

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 853**

51 Int. Cl.:

H03K 17/687 (2006.01)

H03K 17/16 (2006.01)

H02S 50/10 (2014.01)

H01L 31/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2010 PCT/EP2010/065762**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11048122**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2010 E 10771418 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2491413**

54 Título: **Dispositivo fotovoltaico con interruptor(es) electrónico(s)**

30 Prioridad:

23.10.2009 FR 0957450

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

06.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

CHARENTREUIL, NICOLAS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 698 853 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

Dispositivo fotovoltaico con interruptor(es) electrónico(s)

5 La invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico que comprende un interruptor electrónico y un dispositivo de control. También se refiere a un procedimiento de diagnóstico para tal dispositivo fotovoltaico que permite detectar su funcionamiento defectuoso.

10 Se conoce la utilización de un interruptor electrónico de tipo transistor MOSFET (por sus siglas en inglés de "Metal-oxide-semiconductor Field-effect transistor", transistor de efecto de campo metal-óxido semiconductor), tal como se ha representado en la figura 1. Para controlar el cierre de un interruptor de este tipo, se aplica una diferencia de potencial que supere un valor umbral V_{gs} entre la puerta G y la fuente S. Para ello, generalmente se aplica una tensión V_{cde} mediante un escalón cuyo frente es muy corto, del orden de unos nanosegundos (ns). Permite cambiar la capacitancia C_g de la puerta, que es una característica intrínseca del componente utilizado, a través de una resistencia R_g del orden de una centena de Ohms, según el esquema eléctrico representado en la figura 2. En general, la tensión umbral V_{gs} está comprendida entre 12 y 20 V y la tensión V_{cde} es una tensión en franjas cuyos frentes varían de 0 a un valor entre 12 y 22 V, por unos ns. Más allá de la tensión umbral V_{gs} , la capacitancia C_g de la puerta permite crear una circulación de corriente entre G y S, lo que cierra el interruptor. Por debajo de este valor, la corriente no pasa y el interruptor está abierto. Los valores de resistencia R_g y de capacitancia C_g determinan la velocidad de conmutación del interruptor, para un control de tensión dado. En el estado de la técnica, las consideraciones anteriores permiten obtener la apertura de un interruptor en un lapso de aproximadamente 10 ns. Las soluciones existentes de control de esta apertura tienen por objeto reducir el tiempo de conmutación con el fin de reducir las pérdidas por disipación de energía. Ahora bien, para determinadas aplicaciones, concretamente, en el campo de los dispositivos fotovoltaicos, estos controles existentes de la apertura de interruptores no están adaptados.

El documento US 4.382.224 divulga un dispositivo de control de un módulo solar que consta de una pluralidad de células solares, que consta de un circuito de medición de la curva I-V del dispositivo.

30 El documento US 2008/0198523 A1 divulga un dispositivo de corte de protección para un módulo solar que consta de una pluralidad de células solares montadas en serie que funcionan en condiciones normales, así como también en presencia de una sombra. De este modo, un objetivo general de la invención consiste en proponer una solución diferente de control de la apertura de un interruptor en el interior de un dispositivo fotovoltaico.

35 Para tal efecto, la invención se basa en un dispositivo fotovoltaico que comprende un generador fotovoltaico que comprende varias células fotovoltaicas, caracterizado por que comprende al menos un interruptor con un dispositivo de control que comprende una capacitancia de control (C_{cde}) y una resistencia de control (R_{cde}), conectada al interruptor de manera a ralentizar el control de la apertura del interruptor, para permitir que al menos una célula del generador fotovoltaico pase de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o viceversa.

La invención se define con más precisión en las reivindicaciones independientes 1 y 7. Estos objetivos, características y ventajas de la presente invención se expondrán en detalle en la siguiente descripción de un modo de ejecución particular aportado a modo no limitativo en relación con las figuras adjuntas, entre las cuales:

- 45 La figura 1 representa un interruptor de tipo transistor MOSFET según el estado de la técnica.
- La figura 2 representa el control de la apertura de un interruptor de tipo MOSFET según el estado de la técnica.
- 50 La figura 3 ilustra esquemáticamente un circuito eléctrico equivalente a una célula fotovoltaica.
- La figura 4 representa la curva de tensión-intensidad obtenida en los terminales de diferentes células fotovoltaicas.
- 55 La figura 5 representa esquemáticamente el circuito eléctrico de dos células fotovoltaicas en serie de las cuales una es defectuosa.
- Las figuras 6 y 7 representan respectivamente dos métodos diferentes de diagnóstico de un generador fotovoltaico a partir de las curvas de evolución de la tensión en función del tiempo en los terminales de un generador fotovoltaico normal y defectuoso.
- 60 La figura 8 representa unas curvas de tensión-intensidad obtenidas en los terminales de un generador fotovoltaico según diferentes escenarios.
- 65 La figura 9 ilustra un dispositivo fotovoltaico según un modo de ejecución de la invención.

La figura 10 representa el circuito eléctrico implementado para el diagnóstico del dispositivo fotovoltaico según el modo de ejecución de la invención.

5 La figura 11 representa el circuito eléctrico implementado para el control de un interruptor según un modo de ejecución de la invención.

La figura 12 representa las evoluciones de la tensión y de la corriente durante una apertura de un interruptor controlado según el modo de ejecución de la invención.

10 La figura 13 representa la curva $U(I)$ en los terminales de un módulo fotovoltaico obtenido por una medición imperfecta tras una no optimización del control del interruptor.

15 Los dispositivos de generación de energía a partir de fuentes intermitentes, como los generadores fotovoltaicos, se utilizan cada vez más. El coste de su producción depende de su autonomía y de su capacidad para diagnosticar sus fallos, 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, necesitan complejas y costosas operaciones de mantenimiento.

