

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 811**

21 Número de solicitud: 201830221

51 Int. Cl.:

**H02S 50/10** (2014.01)

**H01L 21/67** (2006.01)

**G01K 7/01** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**07.03.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**27.04.2018**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**19.03.2019**

Fecha de concesión:

**25.05.2020**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**01.06.2020**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, 7  
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**LORENZO PIGUEIRAS, Eduardo;  
NARVARTE FERNÁNDEZ, Luis;  
MARTÍNEZ MORENO, Francisco y  
CARRILLO SALINAS, José Manuel**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos**

57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo de estimación de la temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos en unas condiciones aleatorias de medida (diferentes a las condiciones estándar de medida para módulos fotovoltaicos). La temperatura equivalente obtenida mediante el procedimiento y el dispositivo de la invención puede ser utilizada, junto con una curva de intensidad de corriente vs. tensión obtenida en dichas condiciones aleatorias de medida, para obtener/extrapolar las características eléctricas (curva de intensidad de corriente vs. tensión) de un módulo fotovoltaico en condiciones estándar de medida con muy baja incertidumbre.

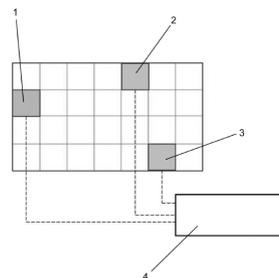


FIG.1

ES 2 665 811 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos

5

### Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos para su caracterización a sol real con baja  
10 incertidumbre, en su propia ubicación.

La presente invención se refiere también al dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos mediante el cual se puede implementar el mencionado procedimiento.

15

El procedimiento y el dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos objeto de la presente invención tiene aplicación en el ámbito de la industria dedicada al diseño, gestión y mantenimiento de paneles fotovoltaicos.

### 20 Problema técnico a resolver y Antecedentes de la invención

Los generadores fotovoltaicos están constituidos por múltiples módulos fotovoltaicos asociados en serie y en paralelo, para conseguir los niveles de potencia, tensión y corriente exigidos por las aplicaciones a las que proporcionan energía eléctrica.

25

El comportamiento eléctrico de los generadores y de los módulos que los componen se caracteriza mediante su respuesta eléctrica a las llamadas Condiciones Estándar de Medida (CEM).

30 Las llamadas Condiciones Estándar de Medida equivalen a:

Irradiancia: 1.000 W/m<sup>2</sup>;

Distribución espectral: AM 1,5;

Incidencia de los rayos solares: perpendicular a la superficie del módulo;

Temperatura de célula: 25 °C.

5

Normalmente, la respuesta eléctrica se entiende como la curva I-V (intensidad de corriente vs. tensión) en el primer cuadrante (tensiones y corriente positivas) y de ella se derivan las características más relevantes como la corriente de cortocircuito, la tensión de circuito abierto y la potencia en el punto de máxima potencia.

10

El procedimiento estándar para medir la curva I-V en CEM consiste en utilizar simuladores solares, que son equipos capaces de imponer precisamente las condiciones CEM, por lo que, si están bien calibrados, producen resultados con baja incertidumbre.

15

Tanto las fábricas de módulos como los laboratorios especializados en la tecnología fotovoltaica cuentan con simuladores solares entre su equipamiento. De la curva I-V así medida se determinan los valores característicos de algunos parámetros particularmente relevantes, como la máxima potencia que entrega el módulo en CEM, que llamaremos  $P_M^*$ , donde "M" indica máxima y "\*" indica condiciones estándar de medida (CEM).

