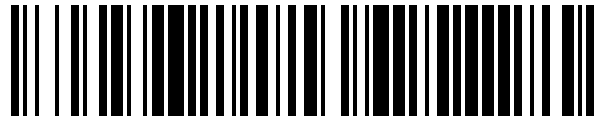


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 214 734**

21 Número de solicitud: 201830617

51 Int. Cl.:

**G01J 1/42** (2006.01)

**G01W 1/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**21.11.2016**

30 Prioridad:

**21.11.2016 ES P201631489**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**26.06.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)**

**Campus Las Lagunillas, S/N**

**23071 Jaén ES**

72 Inventor/es:

**RUS CASAS, Catalina;**

**HONTARIO GARCIA, Leocadio;**

**AGUILAR PEÑA, Juan Domingo;**

**MUÑOZ RODRIGUEZ, Fco José;**

**FERNANDEZ CARRASCO, Juan Ignacio y**

**JIMENEZ TORRES, Miriam**

54 Título: **Sistema para la monitorización de la radiación solar**

ES 1 214 734 U

## DESCRIPCIÓN

### SISTEMA PARA LA MONITORIZACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

#### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra en el sector técnico de los sistemas de energías renovables, más concretamente, en lo relativo a monitorización del recurso solar (radiación solar global).

10

Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema para monitorizar la evolución del recurso solar disponible en un determinado enclave, en especial para su aplicación en el ámbito de las energías solar fotovoltaica.

#### 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el campo de las energías renovables, la energía solar fotovoltaica ocupa un papel importante. Actualmente en este campo se está apostando por la energía distribuida, pequeñas instalaciones que abastecen el autoconsumo de una vivienda o pequeña industria y el resto es inyectado a la red. En este sentido se plantea la necesidad de conocer en cada momento el recurso solar disponible para su consumo.

20

Actualmente los sistemas que evalúan el recurso solar disponible en un enclave son de baja precisión y en el caso de ser dispositivos de altas prestaciones son Estaciones meteorológicas de monitorización comerciales que encarecerían mucho el sistema de adquisición de datos que gestione la energía de un sistema fotovoltaico. A continuación, se presentan algunas Estaciones meteorológicas de monitorización solar conocidas en el mercado:

25

- El sistema de EKO <http://eko-eu.com/es/productos/radiacion-solar-y-fotometros/estaciones-demonitorizacion-solar> es una solución totalmente integrada que mide una gran cantidad de parámetros cuyo principal uso es la Investigación en el campo solar: parámetros en el campo solar (DNI/GNI/DHI), parámetros Meteorológicos (T, P, RH, Ws, Wd, Prec), etc. Como ventaja, presenta un accionamiento de batería solar totalmente autónomo e intercomunicación vía Ethernet opcional. Las desventajas son que es un sistema cerrado y propietario de una empresa, no configurable por el usuario, no permite configuración de

30

ningún tipo de actuador, el sistema sólo recoge datos y tiene un alto coste., por lo que no es viable para autoconsumo o pequeñas plantas integradas (“smart grid”).

5 - El sistema de KIPPZONEN (<http://www.kippzonen.es/Product/253/Sistema-de-Monitorizacion-Solar#.U0ZkX6bNI7w>) es una estación de monitorización solar de Kipp & Zonen para mediciones de alta precisión de la irradiación directa, difusa y global y cumple con las directrices de la Red de Radiación Superficial Base (BSR: Baseline Surface Radiation Network, en inglés). El corazón del sistema es un seguidor solar automático de alta precisión con monturas para diversos instrumentos Kipp & Zonen. Ventajas: Sistema fiable y calibrado, incluye equipos de medida de gran calidad y provee gran cantidad de parámetros recogidos para su principal uso en investigación. Las desventajas son las mismas que en el sistema anterior de EKO y encima requiere un sistema externo para adquisición de datos.