20 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 de una red eléctrica a la que está conectado el dispositivo. En caso de medición más baja que el valor esperado, se concluye un fallo del dispositivo fotovoltaico. Tal gestión clásica presenta el inconveniente de ser poco precisa. En efecto, no permite distinguir entre una bajada normal de producción provocada por sombras o condiciones meteorológicas particulares con un fallo real del dispositivo. Además, no permite diferencias fallos del dispositivo como un aumento de la resistencia del cableado, por ejemplo, tras un fallo de conexión o un arco eléctrico en el dispositivo o un deterioro de la cara delantera del generador fotovoltaico, por ejemplo, debido a una delaminación o a corrosión, a una sombra o a suciedad.

30 Una solución se basa en el análisis de la evolución de la tensión de un generador fotovoltaico durante su paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo de funcionamiento en circuito abierto o viceversa. Esta evolución puede observarse mediante la curva de tensión en función del tiempo o mediante el análisis de la curva que representa la intensidad en función de la tensión al nivel del generador fotovoltaico durante este cambio de modo.

35 El paso del funcionamiento en cortocircuito a un modo de funcionamiento en circuito abierto precisa un control particular de un interruptor, cuyo tiempo de apertura debe ser lo suficientemente lento como para permitir la medición de numerosos puntos de valores de tensión y/o de intensidad, más lento que la duración habitual y suficientemente rápido como para no perturbar al ondulador y al resto de la red eléctrica a la que está conectado el dispositivo fotovoltaico.

40 De este modo, la invención se basa en un interruptor equipado con un dispositivo de control que permite alcanzar una duración de apertura que representa un buen compromiso para responder a las limitaciones anteriores. Su implementación en el interior de un dispositivo fotovoltaico permite detectar su fallo, según el principio indicado anteriormente.

45 Como preámbulo de la descripción de un modo de ejecución del dispositivo de control de un interruptor utilizado por la invención, a continuación, se detalla el principio de detección del fallo de un dispositivo fotovoltaico.

50 Una célula fotovoltaica se comporta según un circuito eléctrico tal como se ha representado esquemáticamente en la figura 3. Suministra una corriente I y una tensión U en sus terminales AB de salida.

55 La figura 4 representa la curva de la intensidad I en función de la tensión U obtenida en los terminales de diferentes células fotovoltaicas. Las curvas 1 y 2 ilustran el caso de células fotovoltaicas en funcionamiento normal, es decir, no defectuosas. La curva 3 ilustra la situación de una célula fotovoltaica que recibe una radiación insuficiente o nula, denominada célula defectuosa. En caso de que la corriente suministrada por un generador fotovoltaico, que comprende varias de estas células fotovoltaicas, se eleve a un valor I_{PV} , las células fotovoltaicas en posición de funcionamiento normal van a presentar una tensión U_1 , U_2 positiva en sus terminales mientras que una célula deficiente presentará una tensión U_3 negativa.

60 La figura 5 ilustra esquemáticamente la representación eléctrica de una célula con un funcionamiento normal colocada en serie con una célula deficiente, cuya tensión U' es opuesta a la tensión U de la célula con un estado normal de funcionamiento. En una célula fotovoltaica defectuosa, su capacitancia C' está cargada negativamente, su tensión opuesta puede alcanzar más de 20 veces el valor de la tensión nominal de la célula y su corriente máxima es más débil que la de la otra célula. En caso de apertura del circuito conectado a tal célula defectuosa, la tensión de la célula deficiente tardará mucho más tiempo que la de una célula normal en alcanzar un valor nominal positivo. Este tiempo puede ser del orden de 20 a 100 veces más largo.

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

5 Las figuras 6 y 7 representan unas curvas 15, 16 de evolución de la tensión U en función del tiempo t en los terminales de un generador fotovoltaico durante su paso de cortocircuito a circuito abierto, respectivamente, en caso de funcionamiento normal y en caso de 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 mucho menos rápido.

10 De este modo, un primer método de diagnóstico del estado del generador fotovoltaico, representado en la figura 6, consiste en observar el tiempo necesario para alcanzar una tensión U_f que representa un porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{co} , por ejemplo, un 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 t_d más largo. De este modo, la comparación de los tiempos t_d y t_n
15 permite un diagnóstico del estado del generador fotovoltaico.

Un segundo método, representado en la figura 7, consiste en medir la tensión obtenida para un tiempo t_f predefinido. En el caso del generador en funcionamiento normal, se alcanza un valor normal U_n al cabo de un tiempo t_f . En el caso del generador defectuoso, se alcanza un valor final U_d inferior al cabo de un tiempo t_f . De este modo, la comparación de las tensiones U_n y U_d permite un diagnóstico del estado del generador fotovoltaico.
20

La figura 8 ilustra tres curvas $U(I)$ 4, 5, 6 obtenidas respectivamente según tres escenarios diferentes cuando un generador fotovoltaico pasa de una situación en cortocircuito a una situación en circuito abierto. Cada curva $U(I)$ es la suma de las curvas $U(I)$ de cada una de las células fotovoltaicas que componen el generador fotovoltaico. Se obtendrían unas curvas equivalentes para un paso de una situación en circuito abierto a una situación en cortocircuito.
25

La curva 4 representa un generador fotovoltaico en el que todas las células fotovoltaicas están en buen estado de funcionamiento. A la apertura del circuito, la intensidad va a alcanzar un valor nulo mientras que la tensión alcanzará un valor máximo U_{co} 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 célula fotovoltaica defectuosa. Esta curva presenta un declive 7 en el transcurso del cual la intensidad cae más rápidamente mientras que la tensión aumenta poco. La curva 6 ilustra otro ejemplo en el que la curva presenta dos declives 8, 9, que indican la presencia de al menos dos células fotovoltaicas defectuosas. En todos los casos, se alcanza finalmente el mismo valor de tensión U_{co} , no obstante, después de un tiempo mucho más largo en el caso de las curvas 5, 6 para los generadores que presentan al menos una célula deficiente, como se ha explicado anteriormente. Estos ejemplos permiten ilustrar diversas situaciones y enseñan que las curvas $U(I)$ permiten obtener los siguientes diagnósticos:
30

- en el dispositivo hay tantos defectos como declives 7, 8, 9;
 - cuanto mayor sea el declive, mayor es el fallo.
- 40

Las explicaciones anteriores se aprovecharán en un modo de ejecución de un dispositivo fotovoltaico equipado con un dispositivo que permite diagnosticar su funcionamiento, representado en la figura 9.

