(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 774 682**

(51) Int. CI.:

B64C 39/02 (2006.01)
H02S 50/15 (2014.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2017 PCT/GB2017/050168**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17129960**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2017 E 17705451 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3408175**

(54) Título: **Utilización de UAVs para detectar defectos en matrices de paneles solares**

(30) Prioridad:

25.01.2016 GB 201601303
20.04.2016 GB 201606891

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2020

(73) Titular/es:

ABOVE SURVEYING LTD. (100.0%)
Units 1&2 Tollgate Business Park, Stanway
Colchester, Essex CO3 8AB, GB

(72) Inventor/es:

HITCHCOCK, WILLIAM JOHN

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

Utilización de UAVs para detectar defectos en matrices de paneles solares

Esta invención se refiere, en un primer aspecto, a un vehículo aéreo no tripulado (UAV), modificado para uso en la detección y evaluación de defectos en matrices de paneles solares. En un segundo aspecto, la invención además se refiere a un aparato para detectar y evaluar defectos en matrices de paneles solares, que incluyen un UAV modificado. En un tercer aspecto, la invención se refiere además a un método para detectar y evaluar los defectos en matrices de paneles solares que utilizan dicho aparato.

La presente invención se refiere principalmente a la detección y evaluación de paneles solares defectuosos en instalaciones de matrices de matrices solares a gran escala, tales como granjas solares, y por lo tanto aquí se describirá con un particular énfasis en esta aplicación. No obstante, se apreciará que el alcance de la presente invención no está limitado a tal uso, y todos los aspectos de la invención pueden encontrar uso en otras aplicaciones.

Un defecto en un panel solar se presenta como una “zona de calor intenso”, es decir un desajuste entre la temperatura de la superficie del panel defectuoso, en comparación con los paneles contiguos que funcionan normalmente. Este desajuste puede medirse como un gradiente de temperatura mediante el uso de una cámara termográfica. El gradiente de temperatura observado puede ocurrir bien a través de un panel, o dentro de un panel en una única o varias celdas. Hasta muy recientemente, el método normal de inspeccionar una granja solar en busca de paneles defectuosos era usar una cámara termográfica manual. A la vista de la escala de las granjas solares, este método emplea mucho tiempo y mano de obra. Además, los resultados producidos por tales métodos han sido considerados imprecisos y erróneos.

Más recientemente, los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) – también denominados drones – están ahora siendo usados para realizar inspecciones termográficas de grandes matrices solares. El uso de una cámara termográfica montada en un UAV con imágenes georreferenciadas puede significativamente acelerar el proceso así como también aumentar la precisión del registro del lugar del panel solar defectuoso. El documento JP 2015-58758 expone un sistema de comprobación de la estructura que comprende una parte de formación de imágenes que está provista de una cámara infrarroja para obtener datos de formación de imágenes que contienen datos de temperatura de un objeto de formación de imágenes. Una parte de control obtiene la información de la posición y una parte de almacenamiento de datos de formación de imágenes guarda los datos de formación de imágenes. Los datos de formación de imágenes se obtienen con la información de la posición que muestra la posición de obtención de los datos de formación de imágenes, que es guardada en la parte de almacenamiento de datos de formación de imágenes.

La extensión del gradiente de temperatura presentado por un panel solar defectuoso es a menudo una indicación de la naturaleza y el significado del defecto, su efecto sobre la generación de electricidad y su posibilidad de degradación además. No obstante, el gradiente de temperatura es también una función de la radiación solar a la que el panel solar fue expuesto durante el tiempo de medición. La radiación solar cambia constantemente a lo largo de las horas del día – y más importantemente, varía significativamente entre los estados de sol y con nubes. Una única nube que de sombra a una sección de una matriz solar puede provocar un descenso importante de la radiación solar.

Como tal, con el fin de que los datos del gradiente de temperatura recogidos durante una inspección de un panel solar sean adecuadamente interpretados, es importante entender el nivel de radiación solar en el momento y lugar precisos en los que la imagen fue captada. El momento fiable – y los datos de radiación solar específicos del lugar, medibles con un piranómetro, son por lo tanto de gran calor cuando se revisan los datos de inspección y se decide una medida correctiva con respecto a un panel solar aparentemente defectuoso.