10 - El sistema SMA Sunny SensorBox (<http://www.sma-iberica.com/es/productos/sistemas-de-monitorizacion/sunnysensorbox.html>) se instala directamente en los módulos y mide la radiación fotovoltaica, principalmente para su uso en la Monitorización de planta. También puede, opcionalmente, medir la velocidad del viento y la temperatura ambiente. Su coste es moderado, pero presenta como desventajas que también es un sistema cerrado y propietario de una empresa, no configurable por el usuario, que sólo recoge radiación solar global en plano del generador, opcionalmente mide temperatura ambiente y velocidad del viento, y no permite configuración de ningún tipo de actuador. El sistema sólo recoge datos para lo que requiere de un ordenador externo y de un repetidor cercano para su conexión bluetooth con el ordenador.

15 - El sistema descrito en <http://openenergymonitor.org/emon/applications/solarpv> es un sistema modular auto-construido para la monitorización de producción solar y consumo eléctrico. Es un proyecto de código abierto, por tanto cada usuario puede adaptarlo a sus necesidades. Ventajas Muy modulable y adaptable al usuario final. Pero las desventajas es que proporciona una medición y calibración poco precisas, y se utiliza el mismo generador para la monitorización. Su construcción requiere que el usuario tenga conocimientos avanzados de electricidad y electrónica, por tanto, no es adecuado para un gran número de usuarios. Necesita además la incorporación de más sensores para poder contar con una estimación real de recurso solar.

20 El problema técnico objetivo que se presenta es pues proveer al usuario y los proveedores de sistemas solares medios de bajo coste y alta precisión para la medida y evaluación del recurso solar disponible en un enclave.

35

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención sirve para solucionar el problema mencionado anteriormente, resolviendo los inconvenientes que presentan las soluciones comentadas en el estado de la técnica, mediante un sistema de monitorización del recurso solar disponible basado en la medida de la radiación global.

En el contexto de la invención, se utilizan los siguientes conceptos:

- Radiación directa o DNI (“Direct Normal Irradiation”, en inglés): radiación solar que llega a la superficie terrestre directamente procedente del disco solar;
- Radiación difusa, o DHI (“Diffuse Horizontal Irradiation”, en inglés): radiación que es desviada por la presencia de nubes y otras partículas atmosféricas.
- Radiación global, también llamada radiación global horizontal o GHI (“Global Horizontal Irradiation”, en inglés): la totalidad de radiación solar, compuesta por DNI y DHI, incidente en un punto.

Un aspecto de la invención se refiere a un sistema para monitorizar el recurso solar a través de la medida de radiación solar global, que comprende los siguientes elementos:

- i) medir la radiación solar global horizontal en un enclave mediante uno o más sensores de radiación global y obtener una señal de medida a la salida, que es una onda cuadrada con una frecuencia de muestreo directamente proporcional a la frecuencia de la radiación solar que incide sobre el (enclave del) sensor;
- ii) seleccionar la frecuencia de muestreo anteriormente mencionada mediante un microprocesador conectado a un Reloj de Tiempo Real (RTC, “Real Time Clock”, en inglés) para sincronizar con la hora real ;
- iii) obtener por el microprocesador un valor de radiación solar en un instante determinado a partir de la señal de salida de cada sensor que pasa a una correspondiente entrada del microprocesador a través de una unidad acondicionadora de señal ;
- iv) transmitir en tiempo real el valor de radiación solar en el instante determinado, desde el microprocesador a través de una interfaz de comunicación a un servidor web conectado a Internet, al que puede acceder un usuario, opcionalmente, a través de un terminal móvil.

35

Las ventajas de la presente invención con respecto a las soluciones del estado de la técnica anterior son fundamentalmente:

5 - Es un sistema para la evaluación del recurso solar que conlleva un bajo coste en su fabricación e instalación, por lo que, por un lado, desde el punto de vista de los operadores de energía solar, es apropiado para ayudar al desarrollo y mejorar el diagnóstico de funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, ya que mide de manera precisa el recurso solar disponible en un enclave; y por otro lado además, desde el punto de vista del consumidor de energías renovables, impulsa el uso de la energía solar fotovoltaica puesto que permite a los usuarios de este tipo de energía prever el recurso solar disponible y con él gestionar de manera inteligente en su propia vivienda o instalación parte o toda la energía eléctrica que consume mediante un sistema fotovoltaico.