45 El dispositivo fotovoltaico de la figura 9 comprende un generador fotovoltaico 10, que puede comprender una o varias células fotovoltaicas, conectado a la red eléctrica mediante una conexión 12 por medio de un ondulator 11. Este ondulator se gestiona mediante un microcontrolador o CPU 13, cuya función principal consiste en determinar el punto de funcionamiento del generador fotovoltaico 10 y su conexión a la red 12. Para ello, está en contacto con un bloque 14 de gestión de la elevación de tensión, un convertidor CC - CC 17, y un bloque 18 de gestión de la publicación en la red de la producción. Para desempeñar su función, la CPU 13 controla regularmente las siguientes mediciones:
50

- tensión y corriente suministradas por el panel de CC;
 - medición de aislamiento del lado de CC;
 - medición de la presencia de red;
 - corriente y tensión inyectadas en la red CA.
- 55

El dispositivo fotovoltaico comprende además un dispositivo de diagnóstico integrado en el ondulator 11 descrito anteriormente, cuya CPU implementa el procedimiento de diagnóstico para el generador fotovoltaico y, en concreto, de detección de fallos, que se describirá más adelante. El dispositivo de diagnóstico corresponde al esquema eléctrico representado en la figura 10. La CPU 13 del ondulator recibe las mediciones de la corriente I y de la tensión V del generador fotovoltaico 10 y controla dos interruptores $T1$, $T2$ según la invención, cuyo principio de control se detallará a continuación. En una situación de funcionamiento normal de producción eléctrica, el conmutador $T2$ está cerrado mientras que el conmutador $T1$ está abierto. Como variante, otros dispositivos son posibles, basándose, en concreto, sobre al menos un conmutador. Como variante, el dispositivo de diagnóstico podría estar integrado en cualquier otro cajetín distinto al ondulator, como, por ejemplo, un cajetín posicionado al
60
65

nivel de al menos una célula fotovoltaica. Según una variante de realización, tal cajetín podría integrar otras funciones, como una función de detección de arco eléctrico en el interior del generador fotovoltaico. De este modo, el procedimiento de detección de fallos está implementado por un programa informático instalado en un microcontrolador o cualquier otro soporte, que a continuación se integra en el dispositivo fotovoltaico, y funciona basándose en la recepción de mediciones en fase con el control del o de los conmutador(es).

Tal dispositivo puede permitir la implementación del procedimiento de su diagnóstico según un primer modo de realización que comprende las siguientes etapas:

- 10 - apertura del conmutador T2 para obtener el paso del generador fotovoltaico de un modo en circuito cerrado a un modo en circuito abierto;
- medición de la tensión máxima U_{CO} estabilizada, obtenida en los terminales del generador fotovoltaico al cabo de un tiempo determinado (tiempo de estabilización), cuando la intensidad es nula;
- 15 - cierre del conmutador T1 para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito y luego apertura del conmutador T1 para volver a ponerlo en circuito abierto;
- medición de la tensión U en los terminales del generador fotovoltaico obtenida al cabo de un tiempo t predefinido. En este modo de ejecución, se selecciona t igual a 15 microsegundos. Cualquier valor relativamente próximo al tiempo necesario para que el generador en situación de funcionamiento no defectuoso alcance un porcentaje predefinido de la tensión máxima estabilizada U_{CO} puede convenir, bien midiéndose este tiempo, bien estimándose. El tiempo t predefinido será, por tanto, lo bastante grande como para que la tensión se aproxime a la tensión máxima U_{CO} del generador, al menos para el caso de un generador no defectuoso. De este modo, de manera más general, podría seleccionarse un valor comprendido entre 10^{-7} y 10^{-2} segundos para este tiempo predefinido;
- 20 - comparación de la tensión medida U con el porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} :
- 25 - si la tensión medida U alcanza determinado porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} , entonces se considera que el generador funciona normalmente y el conmutador T2 está cerrado para volver a poner el generador en su situación de producción eléctrica normal. El porcentaje predefinido se fija en un 95 % en este modo de ejecución. Podría adoptar otros valores, ya que depende del tiempo t predefinido y, por ejemplo,
- 30 - si la tensión medida U no alcanza el porcentaje predefinido de la tensión máxima U_{CO} entonces, se considera que el generador es defectuoso.

Como variante, 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 en circuito abierto. Para ello, se realizan las siguientes etapas:

- 35 - cierre del conmutador T1 para volver a poner el generador fotovoltaico en cortocircuito y luego apertura del conmutador T1 para volver a ponerlo en circuito abierto;
- 40 - medición de varios puntos de tensión y de corriente según una frecuencia f_{acq} predefinida, estando ventajosamente esta frecuencia comprendida entre 100 kHz y 1 MHz;
- cuando la tensión alcanza el valor U_{CO} , entonces el conmutador T2 se cierra para volver a poner el generador en su situación de producción eléctrica normal;
- 45 - se transmiten los puntos medidos y son analizados por la CPU 13 del dispositivo fotovoltaico, que así puede deducir el número de defectos y la importancia de la degradación.

Según una variante de realización en modo recíproco, solo se modifica la primera etapa; el conmutador T1 se abre primero y luego se cierra de manera que se genere un paso de un circuito abierto hacia un cortocircuito.