Hasta ahora, los datos de formación de imágenes termográficas recogidos durante una inspección de una matriz solar han sido cruzados con los datos de la radiación solar medidos a través de un piranómetro con base en tierra. No obstante, este método no tiene en cuenta las variaciones de la radiación solar durante el proceso de inspección o a través de la longitud y anchura de la matriz. Esto puede nuevamente llevar a unos resultados imprecisos, erróneos y no fiables.

Hay un margen de diferentes defectos posibles en los paneles solares, los cuales pueden presentarse como un gradiente de temperatura a través del panel. Éstos incluyen el daño físico a los paneles, la suciedad de la superficie del panel, los defectos en la conexión eléctrica, y los defectos degenerativos. Los defectos degenerativos son difíciles de detectar en sus etapas tempranas por medios convencionales, pero si se dejan sin examinar pueden provocar problemas importantes a las instalaciones solares.

Un ejemplo de tal defecto degenerativo es un fenómeno conocido como Degradación Potencial Inducida (PID). La PID es un defecto inherente que se produce en algunos paneles solares (también referidos como módulos), y ocurre cuando el potencial (voltaje) produce una movilidad de iones en el material semiconductor del módulo. Esto hace que se degrade la capacidad de salida de energía del módulo. La PID es un problema importante para los operadores de las granjas solares ya que en sus primeras etapas es difícil de detectar por medio de métodos

convencionales, pero si se deja sin examinar puede extenderse de un módulo a otro en una matriz. Los módulos en una matriz solar están típicamente dispuestos en “cadenas” de 24 módulos conectados en serie. La PID generalmente se inicia generalmente en el extremo negativo de tal cadena, pero puede extenderse a través de los módulos de la cadena.

La presente invención pretende afrontar los anteriores problemas mediante el montaje de un piranómetro georreferenciado hecho a medida en un UAV, de modo que la radiación solar pueda ser medida durante el vuelo, y las coordenadas del tiempo y del GPS de cada medida puedan ser grabadas. Será ahora por lo tanto posible que las imágenes sean cruzadas con los correspondientes datos de la radiación solar. Esto permitirá un análisis más informado del panel aparentemente defectuoso, e informará sobre la consideración de una posible acción correctiva, o de posteriores diagnósticos. Una ventaja importante de la presente invención es que permite la detección y análisis tempranos de los defectos degenerativos tales como La Degradación Potencial Inducida (PID). Los módulos defectuosos pueden entonces ser reparados o sustituidos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se ha proporcionado un vehículo aéreo no tripulado (UAV) que tiene unos medios de control controlables remotamente y/o programables, para así dirigir dicha trayectoria de vuelo de dicho UAV, teniendo dicho UAV los siguientes componentes montados en él:

- una cámara termográfica;
- un piranómetro;
- un receptor de un sistema de posicionamiento global (GPS); y
- un grabador de datos, adaptado para grabar los datos de al menos el piranómetro y el receptor de GPS durante el vuelo de dicho UAV; en donde el piranómetro y el receptor de GPS juntos forman un piranómetro de georreferencia.

El UAV de la presente invención preferiblemente además tiene una cámara visual de formación de imágenes montada en él.

Usando el piranómetro para registrar la radiación solar en el momento y lugar precisos en los que se han observado los gradientes de temperatura, el operador del UAV o el analista posterior al vuelo puede identificar las variaciones en los gradientes de temperatura informados que pueden ser atribuibles a fluctuaciones de la radiación solar, más bien que a la severidad de un defecto en un panel o celda.

El vehículo aéreo no tripulado (UAV) es preferiblemente un UAV de alas rotatorias.

Como se ha advertido antes, el UAV preferiblemente tiene una cámara de formación de imágenes visuales (RGB) montada en él. El uso de una cámara de formación de imágenes visuales (RGB) es deseable con el fin de realizar las realizaciones preferidas del método para el cual el UAV, de acuerdo con el primer aspecto de la invención, es pretendido. No obstante, mientras que se prefiere que la cámara visual de formación de imágenes debería ser montada en el mismo UAV que los otros componentes, como una disposición alternativa, un segundo UAV puede ser empleado, sobre el cual esté dispuesta dicha cámara de formación de imágenes. Esta disposición alternativa permite que el peso total del UAV de la presente invención sea reducido, y esto a su vez mejora la vida de la batería en el UAV y así alarga el tiempo posible de vuelo.