10 - Conectividad del sistema que implementa el procedimiento: Puede disponerse de puertos de comunicaciones (Entradas/salidas) estándar que permiten la interacción con el mundo exterior. Además, se pueden conectar sensores para adquirir datos así como actuadores para dar una respuesta a un estímulo.

15 - El sistema permite la medición de la radiación solar en plano horizontal mediante el uso de un sensor económico. La captura e interpretación de las lecturas se puede hacer cómodamente en W/m<sup>2</sup>. Además, el intervalo de tiempo definido entre muestras es configurable, modificable por el usuario. El almacenamiento de las lecturas se puede hacer a largo plazo en el mismo sistema/equipo de medida. Adicionalmente, se permite la descarga de ficheros en formato estándar con las lecturas recogidas por el equipo.

20 - Fácilmente ampliable y adaptable gracias a la modularidad del sistema, que permite la ampliación modular del equipo para que se puedan incluir nuevas funcionalidades.

25 - Equipo de bajo coste.

- Bajo consumo energético.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

30 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

FIGURA 1.- Muestra un diagrama de bloques de la arquitectura de un sistema que implementa el procedimiento de monitorización solar, según una realización preferente de la invención.

35

FIGURA 2.- Muestra una gráfica de comparación de las medidas de radiación solar realizadas por el sistema propuesto y otro sistema de referencia, según un posible caso real de uso en campo de la invención.

## 5 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura de un sistema para monitorizar energía solar. El sistema comprende al menos un sensor de radiación global (1) y al menos un sensor de parámetros ambientales (2), tales como temperatura y humedad.

10 . El sensor de radiación global (1) puede estar encapsulado por una carcasa de plástico transparente. El sensor de radiación global (1) mide con gran precisión la radiación solar horizontal, mostrando una onda cuadrada, i.e., 50% del ciclo de trabajo, con frecuencia directamente proporcional a la radiación que incide sobre él. Todos los sensores (1, 2) están conectados a una unidad acondicionadora de señal (4) que convierte las señales analógicas

15 de medida de los sensores (1, 2) a señales digitales adaptadas a la entrada a un microprocesador (5) para obtener el valor de radiación correspondiente. El microprocesador (5), conectado a un Reloj de Tiempo Real (6), está programado para seleccionar la frecuencia de muestreo que proporciona una señal de calidad. La programación del microprocesador (5) es controlada por un dispositivo que ofrece la posibilidad de comprobar los datos del sistema

20 y el reloj en tiempo real (6) que permite sincronizar con la hora real, haciendo posible comparar los datos con una estación meteorológica próxima así como ofrecer el valor de la radiación solar junto a la hora en la que se está produciendo. El microprocesador (5) se comunica también con una interfaz de visualización (7) para mostrar las señales de medida captadas por los sensores (1, 2) y adaptadas por la unidad acondicionadora de señal (4).

25 Adicionalmente el sistema dispone de una interfaz de comunicación (8) que permite transmitir en tiempo real los datos medidos, a través de Internet (13), a un servidor web (11) para que el usuario pueda exportarlos a un terminal móvil (12) de usuario, por ejemplo, su tableta o teléfono móvil, así como para que el usuario o el operador pueda visualizar datos de medida en tiempo real o almacenados anteriormente. La interfaz de comunicación (8) puede utilizar

30 una conexión IP de Internet fija mediante Ethernet (81) y/o un módem de comunicación inalámbrica (82) para la comunicación de datos a través del "Internet de las cosas", por ejemplo a través de GSM/GPRS. Adicionalmente, la interfaz de comunicación (8) también puede usar interfaces de comunicación por cable (83), por ejemplo, RS-232 y RS-485. El servidor web (11), conectado a un canal del internet de las cosas, puede ofrecer a cualquier

usuario que se conecte a dicho canal el valor de la radiación solar disponible en el enclave en que está colocado el equipo de sensores.