50 Como variante, los dos modos de ejecución descritos anteriormente pueden acumularse. Por ejemplo, se puede seguir el primer modo de ejecución que se basa sobre 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 en circuito abierto en caso de que se detecte un defecto de la determinación y de la observación de la evolución de la curva $U(I)$ con el fin de deducir información complementaria sobre los defectos del dispositivo.

55 Según la invención, el tiempo necesario para la implementación del diagnóstico es lo bastante corto como para permitir su ejecución sin detener completamente el ondulator 11, que entonces necesitaría un tiempo importante en caso contrario, que podría alcanzar varios minutos, para producir de nuevo su potencia máxima. Para ello, cabe destacar que el ondulator comprende un bus capacitativo que permite almacenar energía. Para no perturbar su funcionamiento, conviene trazar la curva $U(I)$ en menos de 10 ms. No obstante, la duración habitual de la apertura de un interruptor de 10 ns es demasiado rápida para permitir un número satisfactorio de mediciones y trazar una curva $U(I)$ satisfactoria. De este modo, la invención propone retrasar la apertura de un interruptor de este tipo gracias a un dispositivo de control particular para alcanzar una apertura en un tiempo comprendido entre 10 ns y 10 ms.

65 La figura 11 representa el dispositivo de control de un interruptor según un modo de ejecución de la invención. Este dispositivo se basa en añadir una resistencia R_{cde} , cuya función consiste en aumentar la duración de la descarga de

la capacitancia de puerta C_g del transistor, una capacitancia C_{cde} , cuya función consiste en ralentizar la caída de la tensión de control y un diodo D_{cde} , cuya función consiste en evitar la descarga de la capacitancia de puerta C_g hacia el generador de tensión V_{cde} . La capacitancia de control (C_{cde}) y la resistencia de control (R_{cde}) se disponen en paralelo y se conectan al terminal de entrada del conjunto formado por la resistencia de puerta (R_g) y la capacitancia de puerta (C_g).

A modo de ejemplo, consideremos una tensión en franjas ascendentes y descendentes que varían entre 0 y 17 V en unos ns. Durante un control de apertura directa del transistor, por medio del diodo D_{cde} , el valor de la tensión de control V_{cde} pasa a 0 V. La capacitancia de control C_{cde} , cuyo valor es de 220 nF, se descarga lentamente a través de la resistencia de control R_{cde} , cuyo valor es de 12 kOhms. Al mismo tiempo, la capacitancia C_g del transistor se descarga también lentamente, impidiendo el diodo una descarga eventual por la alimentación de tensión V_{cde} . Como observación, este diodo es opcional. Para la utilización de este dispositivo con un módulo fotovoltaico de silicio policristalino, el tiempo de apertura es de 800 μ s. Durante esta apertura, el dispositivo mide una centena de puntos, preferentemente, al menos 10 puntos, lo que permite trazar las curvas 20 de evolución de la tensión y 21 de evolución de la corriente, durante esos 800 μ s de apertura, que se han representado en la figura 12. Estas mediciones permiten obtener así una curva $U(I)$ precisa, similar a la curva 4 de la figura 8.

Naturalmente, los valores numéricos anteriores se aportan a modo de ejemplo y conviene adaptarlos a las tecnologías del interruptor y de los módulos fotovoltaicos utilizados, para los que las capacitancias varían de una tecnología a otra influyendo en la forma de las curvas $U(I)$. De este modo, resulta oportuno ralentizar de manera más importante la conmutación de los interruptores asociados a un módulo cuya capacitancia parásita sea elevada. Para ello, los valores de la capacitancia C_{cde} y de la resistencia R_{cde} de control, que determinan el nivel de ralentización de la apertura del interruptor con el que estos componentes están asociados, se adaptarán a los módulos fotovoltaicos que hay que equipar, a partir de pruebas particulares efectuadas previamente sobre estos módulos. Cuanto más alto sea el valor de la capacitancia de control, también lo será el tiempo de conmutación y con mayor precisión podrá obtenerse la curva $U(I)$. Ventajosamente, la capacitancia de control C_{cde} tendrá un valor comprendido entre 10 y 10000 nF y la resistencia de control R_{cde} tendrá un valor superior a 1 kOhm. La figura 13 representa a modo de ejemplo una curva $U(I)$ imperfecta obtenida en caso de una parametrización no óptima de los componentes del dispositivo de control del interruptor, en la que la zona 22 correspondiente al punto de potencia máxima es mucho menos marcada. De este modo, conviene, concretamente, elegir entre los parámetros R_{cde} y C_{cde} del dispositivo de control del interruptor para obtener un punto de inflexión preciso de la curva $U(I)$. En la práctica, estos valores se determinarán en función de la ralentización deseada de la conmutación y serán tales que tendrán el efecto de obtener una apertura entre 10 ns y 10 ms, siendo ventajoso un valor comprendido entre 1 y 5000 μ s. Pueden determinarse empíricamente para adaptarse perfectamente al entorno y al interruptor en el que el control de ralentización va a aplicarse.

Se ha descrito un procedimiento de diagnóstico para el dispositivo fotovoltaico a modo de ejemplo. Por supuesto, otras variantes son posibles para este diagnóstico, que se basen en la variación del tiempo necesario para alcanzar la tensión máxima U_{CO} en los terminales del generador en situación de circuito abierto. Esta tensión máxima no se mide obligatoriamente en cada implementación del procedimiento de diagnóstico, pero puede medirse, por ejemplo, una sola vez cuando el generador es nuevo, en funcionamiento normal no defectuoso y memorizarse. Asimismo, el tiempo necesario para alcanzar este valor puede medirse simultáneamente y memorizarse para servir de base a las etapas del diagnóstico.