En las realizaciones preferidas en las que las cámaras termográficas y de formación de imágenes visuales están montadas en el UAV de la invención, el UAV puede registrar e informar sobre ambas imágenes termográficas y visuales, las cuales pueden ser cruzadas con los datos del gradiente de temperatura, los datos de la radiación solar, y los datos del GPS de cualquier lugar en una matriz solar. Las imágenes visuales y termográficas son preferiblemente proporcionadas al operador del UAV para ver durante el vuelo a través de un enlace de vídeo en directo. En la disposición alternativa en la que la cámara visual de formación de imágenes está dispuesta en un segundo UAV, estos procesos todavía se llevan a cabo, usando los datos de formación de imágenes del vuelo del segundo UAV, que pueden ser realizados bien antes, después, o preferiblemente simultáneamente con el vuelo del UAV de la invención.

Proporcionando unas imágenes visuales de los paneles se ayuda a la identificación de la localización de los paneles que informan de defectos, y también permite que un operador o el analista posterior al vuelo del UAV caractericen el defecto mediante el cruce de las imágenes visuales y termográficas. El analista puede usar los datos de las imágenes visuales para observar el daño físico o las obstrucciones en los paneles de la superficie. Las obstrucciones, tales como la suciedad presente en la superficie de los paneles pueden llevar a variaciones en los datos del gradiente de temperatura informado, que de otro modo podrían ser atribuidas a la gravedad de un defecto. De este modo, el analista puede también identificar defectos que podrían ser atribuidos a defectos degenerativos tales como a la PID.

La cámara termográfica y/o la cámara de formación de imágenes visuales preferiblemente tienen una funcionalidad georreferencial, que además ayuda con la evaluación de los defectos antes descritos. La cámara termográfica y/o la

cámara de formación de imágenes visuales pueden registrar sus datos del GPS en una tarjeta de memoria local tal como una tarjeta SD. Estos datos pueden entonces ser cruzados posteriormente al vuelo con los datos de la radiación solar grabados.

En una realización preferida de la invención el registrador de datos está además adaptado a comunicar los datos grabados a un dispositivo remoto durante el vuelo. Esto permite la visión “en directo” de los datos mientras que tiene lugar una inspección. Para esto el registrador de datos está preferiblemente adaptado para comunicar los datos registrados sobre una red de telecomunicaciones móviles por medio de una señal GSM normal.

En una realización posterior preferida de la invención el registrador de datos está además adaptado para grabar datos de la cámara termográfica, y/o de la cámara de formación de imágenes visuales, cuando esté presente, además del piranómetro y del receptor GPS.

Alternativa o adicionalmente, el grabador de datos puede preferiblemente ser o comprender un computador incorporado, o un computador incorporado puede estar dispuesto como un componente adicional en comunicación con dicho grabador de datos. El computador incorporado está preferiblemente adaptado a almacenar todas las series de datos generados de los otros componentes, y más preferiblemente está además adaptado al menos parcialmente a procesar dichos datos en el UAV.

El piranómetro es preferiblemente un piranómetro de peso ligero. Más preferiblemente, el peso combinado del piranómetro, el receptor de GPS, y el grabador de datos no es más de 1 kg. El piranómetro puede ser un sensor capaz de medir la radiación solar, tal como una celda de referencia. En realizaciones preferidas de la invención no obstante, el piranómetro es un piranómetro de celda de silicio.

Como se apreciará, la comunicación de datos a y desde el UAV es una faceta importante del proceso de inspección. Por lo tanto, de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se ha dispuesto un aparato para detectar y evaluar los defectos en las matrices de paneles solares, comprendiendo dicho aparato un vehículo aéreo no tripulado (UAV) como se ha descrito anteriormente, y uno o más dispositivos remotos en comunicación con él. En la disposición alternativa en la que el UAV no comprende una cámara visual de formación de imágenes, el aparato de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención comprenderá además un segundo UAV que tiene una cámara visual de formación de imágenes montada en él.