5 Para la medición de la radiación, a través del sensor de radiación global (1), en una posible realización, se utiliza el convertidor de radiación en frecuencia TSL230R. Este dispositivo, basado en el silicio, convierte la radiación incidente en una señal de frecuencia, que luego se puede medir directamente con una entrada digital de las que dispone el microcontrolador (5). Este convertidor se utiliza normalmente para diversas aplicaciones para la medición de la luz ambiente, absorción y/o reflexión de la luz, tanto en electrodomésticos, como en equipos de fotografía, colorimetría, o en los controles de contraste en las pantallas  
10 de televisión.

La Figura 2 muestra una comparación de los datos medidos en función de los valores suministrados por una Estación Meteorológica de referencia, en este caso, la Estación Geónica Meteodata de la Universidad de Jaén, para determinar la fiabilidad del prototipo en la medición de la radiación solar. Para ello, se realizó la calibración de los datos suministrados por el sistema descrito en comparación con la estación de referencia. Los valores de radiación solar global correspondientes a la estación de referencia están representados en el eje de ordenadas, ) y los del sistema propuesto se representan en el eje de abscisas La campaña de medidas es de un año completo con una muestra amplia de días con diferente perfil meteorológico lo que muestra la fiabilidad del equipo. Como se puede observar al comparar  
15 las dos gráficas, que muestran la radiación global medida, expresada en  $W/m^2$  en ambos casos, los valores arrojan un coeficiente de correlación  $R^2=0.9945$  que da idea de la medida relativa del grado de asociación lineal entre ambas medidas. Este valor se repite tanto en días  
20 claros de alta radiación como en días nublados, o días despejados de baja radiación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para la monitorización de radiación solar, **caracterizado por que** comprende:
  - 5 i) un sensor de radiación global (1) que emite una señal de salida que es una onda cuadrada con una frecuencia de muestreo directamente proporcional a la radiación solar global horizontal que incide sobre el sensor de radiación global (1);
  - ii) una unidad acondicionadora de señal (4) que recibe la señal de salida emitida por el sensor de radiación global (1);
  - 10 iii) un microprocesador (5) conectado a un Reloj de Tiempo Real (6), que selecciona la frecuencia de muestreo, sincroniza con la hora real, y obtiene un valor de radiación solar global horizontal en un instante determinado; y
  - iv) una interfaz de comunicación (8) que transmite en tiempo real el valor de radiación solar global horizontal en el instante determinado desde el microprocesador (5) a  
15 un servidor web (11) conectado a Internet (13).
  
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el servidor web (11) proporciona el valor de la radiación solar en tiempo real a un usuario que se conecta a un canal de internet (13).  
20
  
3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** el servidor web (11) se conecta a un terminal móvil (12) del usuario para proporcionar el valor de la radiación solar en un fichero.
  
- 25 4. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** adicionalmente comprende una interfaz de visualización (7) que muestra al menos una señal de medida obtenida a la salida de la unidad acondicionadora de señal (4).
  
- 30 5. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la interfaz de comunicación (8) se selecciona entre Ethernet (8.1), un módem de comunicación inalámbrica (8.2) y una interfaz de comunicación por cable (8.3).
  
- 35 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** la interfaz de



comunicación por cable (8.3) se selecciona entre RS-232 y RS-485.

7. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-6, **caracterizado por que** el módem de comunicación inalámbrica (8.2) es de GSM/GPRS.

5

8. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** además comprende al menos un sensor de parámetros ambientales (2) que mide parámetros ambientales, medidas de parámetros ambientales que pasan, junto con las medidas de la radiación solar global horizontal, a través de la unidad acondicionadora de señal (4) a la entrada del microprocesador (5).