De este modo, una posible variante del primer modo de ejecución del procedimiento de diagnóstico del generador puede consistir en esperar sistemáticamente, durante el paso en circuito abierto del generador, a que la tensión alcance la tensión máxima, medir el tiempo necesario y compararlo al tiempo normal en caso de buen funcionamiento. Si este tiempo supera el tiempo normal de un porcentaje predefinido, entonces, se considera que el generador es defectuoso.

El procedimiento de diagnóstico se ha descrito basándose en un dispositivo de diagnóstico correspondiente al esquema eléctrico representado en la figura 10. Según una variante ventajosa, el diagnóstico podría hacerse utilizando la estructura de entrada de un ondulador fotovoltaico. Clásicamente, estos onduladores utilizan unos componentes de electrónica de potencia, ya sea en serie, ya sea en paralelo, ya sean los dos, lo que pueden permitir desconectar la parte de ondulador (etapa convertidor CC/CA) de la parte de troceador (etapa convertidor CC/CC) del aparato "ondulador fotovoltaico" y/o realizar la función de conversión CC/CC. Estos componentes pueden efectuar el paso de cortocircuito a circuito abierto del (de los) generador(es) fotovoltaico(s) conectado(s) a la entrada y permitir así que se realice el diagnóstico. Esta funcionalidad podría implementarse de este modo con facilidad y principalmente gracias a adaptaciones de programación informático de los onduladores existentes.

Como observación adicional, el objetivo habitual de un dispositivo fotovoltaico consiste en producir energía eléctrica reduciendo las pérdidas del sistema al máximo y utilizando, por tanto, unos modos de conmutaciones rápidas en los convertidores CC/CC o CC/CA mencionados anteriormente para la conversión de potencia. Además, los dispositivos de medición utilizados actualmente no son activos sino pasivos, es decir, no intervienen en el funcionamiento directo del dispositivo fotovoltaico. Al contrario, el dispositivo fotovoltaico de la invención integra una parte activa, que va a modificar directamente su funcionamiento. Además, esta intervención activa está prevista para que sea lo

5 suficientemente lenta como para alcanzar una medición significativa de la evolución de la tensión en función del tiempo en las situaciones descritas previamente, pero también suficientemente rápida como para no perturbar el resto de la red eléctrica. Tras las explicaciones aportadas anteriormente, el experto en la materia podrá elegir los parámetros que determinan este tiempo de medición. Ventajosamente, los elegirá para alcanzar una duración total de la medición, ya sea el trazado de la evolución de la tensión en función del tiempo o de la corriente, comprendida entre 0,5 y 1 ms.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo fotovoltaico que comprende un generador fotovoltaico que comprende varias células fotovoltaicas, caracterizado por que comprende:
 - un interruptor (T1) en paralelo sobre al menos una célula del generador fotovoltaico, siendo este interruptor un transistor MOS que comprende una capacitancia de puerta (Cg) y una resistencia de puerta (Rg) en serie, y
 - un dispositivo de control conectado al interruptor que comprende una capacitancia de control (Ccde) y una resistencia de control (Rcde), estando la capacitancia de control (Ccde) y la resistencia de control (Rcde) dispuestas en paralelo en el terminal de entrada del conjunto formado por la resistencia de puerta (Rg) y la capacitancia de puerta (Cg) del interruptor, de manera a ralentizar el control de apertura del interruptor, para permitir el paso de al menos una célula del generador fotovoltaico de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o viceversa, y
 - un medio de observación de la evolución de la tensión (U) en función de la corriente (I) en los terminales del dispositivo fotovoltaico mientras que este pasa del modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o, viceversa, de un modo de funcionamiento en circuito abierto a un modo en cortocircuito.
- 20 2. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación anterior, caracterizado por que comprende otro interruptor (T2) adecuado para conectar o no el generador fotovoltaico a una carga exterior como una batería o una red eléctrica.
- 25 3. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la capacitancia de control (Ccde) presenta un valor comprendido entre 10 y 10000 nF y la resistencia de control (Rcde) un valor superior a 1 kOhm.
- 30 4. Dispositivo fotovoltaico según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de control además comprende un diodo (Dcde), adecuado para evitar la descarga de la capacitancia de puerta (Cg) hacia un generador de tensión (Vcde) que se dispondrá en los terminales del conjunto formado por la capacitancia de control (Ccde) y la resistencia de control (Rcde) para transmitir un control de tensión al interruptor.
- 35 5. Dispositivo fotovoltaico según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la capacitancia de control (Ccde) y la resistencia de control (Rcde) tienen unos valores adecuados para una ralentización de la apertura del interruptor para que alcance su apertura entre 10 ns y 10 ms.
- 40 6. Dispositivo fotovoltaico según la reivindicación anterior, caracterizado por que la capacitancia de control (Ccde) y la resistencia de control (Rcde) tienen unos valores adecuados para una ralentización de la apertura del interruptor para que alcance su apertura entre 1 y 5000 µs.
- 45 7. Procedimiento de diagnóstico para un dispositivo fotovoltaico, caracterizado por que comprende una etapa de cierre o apertura de un interruptor (T1) en paralelo en al menos una célula del generador fotovoltaico, siendo este interruptor un transistor MOS que comprende una capacitancia de puerta (Cg) y una resistencia de puerta (Rg) en serie, por medio de un dispositivo de control conectado al interruptor que comprende una capacitancia de control (Ccde) y una resistencia de control (Rcde), dispuesto en paralelo en el terminal de entrada del conjunto formado por la resistencia de puerta (Rg) y la capacitancia de puerta (Cg) del interruptor, de manera que se ralentice el control del interruptor, y una etapa de observación de la evolución de la tensión (U) en función de la corriente (I) en los terminales del dispositivo fotovoltaico mientras pasa del modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o, viceversa, de un modo de funcionamiento en circuito abierto a un modo en cortocircuito, después de la etapa anterior.
- 50 8. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico según la reivindicación anterior, caracterizado por que comprende la medición de al menos 10 puntos de tensión (U) y/o de intensidad (I) durante el paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o a la inversa en una duración comprendida entre 10 ns y 10 ms.
- 55 9. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 7 a 8, caracterizado por que comprende la medición de puntos de tensión (U) y/o de intensidad (I) durante el paso de un modo de funcionamiento en cortocircuito a un modo en circuito abierto o a la inversa en una duración comprendida entre 500 µs y 1 ms.
- 60 10. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que comprende una etapa de detección de los declives (7, 8, 9) de la curva de tensión-intensidad para deducir de esta el número de defectos, así como la importancia del fallo.
- 65 11. Procedimiento de diagnóstico para un generador fotovoltaico según una de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por que comprende las siguientes etapas adicionales:
 - apertura de un primer interruptor (T2) (en inglés, switch) para obtener el paso del generador fotovoltaico de la posición de circuito cerrado a la de circuito abierto, desconectándolo de su carga;