Preferiblemente, dicho aparato comprende un dispositivo remoto, tal como un PC, computador portátil, computador de tableta o Smartphone, adaptados para recibir datos de dicho grabador de datos. Más preferiblemente, dicho dispositivo remoto está además adaptado para recibir datos de dicha cámara termográfica y/o de dicha cámara visual de formación de imágenes.

El dispositivo remoto comprende preferiblemente un procesador adaptado a procesar dichos datos y a informar de los datos termográficos cruzados y de los datos de la radiación solar para un lugar referenciado de GPS dado en una matriz de paneles solares. Más preferiblemente, el dispositivo remoto está además adaptado a procesar e informar de los datos de formación de imágenes visuales para un lugar dado referenciado por GPS.

En realizaciones preferidas de la presente invención el dispositivo remoto está además adaptado para procesar datos de radiación solar registrados con el fin de corregir el ángulo de inclinación de los paneles solares en una matriz. El procesador del dispositivo remoto está por lo tanto preferiblemente programado con un algoritmo desarrollado para corregir una radiación medida (E_m) recogida en el plano horizontal, con una radiación corregida (E_c) para permitir el ángulo de inclinación de los paneles solares en una matriz.

El procesamiento antes descrito es requerido debido a que los datos de radiación son recogidos en el plano horizontal por el UAV. Esto tiene por lo tanto que ser corregido con el fin de calcular la radiación a la que la superficie en ángulo del panel solar está expuesta. Un enfoque alternativo sería inclinar el piranómetro para comparar el ángulo de inclinación de los paneles solares en una matriz, antes de que sea realizada cada inspección.

El dispositivo remoto está preferiblemente además adaptado a procesar datos termográficos registrados con el fin de normalizar los datos en un nivel normal de radiación. El procesador del dispositivo remoto está por lo tanto preferiblemente programado con un algoritmo desarrollado para normalizar un gradiente de temperatura medido (ΔT_m) en una radiación corregida (E_c), con un gradiente de temperatura normalizado (ΔT_n) en una radiación normal. Mientras en la teoría, se podría usar cualquier valor de radiación normal, se prefiere usar un valor de radiación normal de 1.000 W/m^2.

El gradiente termal medido a través de un defecto en un panel solar es una función de la gravedad del defecto y de la radiación solar a la que el panel solar defectuoso estaba sometido en el momento en el que el gradiente térmico era medido. La normalización de los datos del gradiente de temperatura con un nivel de radiación normal permite la comparación de defectos dentro de una inspección, o a través de diferentes inspecciones.

El procesamiento de la radiación y los datos termográficos de este modo permite que los defectos sean categorizados en cuanto a su naturaleza, gravedad, y pronóstico de un futuro deterioro. El procesamiento también permite la comparación directa de las inspecciones realizadas en diferentes niveles de radiación, como por ejemplo

ocurriría en diferentes momentos del año, de modo que el nivel de deterioro de un panel defectuoso pueda se monitorizado.

El aparato puede deseablemente comprender un dispositivo remoto adaptado para transmitir datos de una ruta de vuelo predeterminado al medio de control del UAV. Este dispositivo remoto puede ser el mismo dispositivo ya que está adaptado para recibir datos del grabador de datos, o puede ser un dispositivo remoto independiente.

El dispositivo remoto al que los datos grabados son comunicados puede adoptar la forma de un portal en línea, basado en la red. Todos los datos registrados, junto con cualquier análisis posterior realizado por el operador del UAV o el analista posterior al vuelo pueden ser desplegados en el portal. El usuario (usualmente el dueño de la granja solar, gestor u operador) puede entonces acceder al portal por medio de un inicio de sesión personalizado, con el fin de ver todos los datos asociados con una inspección particular. Los datos pueden deseablemente incluir un mapa acercable, en el que los datos registrados y procesados de la inspección son dispuestos sobre un mapa existente de los paneles solares en una matriz inspeccionada – tal como un dibujo CAD de la granja solar. El usuario puede así identificar claramente el lugar de los paneles defectuosos.

