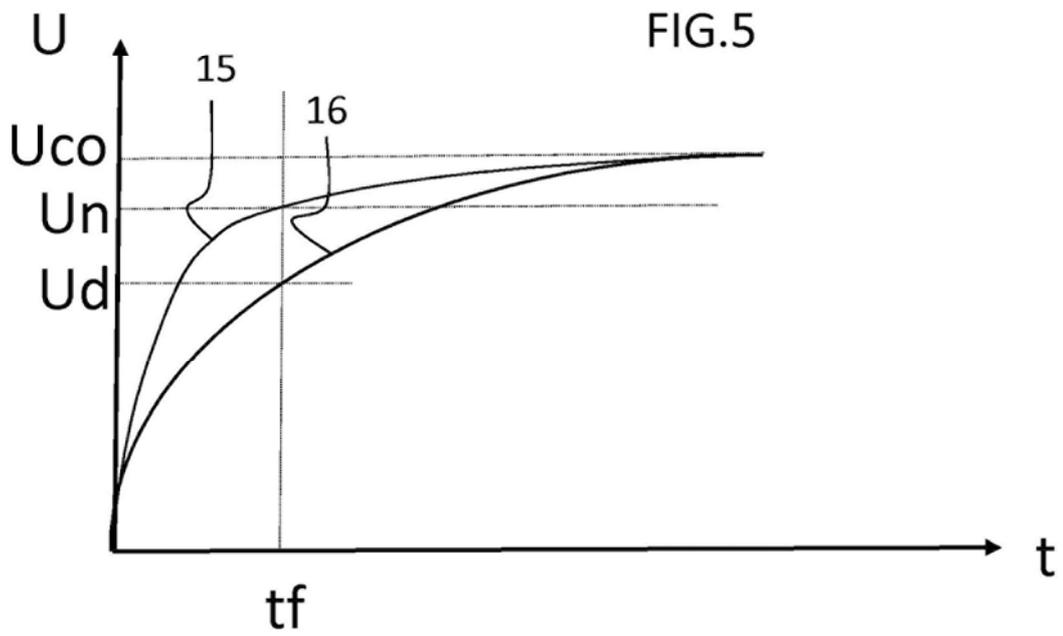
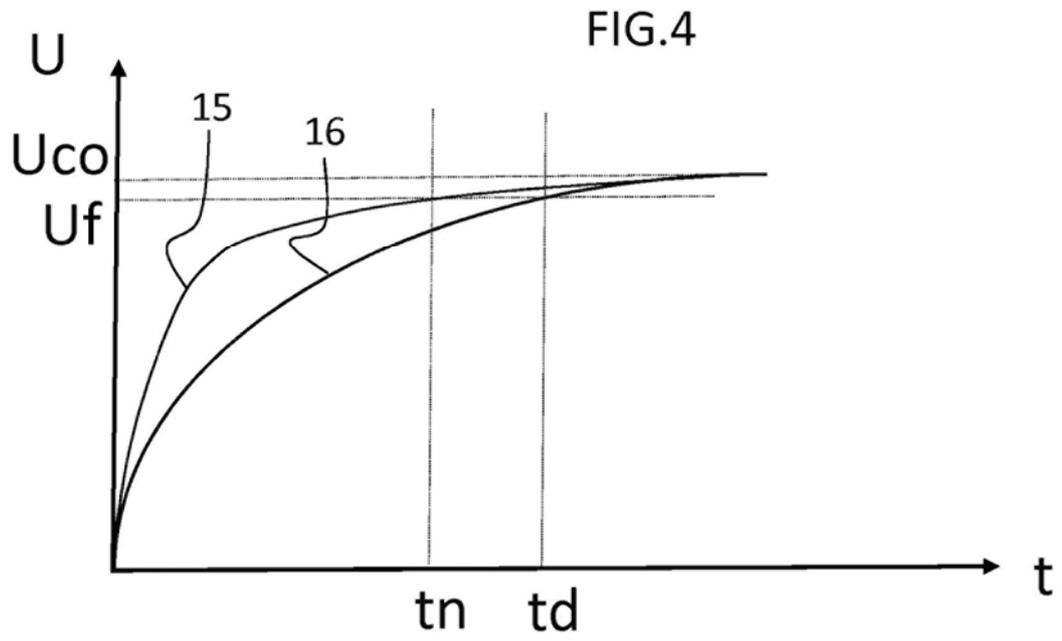