20

Alternativamente a provocar las condiciones estándar de medida (CEM) mediante simuladores solares, en principio también es posible medir la respuesta eléctrica a sol real, es decir, en cualquier condición de operación (irradiancia  $\neq 1.000 \text{ W/m}^2$ ; espectro  $\neq \text{AM1.5}$ ; incidencia otra que perpendicular y temperatura de célula diferente de 25 °C) y corregir posteriormente la respuesta así medida a CEM. Una forma particularmente sencilla de hacer esto consiste en medir simultáneamente la curvas I-V del módulo que se pretende caracterizar y de otro módulo cuyas características de respuesta eléctrica en CEM sean bien conocidas de antemano (por ejemplo, porque se haya medido previamente en un simulador solar) y que sirva de referencia, tomando la precaución de que ambos módulos sean coplanares. Entonces, partiendo de los supuestos de que ambos módulos reciben la misma irradiancia solar y de que ambos trabajan a la misma temperatura, se pueden estimar las características eléctricas en CEM del primer módulo. Por ejemplo, ciñéndonos a la potencia, estos supuestos se traducen en:

35

$$P_{M,C}^* = \frac{P_{M,C}}{P_{M,R}} \times P_{M,R}^* \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Donde los subíndices “C” y “R” indican, respectivamente, el módulo que se pretende caracterizar y el módulo que sirve de referencia.

5

Otra forma de obtener la característica eléctrica en CEM de un módulo fotovoltaico a partir de medidas a sol real, esta vez, sin necesidad de utilizar un módulo de referencia, consiste en corregir directamente la curva I-V medida en el módulo que se pretende caracterizar, mediante algún procedimiento matemático como, por ejemplo, el prescrito en la norma IEC 60891.

10

Sin embargo y con total independencia de cuál sea la forma elegida, esta vía de medir a sol real siempre conlleva incertidumbre adicional debido a las dificultades de estimar cuáles son las condiciones de operación a sol real que, de una u otra forma, siempre están presentes en esa corrección.

15

A efectos de la estimación de la temperatura equivalente de operación del módulo fotovoltaico, a sol real, hay que destacar que, por un lado, la temperatura del módulo no es homogénea, ni a lo largo de un mismo módulo (la temperatura varía de una célula a otra del módulo) ni a lo largo de un mismo generador (lo que hace que no exista un punto en el que se pueda medir una temperatura que resulte representativa del comportamiento térmico del conjunto del módulo) y, por otro lado, el propio encapsulado de los módulos fotovoltaicos impide medir directamente esa temperatura.

20

Así, la elevada incertidumbre de las medidas directas a sol real y posterior corrección a CEM hace que, hoy por hoy, las campañas de medida periódica de muestras de módulos, contempladas en muchos de los procesos de aseguramiento de la calidad técnica de las centrales fotovoltaicas, se realicen mayoritariamente con simuladores solares, lo que obliga bien a trasladar los módulos a un laboratorio especializado y dotado de ese equipamiento, o bien a desplazar a la central fotovoltaica un simulador solar portátil como el que se describe en el documento WO 2014/083212 A1. En ambos casos, esta forma de medir exige desmontar los módulos de la ubicación donde trabajan normalmente, antes de llevarlos al simulador, y volverlos a montar, una vez medidos. Y estas manipulaciones son francamente inconvenientes ya que, además de resultar costosas en tiempo y mano de obra, representan un riesgo significativo para la

25

30

35

integridad física de los módulos. Más en concreto, esta manipulación es propensa a generar grietas en las células solares que, a su vez, pueden derivar en puntos calientes que afecten al tiempo de vida de los módulos.

- 5 El problema técnico objetivo que se presenta es pues proveer un método y medios de medida para caracterizar el comportamiento eléctrico en CEM de un módulo (o grupo de módulos) fotovoltaico, a partir de medidas a sol real, sin necesidad de desmontarlo de su ubicación original y de tal forma que la incertidumbre resultante sea tan baja como la correspondiente a las medidas realizadas en simuladores solares.

10

### **Descripción de la invención**

Con objeto de aportar una solución a los problemas mencionados, se presenta el siguiente procedimiento y dispositivo de estimación de temperatura equivalente en  
15 módulos fotovoltaicos.

El procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos objeto de la presente invención comprende las siguientes fases:

- 20 - realizar, de manera simultánea, y en unas condiciones aleatorias de medida, las siguientes mediciones:

○ curva intensidad de corriente vs. tensión de un módulo fotovoltaico de referencia, del cual se conoce su curva intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;  
25

○ curva intensidad de corriente vs. tensión de al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba, del cual se desean obtener sus características eléctricas en condiciones estándar de medida;  
30

○ temperatura de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba;

- estimar la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia mediante la siguiente expresión:  
35

$$T_{eq,R} = T_{eq,R}^* + \left( \frac{V_{0,R}}{V_{0,R}^*} - 1 \right) \times \beta^{-1} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

donde

5  $T_{eq,R}$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

$T_{eq,R}^*$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia en condiciones estándar de medida (típicamente 25 °C);

10

$V_{0,R}$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

15

$V_{0,R}^*$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida; el valor  $V_{0,R}^*$  del módulo fotovoltaico de referencia se conoce de antemano y no es objeto de cálculo de la presente invención.

20

$\beta$  es un coeficiente de temperatura predeterminado del módulo fotovoltaico de referencia (típicamente asociado a  $V_{0,R}^*$ ); el valor  $\beta$  del módulo fotovoltaico de referencia se conoce de antemano y no es objeto de cálculo de la presente invención.

25

Así, derivar la temperatura del módulo de su tensión de circuito abierto es una forma de compensar la dispersión de temperatura a lo largo del propio módulo y redundante, por ello, en menor incertidumbre que medir la temperatura directamente en un punto.

30

- estimar la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba mediante la siguiente expresión:

$$T_{eq,C} = T_{eq,R} + (T_{Z,C} - T_{Z,R}) \quad \text{[Ecuación 3]}$$

35

donde

$T_{eq,C}$  es la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

5

$T_{Z,C}$  es la temperatura medida de una determinada zona del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba;

10

$T_{Z,R}$  es la temperatura medida de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia.

La diferencia de la temperatura entre zonas permite compensar la dispersión de temperatura a lo largo del generador lo que se traduce en minimizar la incertidumbre.

15

De manera preferente, el procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos comprende emplear al menos un sensor de temperatura de tipo puntero infrarrojo para efectuar la medición de la temperatura de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba.

20

Más preferentemente, el procedimiento de la invención comprende enfocar, respectivamente, cada uno de los mencionados punteros infrarrojos al centro de la cara posterior de cada módulo fotovoltaico.

25

En todo caso, de manera preferente, la zona determinada del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en donde se realiza la medición de la temperatura es una zona de dichos módulos fotovoltaicos accesible y libre de obstáculos en una ubicación de trabajo permanente de dichos módulos.

30

Según una posible forma de realización, el procedimiento de la invención comprende asociar un valor de irradiancia solar efectiva a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba.

Dicha irradiancia solar efectiva se calcula a partir de la curva de intensidad de corriente vs. tensión, del módulo fotovoltaico de referencia, en las mencionadas condiciones aleatorias de medida, y en función de la curva de intensidad de corriente vs. tensión, del módulo fotovoltaico de referencia, en las condiciones estándar de medida, mediante la siguiente expresión:

$$G = G^* \times \frac{I_{SC,R}}{I_{SC,R}^*} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

donde

$G$  es la irradiancia solar efectiva a asociar a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba;

$G^*$  es la irradiancia solar efectiva asociada a las condiciones estándar de medida;

$I_{SC,R}^*$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

$I_{SC,R}$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida.

Tal y como ya se ha mencionado, la presente invención se refiere también a un dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos.

El dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos objeto de la presente invención incluye:

- un primer equipo trazador de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, configurado para medir la curva de intensidad de corriente vs. tensión de un módulo fotovoltaico de referencia, en unas condiciones aleatorias de medida;

- 5 - al menos un segundo equipo trazador de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, configurado para medir la curva de intensidad de corriente vs. tensión de al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba, en unas condiciones aleatorias de medida;
- un primer dispositivo de medición de temperatura, configurado para medir una temperatura en una zona del módulo fotovoltaico de referencia;
- 10 - al menos un segundo dispositivo de medición de temperatura, configurado para medir una temperatura en una zona del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba;
- 15 - medios de sincronización de los equipos trazadores de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, y;
- medios de procesamiento configurados para estimar la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en las mencionadas condiciones aleatorias de medida.
- 20

De manera preferente, al menos uno de los dispositivos de medición de temperatura es un sensor de temperatura de tipo puntero infrarrojo.

- 25 Según una posible forma de realización, los equipos trazadores de curvas intensidad de corriente vs. tensión son cargas capacitivas, opcionalmente con la misma capacidad de carga entre sí.

Asimismo, los medios de sincronización pueden incluir un pulsador, configurado para  
30 enviar una señal de disparo simultánea a los módulos registradores de curvas intensidad de corriente vs. tensión.

Según una realización específica del dispositivo de la invención, los medios de procesamiento están configurados para calcular un valor de irradiancia solar efectiva  
35 asociado a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba.

Adicionalmente, según una posible forma de realización del dispositivo, los medios de procesamiento están configurados para calcular las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en condiciones estándar de medida, a partir de la curva obtenida (en las mencionadas condiciones aleatorias de medida) de intensidad de corriente vs. tensión de dicho al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba y a partir de la temperatura equivalente estimada (en las mencionadas condiciones aleatorias de medida) de dicho al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba.

10

Asimismo, según una posible realización, los medios de procesamiento están configurados para calcular las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en condiciones estándar de medida, basándose en el valor de irradiancia solar efectiva asociado a la temperatura equivalente estimada del módulo fotovoltaico de prueba.

15

Una vez obtenida la curva intensidad de corriente vs. tensión en las condiciones aleatorias de medida, y una vez obtenida la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba en las condiciones aleatorias de medida, las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba pueden obtenerse según prescrito en la norma IEC 60891.

20

Alternativamente, las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba pueden obtenerse partiendo de la [Ecuación 1] indicada más arriba, pero añadiéndole un factor de corrección que tiene en cuenta la manera descrita de calcular la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico, tal y como queda descrito por la siguiente ecuación:

25

$$P_{M,C}^* = \frac{P_{M,C}}{P_{M,R}} \times P_{M,R}^* \times \frac{[1 + \gamma \times (T_{eq,R} - T_{eq,R}^*)]}{[1 + \gamma \times (T_{eq,C} - T_{eq,C}^*)]} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

30

donde  $T_{eq,R}^* = T_{eq,C}^*$ , que es igual a la temperatura en las condiciones estándar de medida (típicamente 25 °C), y donde el coeficiente gamma “ $\gamma$ ” es el coeficiente de variación de la potencia del módulo fotovoltaico con la temperatura, que se conoce de antemano y no es objeto de cálculo de la presente invención.

### **Breve descripción de las figuras**

5 Como parte de la explicación de al menos una forma de realización preferente del procedimiento y el dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos, se ha incluido la siguiente figura, en donde con carácter ilustrativo y no limitativo se representa lo siguiente.

10 Figura 1: Muestra un conjunto de módulos fotovoltaicos dispuestos en un mismo plano, que constituyen un generador fotovoltaico, y con un dispositivo de medida simultánea de las curvas I-V de tres módulos y de las temperaturas del centro de su cara posterior.

### **Descripción detallada**

15

La presente invención se refiere, como ya se ha mencionado anteriormente, a un procedimiento y a un dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos.

20 En la Figura 1 se muestra un esquema de un generador fotovoltaico constituido por múltiples módulos, entre ellos, un módulo fotovoltaico de referencia (1), cuyas características en condiciones estándar de medida (CEM) son bien conocidas de antemano y que servirá como referencia, y un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) y un segundo módulo fotovoltaico de prueba (3), cuyas características en CEM se  
25 pretende determinar.