El portal puede desplegar los datos relativos a un número de diferentes inspecciones de la misma matriz solar realizados en diferentes momentos. Utilizando los datos del gradiente térmico normalizado, que tiene en cuenta las variaciones de la radiación solar incidente en el momento de la inspección, el usuario puede así realizar una comparación entre los datos recogidos en diferentes momentos y en diferentes condiciones. Esto permite que el usuario averigüe si un defecto particular ha mejorado (por ejemplo, después de un mantenimiento o reparación) o se ha deteriorado. Tales comparaciones pueden también a ayudar al usuario a determinar si los defectos han sido correctamente caracterizados.

Cuando los defectos son atribuibles a defectos degenerativos tales como la PID, la representación gráfica del lugar de los módulos defectuosos en el mapa puede ayudar al usuario a entender los factores que pueden promover la ocurrencia del defecto. Por ejemplo, la PID puede ser observada en módulos en un lugar particular en un sitio, o en módulos de una cierta edad, o en módulos originarios de un fabricante, suministrador o lote particulares. Buscando tales tendencias en la ocurrencia de PID, el usuario puede predecir dónde pueden surgir futuras ocurrencias de PID, y monitorizar esos lugares más cuidadosamente con el fin de captar una PID tan pronto como ocurra, y así prevenir su desarrollo a lo largo de una cadena.

La presente invención proporciona además, de acuerdo con un tercer aspecto de ella, un método para detectar y evaluar los defectos en una matriz de paneles solares, usando un vehículo aéreo no tripulado (UAV) como se ha descrito anteriormente, comprendiendo dicho método los pasos de:

(i) representación del lugar de los paneles en una matriz solar;

(ii) utilizar los datos representados recogidos en el paso (i) para generar una ruta de vuelo del punto de referencia óptimo para dicha UAV;

(iii) transmitir la ruta de vuelo del punto de referencia óptimo generado en el paso (ii) al medio de control de dicho UAV; y

(iv) volar dicho UAV sobre dicha matriz solar usando dicho vuelo de punto de referencia óptimo, mientras simultáneamente se registran al menos los datos de formación de imágenes termográficas y grabando la radiación solar y los datos de GPS;

y posteriormente;

(v) procesar los datos grabados y registrados en el paso (iv) para identificar e informar de los paneles defectuosos por el gradiente de temperatura, con datos de la radiación solar cruzados, las imágenes termográficas y los datos de situación del GPS.

En realizaciones preferidas del método anterior en el que el UAV tiene una cámara de formación de imágenes visual montada en él, los datos de formación de imágenes visuales también serán registradas en el paso (iv), y los datos procesados en el paso (v) también incluirán un cruce de datos de formación de imágenes visuales del paso (iv).

En la disposición alternativa en la que el UAV no tiene una cámara de formación de imágenes visuales montada en él, el método incluirá un subpaso adicional de:

(iv)(a) volar un segundo UAV que tiene que tiene una cámara de formación de imágenes visuales montada en él, sobre dicha matriz solar que usa dicha ruta de vuelo del punto de referencia óptimo, mientras que simultáneamente registra los datos de formación de imágenes visuales. En esta disposición alternativa el paso (v) necesariamente requerirá los datos registrados en el subpaso (iv)(a) para ser compilados y procesados junto con los datos registrados y grabados en el paso (iv). El subpaso (iv)(a) puede ser realizado bien antes, después, o preferiblemente de forma simultánea con la realización del paso (iv).

En la práctica, el paso (i) de representar la situación de los paneles en una matriz solar puede ya haber sido realizado antes del proceso de inspección, en cuyo caso los datos representados pueden ya ser disponibles (por ejemplo en la forma de un dibujo CAD) que puede ser usado directamente para generar los datos de la ruta de vuelo del punto de referencia óptimo en el paso (ii).

El paso (v) del método incluye preferiblemente el procesamiento de los datos de la radiación solar registrados, para corregir de este modo una radiación medida (E_m) recogida en el plano horizontal, con una radiación corregida (E_c) para permitir el ángulo de inclinación de los paneles solares en una matriz, como se ha descrito antes con referencia al segundo aspecto de la invención.