10

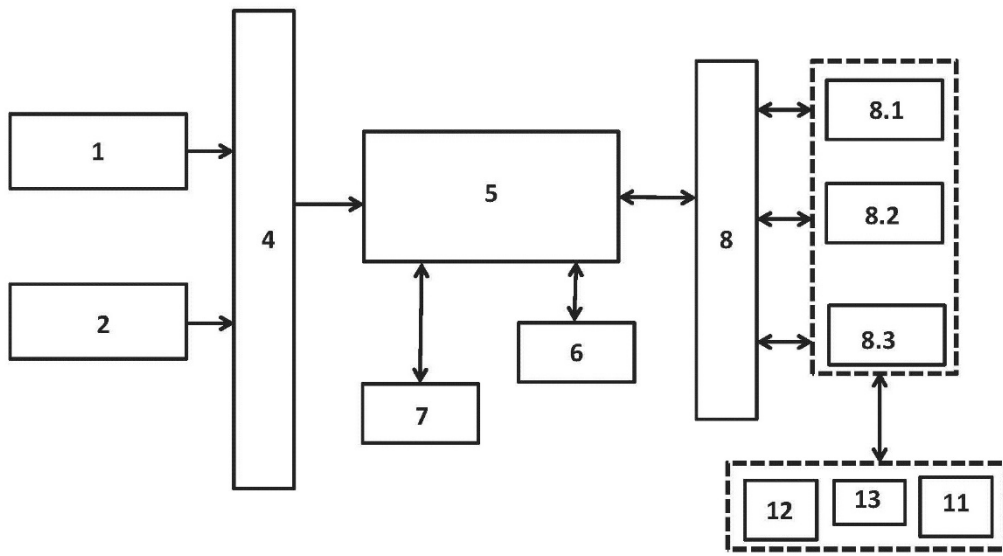


FIG.1

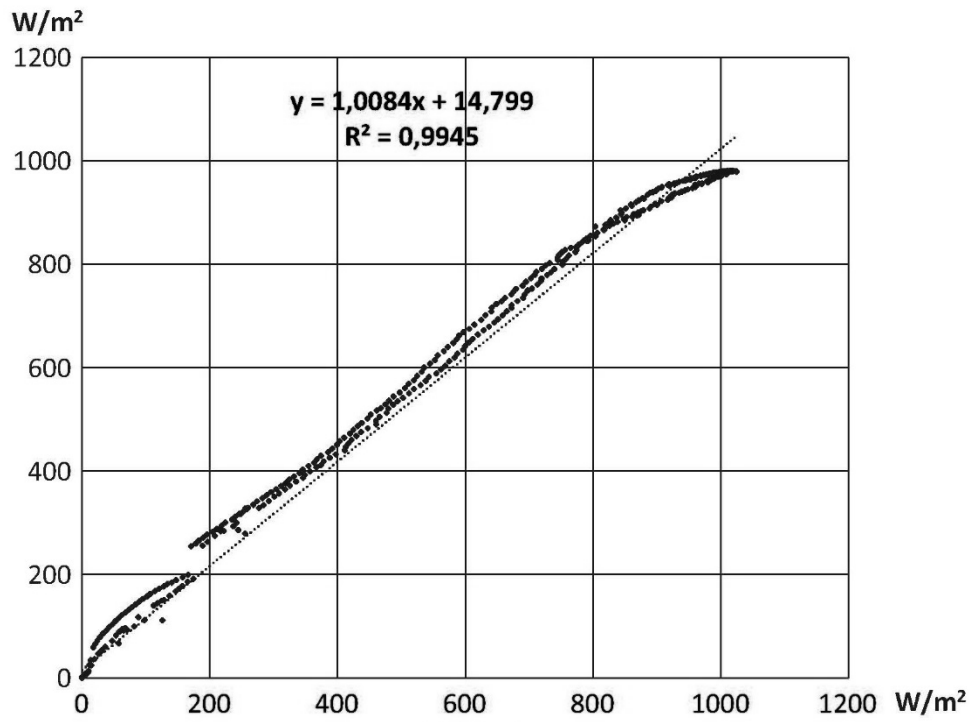


FIG. 2