Previamente, se interrumpe el funcionamiento del generador, de tal forma que no circule corriente por él, y se abren las conexiones de los tres módulos fotovoltaicos (1, 2, 3), de forma que se pueda acceder a los respectivos polos (positivo y negativo de  
30 cada módulo).

El dispositivo (4) de medida (representado únicamente mediante una caja en la Figura 1) está constituido por tres trazadores de curvas I-V (intensidad de corriente vs. tensión) idénticos (por ejemplo, cargas capacitivas con la misma capacidad de carga)  
35 que se conectan a sus módulos respectivos, y tres sensores de temperatura (por

ejemplo, punteros infrarrojo (IR) enfocados cada uno al centro de la cara posterior de cada uno de los módulos).

5 En general, se disponen tantos trazadores de curvas y tantos sensores de temperatura como módulos fotovoltaicos de prueba más uno (por el módulo fotovoltaico de referencia).

10 El dispositivo (4) de medida incluye también un medio de sincronización (por ejemplo, un pulsador que envía una única señal de disparo a los interruptores de las tres cargas capacitivas) que permite registrar simultáneamente tanto las curvas I-V de los tres módulos fotovoltaicos (1, 2, 3) como las temperaturas observadas en sus respectivos centros de la cara posterior.

15 Finalmente, el dispositivo (4) incluye unos medios de procesamiento (un microcontrolador o dispositivo similar) en el que se implementa el algoritmo/procedimiento de estimación con baja incertidumbre de la temperatura equivalente de los módulos fotovoltaicos (1, 2, 3) a medir.

20 La aplicación de este algoritmo va seguida de la aplicación de otro algoritmo (por ejemplo, el descrito por la [Ecuación 5], el prescrito en la norma IEC 60891 o cualquier otro con el mismo fin) para trasladar a CEM las curvas I-V medidas de los módulos fotovoltaicos de prueba (2, 3), que es el contexto en el que el algoritmo de estimación de temperatura objeto de la presente invención manifiesta su utilidad, minimizando la incertidumbre asociada a la traslación.

25

El procedimiento en su conjunto incluye los pasos siguientes:

30 - Determinación de la irradiancia efectiva sobre el módulo fotovoltaico de referencia (1) a partir del valor de la corriente de cortocircuito obtenida de la curva V-I de este módulo. Suponer que esta irradiancia es la misma que la del primer módulo fotovoltaico de prueba (2) a caracterizar. A modo de ejemplo, el procedimiento para determinar la irradiancia efectiva puede ser el descrito por la [Ecuación 4].

## ES 2 665 811 B2

- Determinación de las temperaturas equivalentes,  $T_{eq,R}$ ,  $T_{eq,C}$ , del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del primer módulo fotovoltaico de prueba (2).

Para ello:

- 5           ○ Se determina la temperatura equivalente,  $T_{eq,R}$ , del módulo fotovoltaico de referencia (1) a partir de la tensión de circuito abierto,  $V_{0,R}$ , obtenida de la curva I-V de este módulo, por ejemplo, mediante la [Ecuación 2].
- 10           ○ Se determina la temperatura equivalente,  $T_{eq,C}$ , del primer módulo fotovoltaico de prueba (2) suponiendo que la temperatura equivalente resulta de corregir la del módulo fotovoltaico de referencia (1) con la diferencia entre las temperaturas observadas en los centros de las caras posteriores del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del primer módulo fotovoltaico de prueba (2) de acuerdo a la [Ecuación 3].
- 15
- 20           - Corrección de la curva I-V del primer módulo fotovoltaico de prueba (2) a CEM, siguiendo las prescripciones de la norma IEC 60891 o cualquier otro procedimiento similar, tomando como temperatura equivalente la calculada en el paso anterior.
- 25           - Extraer las características en CEM del primer módulo fotovoltaico de prueba (2) (potencia máxima, corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto) a partir de la curva así corregida. A modo de ejemplo, la [Ecuación 5] permite realizar conjuntamente este paso y el anterior.
- 30           - Repetir el procedimiento descrito en los puntos anteriores para el segundo módulo fotovoltaico de prueba (3).