El paso (v) preferiblemente incluye además procesar los datos termográficos registrados, para normalizar de este modo un gradiente de temperatura medido (ΔT_m) en una radiación corregida (E_c) a un gradiente de temperatura (ΔT_n) en una radiación normal de 1.000 W/m^2, como también se ha descrito antes con referencia al segundo aspecto de la invención. La radiación solar y los datos GPS grabados en el paso (iv) pueden preferiblemente ser transmitidos a un dispositivo remoto, como se ha descrito anteriormente con referencia al segundo aspecto de la presente invención. Más preferiblemente, los datos de formación de imágenes termográficas y visuales registrados en el paso (iv), o en el paso (iv) y en el subpaso (iv)(a), son también transmitidos a dicho dispositivo remoto. El procesamiento y el análisis en el paso (v) son preferiblemente realizados usando dicho dispositivo remoto.

La generación y transmisión del vuelo del punto de referencia óptimo en los pasos (ii) y (iii) es preferiblemente formada usando un dispositivo remoto. Éste puede ser el mismo dispositivo remoto que recibe los datos del grabador de datos, o puede ser un dispositivo remoto independiente. Preferiblemente, los datos de la ruta de vuelo del punto de referencia transmitidos al medio de control del UAV en el paso (iii) también incluyen la altura de vuelo y la velocidad. La altura de vuelo óptima utilizada en el método de la presente invención es generalmente alrededor de 20m, lo que es inferior a las alturas de vuelo convencionales usadas en las inspecciones del UAV. Esta menor altura de vuelo facilita una mejor resolución de los datos de formación de imágenes termales, lo cual a su vez ayuda con la detección y análisis de defectos degenerativos tales como la PID.

El método preferiblemente incluye además un paso adicional (vi) de transmisión de los datos grabados, procesados y analizados a un portal web como anteriormente se ha descrito con referencia al segundo aspecto de la invención.

Con el fin de que la presente invención pueda ser comprendida más claramente, a continuación se describirá ahora con detalle una primera realización de ella, aunque sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra una representación esquemática de una realización preferida de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención; y

la Figura 2 muestra una representación esquemática del UAV de la Figura 1 en uso, que realiza una inspección de una matriz de paneles solares.

Con referencia primero a la Figura 1, se ha mostrado un vehículo aéreo no tripulado (UAV) 10, de acuerdo con una realización preferida de un primer aspecto de la presente invención. Como puede verse, el UAV 10 es del tipo de alas rotatorias, que tiene una pluralidad de rotores 11. El UAV 10 tiene montado en él un número de instrumentos: un piranómetro 12 para medir la radiación solar; un receptor GPS 13 para seguir con precisión la situación del UAV 10; una cámara termográfica 14 para registrar los datos e imágenes termográficas; una cámara visual (RGB) 15 para registrar imágenes visuales; y un grabador de datos 16 para registrar los datos del piranómetro 12 y del receptor GPS 13. El piranómetro 12 y el receptor GPS 13 juntamente forman un piranómetro de georreferencia. La cámara termográfica 14 y la cámara visual 15 también tienen una funcionalidad de georreferencia.

Como se ha discutido anteriormente, en una disposición alternativa, la cámara visual (RGB) 15 puede más bien estar montada en un segundo UAV (no mostrado).

El UAV 10 está provisto de un medio de control integral (no mostrado) que puede ser programable, o remotamente controlable, para dirigir la ruta de vuelo del UAV 10.

El grabador de datos 16 está también adaptado a transmitir la radiación solar y los datos GPS grabados a un dispositivo remoto (no mostrado) durante la operación del UAV 10, de modo que los datos en directo puedan ser vistos durante una inspección de la matriz solar. La cámara termográfica 14 y la cámara visual 15 están adaptadas también a transmitir datos de vídeo en directo a un dispositivo remoto para verlos durante el vuelo del UAV 10.

El UAV 10 y el dispositivo remoto conjuntamente constituyen un aparato para detectar defectos en las matrices de paneles solares, de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención.

Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra el UAV 10 como anteriormente se ha descrito con referencia a la Figura 1, en uso para la inspección de una matriz 20 de paneles solares. La matriz 20 de paneles solares está formada por varios bancos 21 de paneles, estando cada banco 21 compuesto por múltiples paneles solares individuales 22.