ES 2 698 853 T3

- 5
- medición de la tensión máxima (U_{co}) estabilizada, obtenida en los terminales del generador fotovoltaico;
 - cierre de un segundo interruptor (T1) para poner el generador fotovoltaico en cortocircuito y luego apertura de este segundo interruptor (T1) para volver a ponerlo en circuito abierto;
 - medición de la tensión (U) y de la corriente (I) en los terminales 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 volver a poner el generador fotovoltaico en su situación de producción eléctrica normal en conexión con su carga.

FIG.1

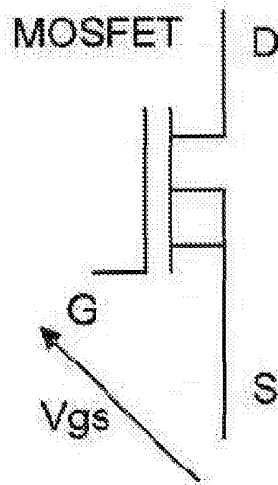


FIG.2

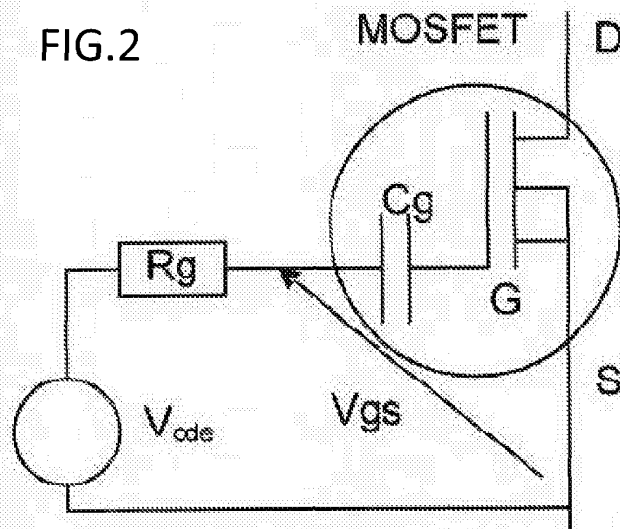


FIG.3

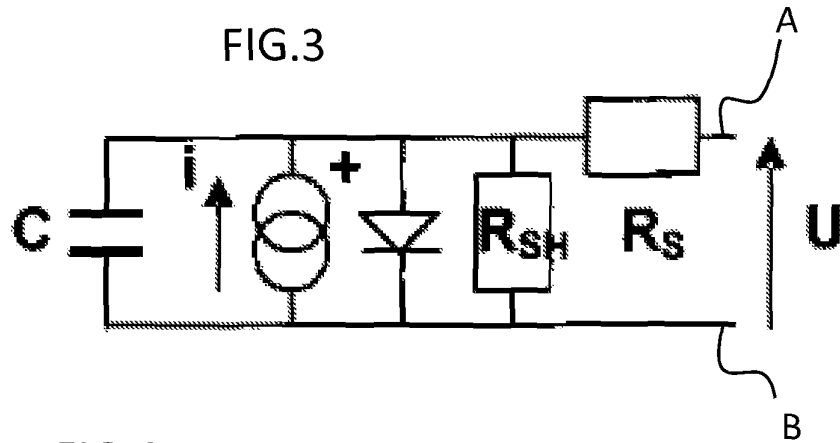


FIG.4

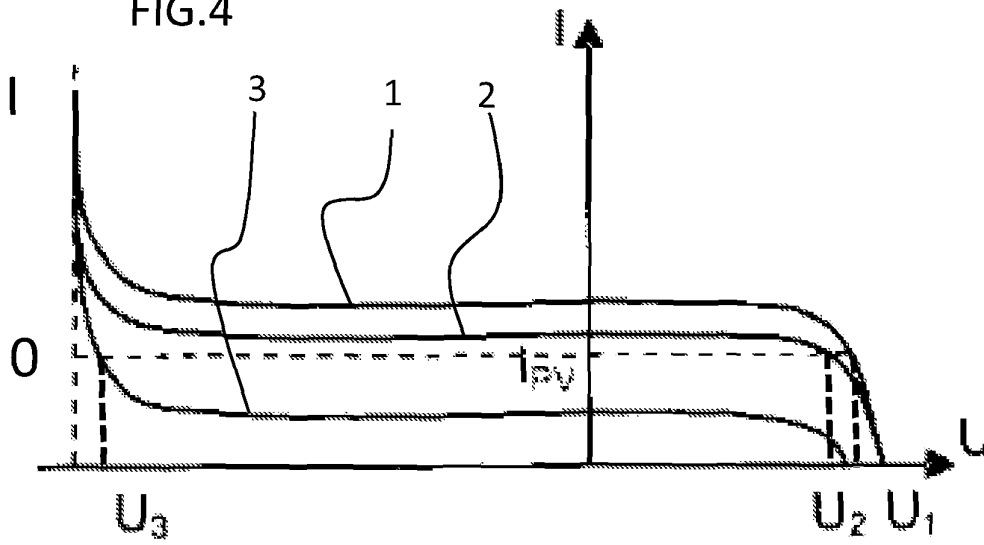
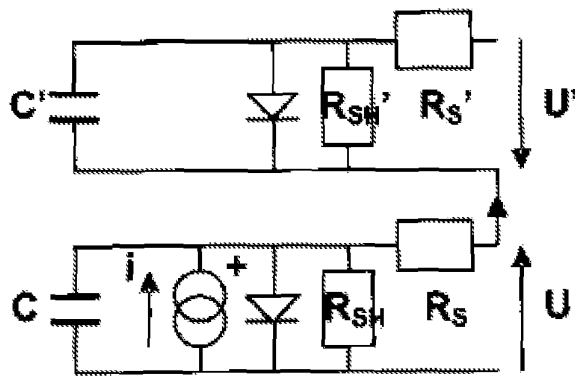