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos que comprende:

5

- realizar, de manera simultánea, y en unas condiciones aleatorias de medida, las siguientes mediciones:

10

- o curva intensidad de corriente vs. tensión de un módulo fotovoltaico de referencia (1), del cual se conoce su curva intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

15

- o curva intensidad de corriente vs. tensión de al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2), del cual se desean obtener sus características eléctricas en condiciones estándar de medida;

20

- o temperatura de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);
- estimar la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) mediante la siguiente expresión:

$$T_{eq,R} = T_{eq,R}^* + \left( \frac{V_{0R}}{V_{0R}^*} - 1 \right) \times \beta^{-1}$$

25

donde

$T_{eq,R}$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

30

$T_{eq,R}^*$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) en condiciones estándar de medida;

$V_{0,R}$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

5  $V_{0,R}^*$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

10  $\beta$  es un coeficiente de temperatura predeterminado del módulo fotovoltaico de referencia (1);

donde el procedimiento está **caracterizado** por que comprende:

15 - estimar la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) mediante la siguiente expresión:

$$T_{eq,C} = T_{eq,R} + (T_{Z,C} - T_{Z,R})$$

donde

20  $T_{eq,C}$  es la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

25  $T_{Z,C}$  es la temperatura medida de una determinada zona del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);

$T_{Z,R}$  es la temperatura medida de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia (1).

30 2. Procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según la reivindicación 1, **caracterizado** por que comprende emplear al menos un sensor de temperatura de tipo puntero infrarrojo para efectuar la medición temperatura de una determinada zona del módulo

fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2).

- 5 3. Procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según la reivindicación 2, **caracterizado** por que comprende enfocar, respectivamente, cada uno de los punteros infrarrojos al centro de la cara posterior de cada módulo fotovoltaico.
- 10 4. Procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la zona determinada del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en donde se realiza la medición de la temperatura es una zona de dichos módulos fotovoltaicos accesible y libre de obstáculos en una ubicación de trabajo permanente de dichos módulos.
- 15 5. Procedimiento de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que comprende asociar un valor de irradiancia solar efectiva a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2), donde dicha irradiancia solar efectiva se calcula a partir de la curva de intensidad de corriente vs. tensión, del módulo fotovoltaico de referencia (1), en las mencionadas condiciones aleatorias de medida, y en función de la curva de intensidad de corriente vs. tensión, del módulo fotovoltaico de referencia (1), en
   
20
   
25 condiciones estándar de medida, mediante la siguiente expresión:

$$G = G^* \times \frac{I_{SC,R}}{I_{SC,R}^*}$$

donde

30

$G$  es la irradiancia solar efectiva a asociar a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);

$G^*$  es la irradiancia solar efectiva asociada a las condiciones estándar de medida;

5  $I_{SC,R}^*$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

10  $I_{SC,R}$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida.

6. Dispositivo (4) de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos **caracterizado** por que comprende:

15 - un primer equipo trazador de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, configurado para medir la curva de intensidad de corriente vs. tensión de un módulo fotovoltaico de referencia (1), en unas condiciones aleatorias de medida;

20 - al menos un segundo equipo trazador de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, configurado para medir la curva de intensidad de corriente vs. tensión de al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2), en unas condiciones aleatorias de medida;

25 - un primer dispositivo de medición de temperatura, configurado para medir una temperatura en una zona del módulo fotovoltaico de referencia (1);

30 - al menos un segundo dispositivo de medición de temperatura, configurado para medir una temperatura en una zona del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);

35 - medios de sincronización de los módulos registradores de curvas de intensidad de corriente vs. tensión, y;

- medios de procesamiento configurados para estimar la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida, según el siguiente algoritmo:

5 
$$T_{eq,R} = T_{eq,R}^* + \left( \frac{V_{0,R}}{V_{0,R}^*} - 1 \right) \times \beta^{-1}$$

donde

10  $T_{eq,R}$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

$T_{eq,R}^*$  es la temperatura equivalente del módulo fotovoltaico de referencia (1) en condiciones estándar de medida;

15  $V_{0,R}$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

20  $V_{0,R}^*$  es la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

$\beta$  es un coeficiente de temperatura predeterminado del módulo fotovoltaico de referencia (1);

25 y donde los medios de procesamiento están configurados para estimar la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida, según el siguiente algoritmo:

30 
$$T_{eq,C} = T_{eq,R} + (T_{Z,C} - T_{Z,R})$$

donde

$T_{eq,C}$  es la temperatura equivalente del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida;

5  $T_{Z,C}$  es la temperatura medida de una determinada zona del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);

$T_{Z,R}$  es la temperatura medida de una determinada zona del módulo fotovoltaico de referencia (1).

10

7. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según la reivindicación 6, **caracterizado** por que al menos uno de los módulos de medición de temperatura es un sensor de temperatura de tipo puntero infrarrojo.

15

8. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** por que los módulos registradores de curvas intensidad de corriente vs. tensión son cargas capacitivas.

20

9. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado** por que los medios de sincronización comprenden un pulsador, configurado para enviar una señal de disparo simultánea a los equipos trazadores de curvas intensidad de corriente vs. tensión.

25

10. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado** por que los medios de procesamiento están configurados para calcular un valor de irradiancia solar efectiva asociado a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2), donde para este cálculo se emplea el siguiente algoritmo:

35

$$G = G^* \times \frac{I_{SC,R}}{I_{SC,R}^*}$$

donde

5  $G$  es la irradiancia solar efectiva a asociar a las temperaturas equivalentes estimadas del módulo fotovoltaico de referencia (1) y del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2);

$G^*$  es la irradiancia solar efectiva asociada a las condiciones estándar de medida;

10

$I_{SC,R}^*$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en condiciones estándar de medida;

15

$I_{SC,R}$  es la intensidad de corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico de referencia (1) obtenida de la curva de intensidad de corriente vs. tensión en las mencionadas condiciones aleatorias de medida.

11. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado** por que los medios de procesamiento están configurados para calcular las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en condiciones estándar de medida, a partir de la curva intensidad de corriente vs. tensión de dicho primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida y a partir de la temperatura equivalente estimada de dicho al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en las mencionadas condiciones aleatorias de medida, donde para este cálculo se emplea el siguiente algoritmo:

25

$$P_{M,C}^* = \frac{P_{M,C}}{P_{M,R}} \times P_{M,R}^* \times \frac{[1 + \gamma \times (T_{eq,R} - T_{eq,R}^*)]}{[1 + \gamma \times (T_{eq,C} - T_{eq,C}^*)]}$$

30

donde  $P_M^*$  es la máxima potencia que entrega el módulo fotovoltaico en condiciones estándar de medida, donde “M” indica máxima y “\*” indica condiciones estándar de medida, y donde los subíndices “C” y “R” indican, respectivamente, el al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) y el módulo fotovoltaico de referencia (1);

donde  $T_{eq,R}^* = T_{eq,C}^*$  , que es igual a la temperatura en las condiciones estándar de medida, y donde el coeficiente gamma “ $\gamma$ ” es un coeficiente de variación de la potencia del módulo fotovoltaico con la temperatura.

12. Dispositivo de estimación de temperatura equivalente en módulos fotovoltaicos según las reivindicaciones 10 y 11, **caracterizado** por que los medios de procesamiento están configurados para calcular las características eléctricas del al menos un primer módulo fotovoltaico de prueba (2) en condiciones estándar de medida, basándose en el valor de irradiancia solar efectiva asociado a la temperatura equivalente estimada del módulo fotovoltaico de prueba (2).