Un método de acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, para detectar defectos en una matriz 20 de paneles solares, que usan un vehículo aéreo no tripulado (UAV) 10, se describirá a continuación con referencia a las Figuras 1 y 2.

El paso (i) del método requiere la situación de los paneles 22 y de los bancos 21 de paneles en una matriz solar 20 para ser representados en un mapa, o georreferenciados. En la práctica, este paso puede ya haber sido realizado antes del proceso de inspección.

En el paso (ii) los datos representados en el mapa recogidos en el paso (i) se usan para generar una ruta de vuelo del punto de referencia óptimo para el UAV 10. Los puntos de referencia 23 y la ruta de vuelo 24 están ilustrados figurativamente en la Figura 2.

El paso (iii) es para transmitir los datos 24 de la ruta de vuelo del punto de referencia óptimo generados en el paso (ii) al medio de control del UAV 10. Los datos 24 de la ruta de vuelo incluirán también la altura de vuelo (altitud) y la velocidad, los cuales pueden necesitar ser variados de acuerdo con las condiciones en el momento de realizar la inspección.

El proceso de inspección es a continuación realizado en el paso (iv) volando el UAV 10 sobre la matriz solar 20 usando la ruta de vuelo 24 del punto de referencia óptimo. Durante el vuelo la cámara termográfica 14 registra los datos de formación de imágenes termográficas para cada panel 22, de modo que los gradientes de temperatura puedan ser identificados, lo que puede indicar los paneles defectuosos, o áreas defectuosas dentro de un panel 22. Al mismo tiempo, el piranómetro 12 mide la radiación solar, mientras que el receptor de GPS 13 proporciona una referencia cruzada del lugar preciso (y de este modo el panel específico 22) del cual se grabaron los datos de la radiación solar. La cámara visual 15 también registra imágenes de los paneles 22 durante el proceso de inspección. Los datos del piranómetro 12 y del receptor GPS 13 son registrados por el grabador de datos 16, mientras que la cámara termográfica 14 y la cámara visual 15 registran sus datos georreferenciados en una tarjeta de memoria local SD.

El grabador de datos 16 transmite la radiación solar grabada y los datos GPS por medio de una señal GSM a un dispositivo remoto para el paso (v) de procesamiento de datos. La cámara termográfica 14 y la cámara visual 15 también transmiten imágenes al operador del UAV por medio de un enlace de vídeo. Después del vuelo se puede producir una información que muestra los datos de formación de imágenes termográficas cruzadas e imágenes visuales de cualquier panel 22 en la matriz 20 – identificados por los datos de situación del GPS – y cruzados con los datos de la radiación solar registrada en el momento que los datos termográficos fueron captados.

Cualesquiera paneles defectuosos en la matriz 20 presentarán una mayor temperatura superficial que la de los paneles 22 contiguos que funcionan correctamente y un gradiente de temperatura puede ser por lo tanto observado a través del panel defectuoso. Dependiendo de la naturaleza del defecto, un gradiente de temperatura puede también ser observable dentro de un panel 22, en una o múltiples celdas. No obstante, los gradientes de temperatura pueden también variar en donde hay una fluctuación natural en la radiación solar durante la inspección. La medición de la radiación solar (que usa el piranómetro 12) en el mismo momento y lugar (indicado por el receptor de GPS 13) en que capta los datos termográficos (usando la cámara termográfica 14) permite que tales variaciones de temperatura que ocurren naturalmente sean factorizados en los resultados de la inspección, creando así la precisión y el valor del proceso de detección de defectos. De forma similar, las imágenes visuales registradas (que usan la cámara 15 de formación de imágenes visuales) indicarán dónde los gradientes de temperatura observados pueden ser atribuibles a obstrucciones sobre la superficie de un panel 22, más que a un defecto.

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo aéreo no tripulado (UAV) 10 que tiene un medio de control remoto y/o un medio de control programable, para dirigir de este modo la ruta de vuelo de dicho UAV, teniendo dicho UAV los siguientes componentes montados en él:

- una cámara termográfica (14);
- un piranómetro (12);
- un receptor (13) del sistema de posicionamiento global (GPS); y
- un grabador de datos (16), adaptado para grabar datos de al menos el piranómetro y el receptor GPS durante el vuelo de dicho UAV;

en donde el piranómetro y el receptor GPS juntos forman un piranómetro de georreferencia.