FIG.5



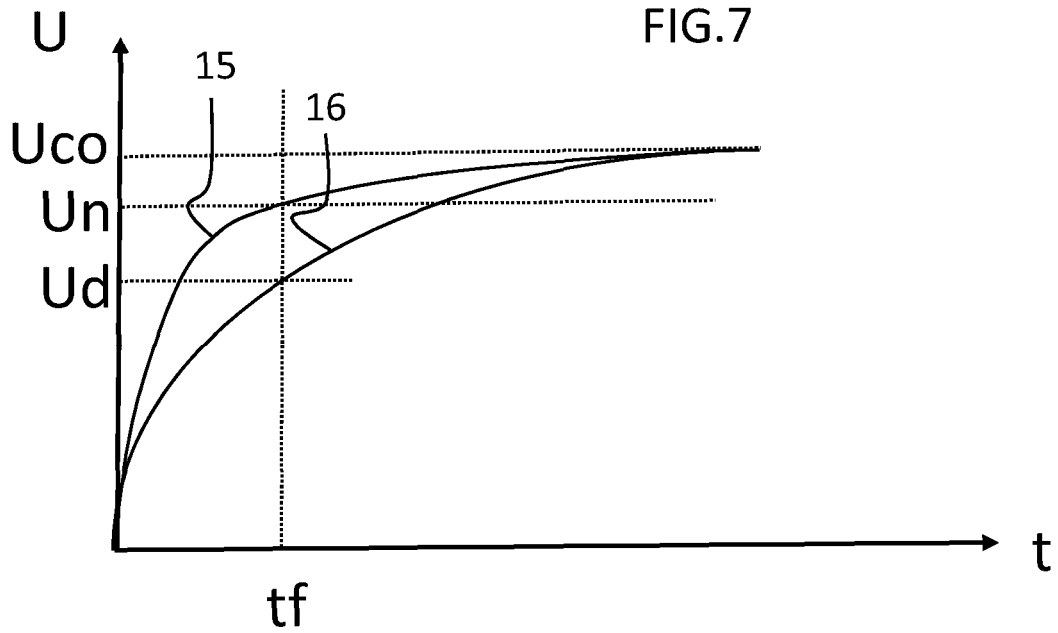
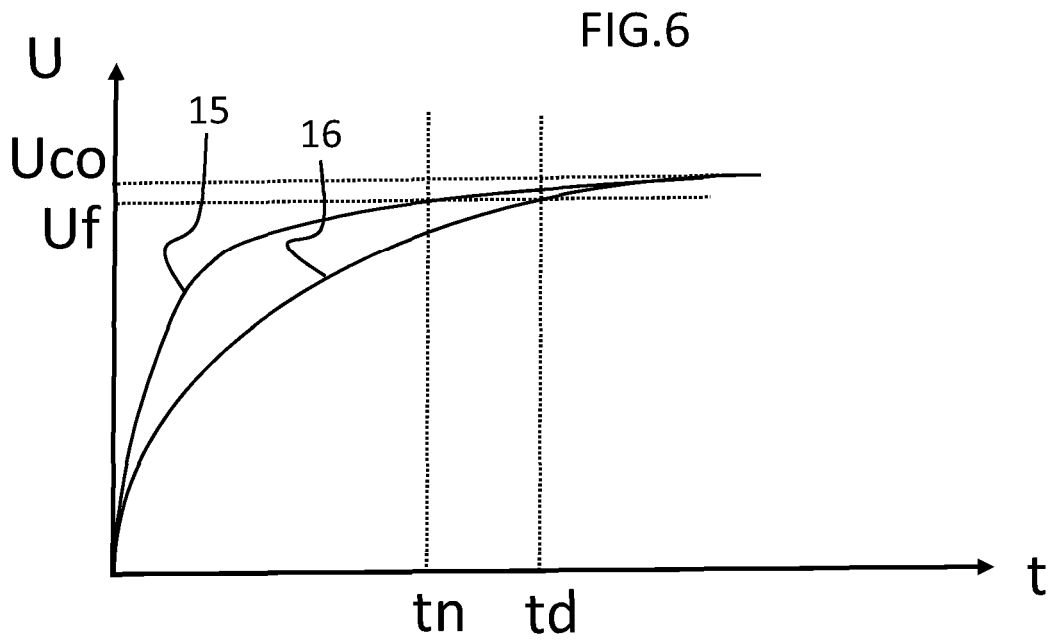