FIG.6

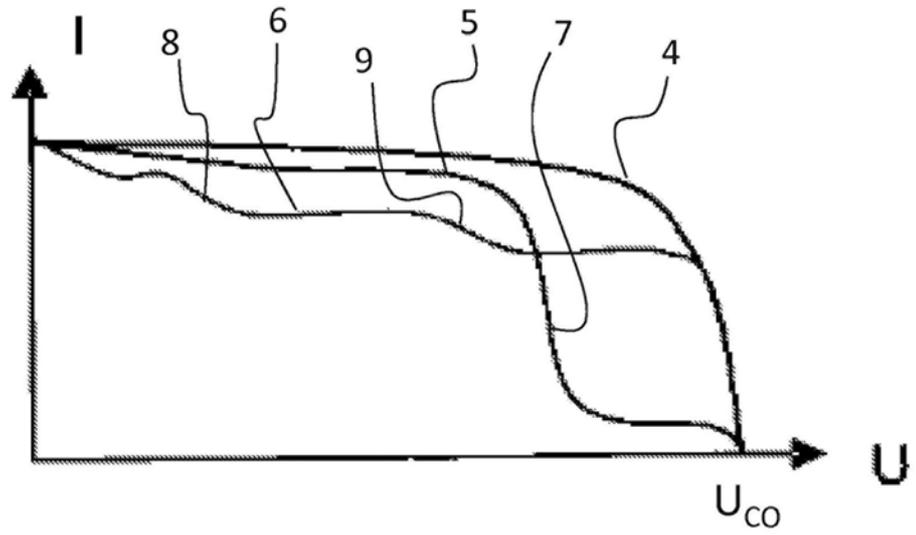


FIG.7

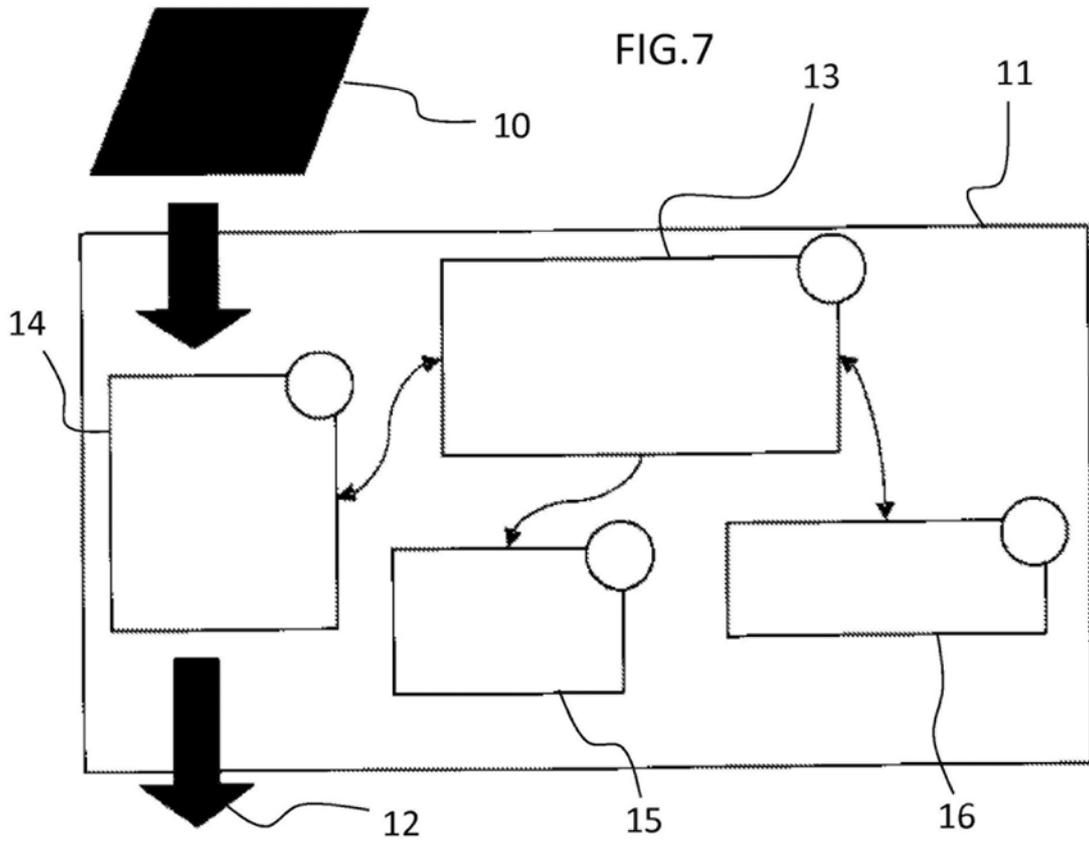


FIG.8