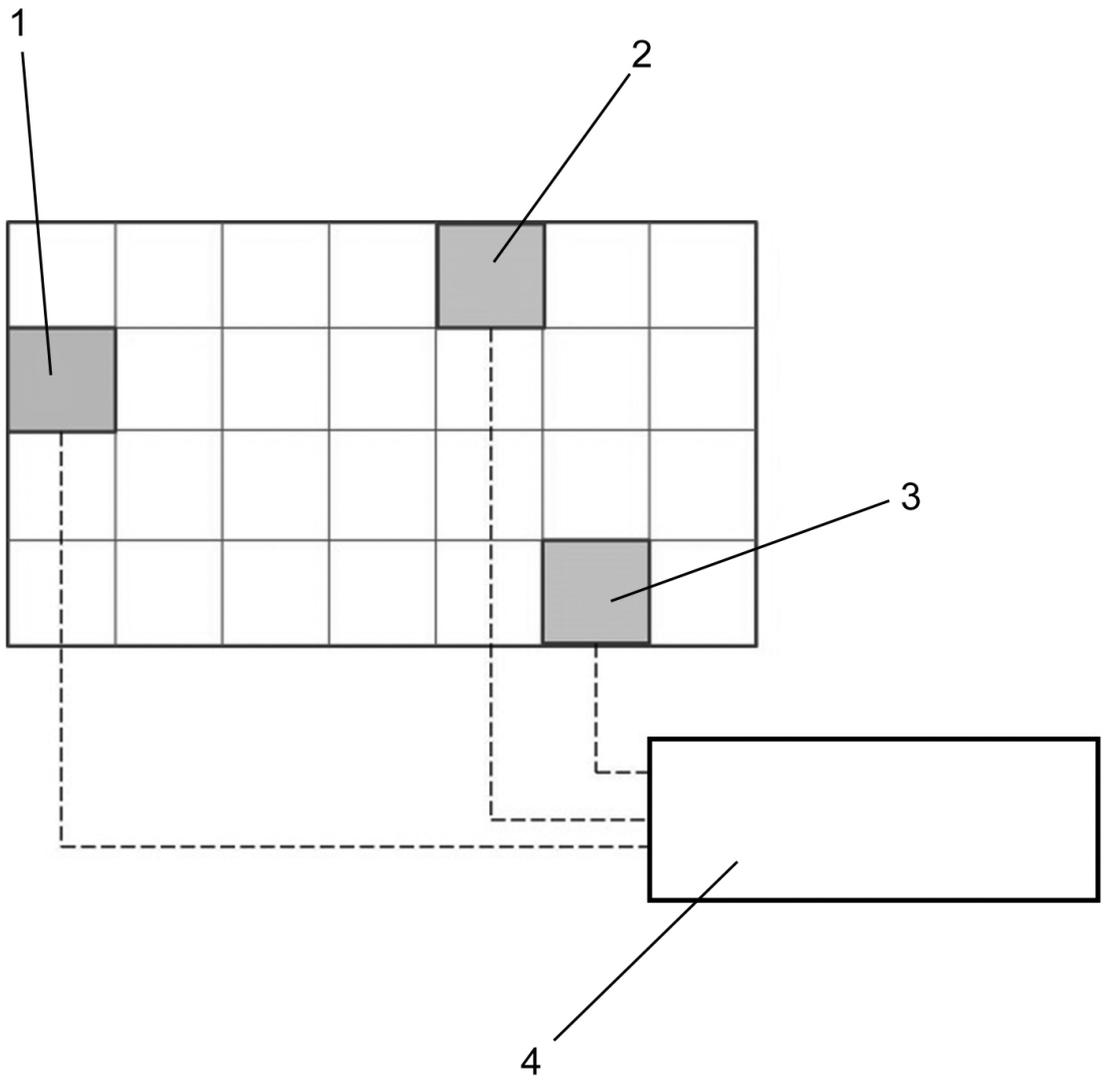


FIG.1