FIG.8

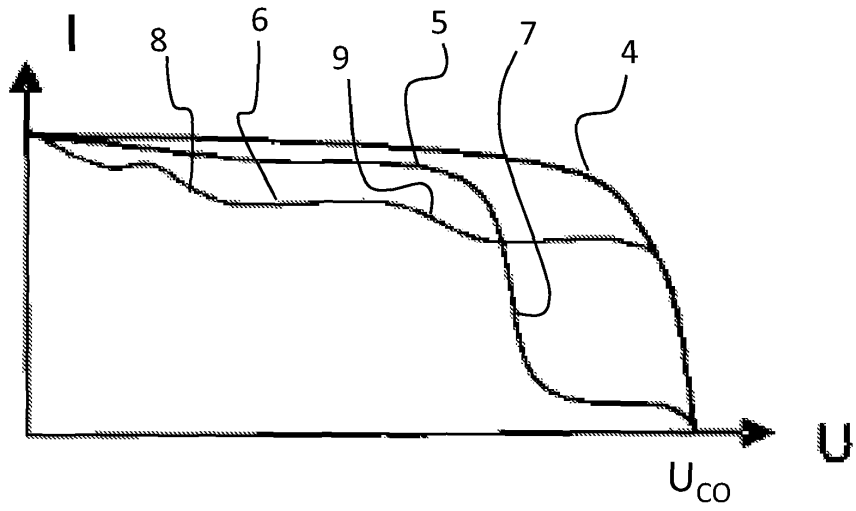


FIG.9

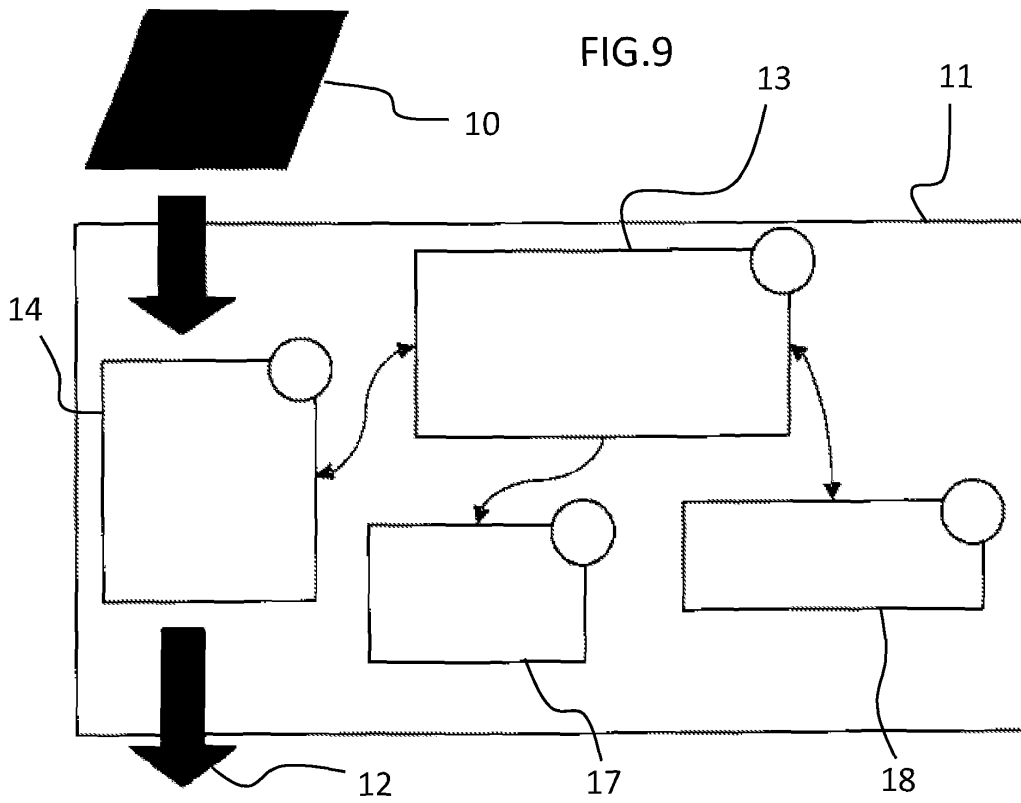


FIG.10

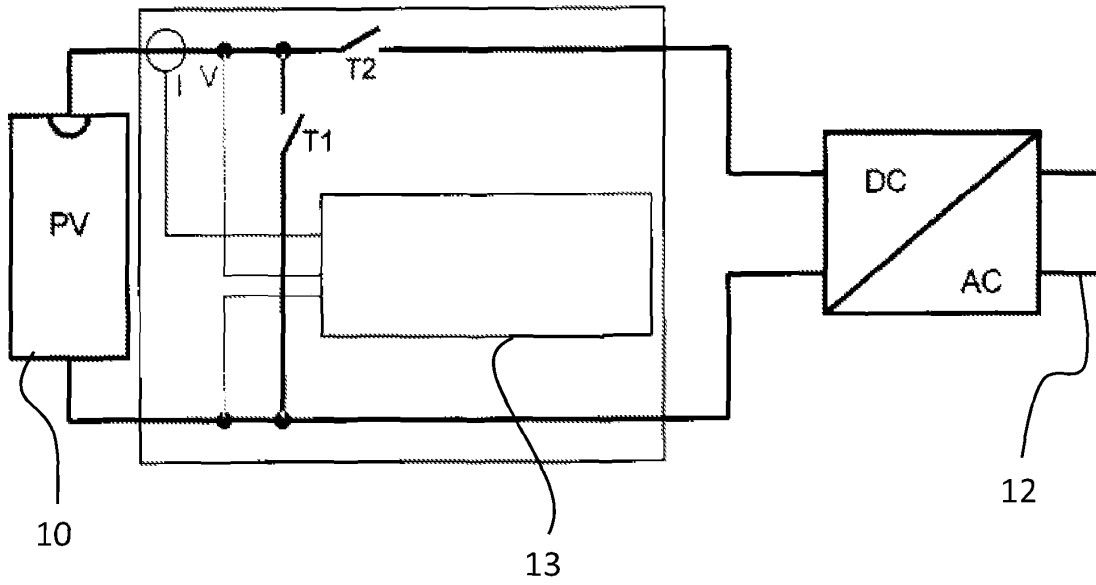


FIG.11