2. Un UAV como el reivindicado en la reivindicación 1, que además tiene una cámara (15) de formación de imágenes visuales montada en él, y en donde la cámara termográfica y/o la cámara de formación de imágenes visuales tiene opcionalmente una funcionalidad de georreferencia, y en donde el grabador de datos está además opcionalmente adaptado para grabar datos de la cámara termográfica y/o de la cámara de formación de imágenes visuales.

3. Un UAV como el reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde el grabador de datos está además adaptado para comunicar los datos grabados a un dispositivo remoto durante el vuelo, y opcionalmente comunicar dichos datos grabados sobre una red de telecomunicaciones móviles por medio de una señal normal de GSM.

4. Un aparato para detectar y evaluar defectos en matrices (20) de paneles solares, comprendiendo dicho aparato un vehículo aéreo no tripulado (UAV) como el reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, y uno o más dispositivos remotos en comunicación con él.

5. Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 4, que comprende un UAV como el reivindicado en la reivindicación 2, y en donde dicho dispositivo remoto está además adaptado a recibir datos desde dicha cámara termográfica y/o dicha cámara de formación de imágenes visuales y/o dicho grabador de datos, y en donde dicho dispositivo remoto comprende un procesador adaptado para procesar dichos datos y para informar de los datos termográficos cruzados y de los datos de la radiación solar para un lugar dado referenciado GPS en una matriz de paneles solares, y opcionalmente procesar e informar de datos de formación de imágenes visuales para un lugar dado referenciado GPS.

6. Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 5, en donde dicho dispositivo remoto está además adaptado a procesar los datos de la radiación solar, para así corregir una radiación medida (E_m) recogida en el plano horizontal, con una radiación corregida (E_c) para permitir el ángulo de inclinación de los paneles solares (22) en una matriz.

7. Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 6, en donde dicho dispositivo remoto está además adaptado a procesar los datos termográficos registrados, para normalizar de este modo un gradiente de temperatura (ΔT_m) medido registrado en una radiación corregida (E_c) con un gradiente de temperatura normalizado (ΔT_n) a una radiación normal de 1.000 W/m^2.

8. Un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que comprende un dispositivo remoto adaptado para transmitir datos de una ruta de vuelo (24) predeterminado a dicho medio de control.

9. Un método para detectar y evaluar los defectos en una matriz de paneles solares usando un vehículo aéreo no tripulado (UAV) como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo dicho método la realización de los pasos de:

(i) representar en un mapa la situación de los paneles en una matriz solar;

(ii) utilizar los datos representados recogidos en el paso (i) para generar una ruta de vuelo del punto de referencia óptimo para dicho UAV;

(iii) transmitir los datos de la ruta de vuelo del punto de referencia óptimo generados en el paso (ii) al medio de control de dicho UAV; y

(iv) hacer volar dicho UAV sobre dicha matriz solar usando la ruta de vuelo del punto de referencia óptimo, mientras simultáneamente se registran al menos los datos de formación de imágenes termográficos y los datos de radiación solar y de GPS.

y por lo tanto:

(v) procesar los datos registrados y grabados en el paso (iv) para identificar e informar de los paneles defectuosos por el gradiente de temperatura, con los datos de la radiación solar, y los datos de imágenes termográficas y los de situación del GPS cruzados.

10. Un método como el reivindicado en la reivindicación 9 , que usa un UAV como el reivindicado en la reivindicación 2, en donde los datos de formación de imágenes visuales son también registrados en el paso (iv), y en donde los pasos procesados en el paso (v) incluyen los datos de imágenes visuales del paso (iv).

11. Un método como el reivindicado en la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en donde el paso (v) incluye datos del procesamiento de los datos de la radiación solar registrados, para de este modo corregir una radiación medida (E_m) recogida en el plano horizontal, a una radiación corregida (E_c) para permitir el ángulo de inclinación de los paneles solares en una matriz.

12. Un método como el reivindicado en la reivindicación 11, en donde el paso (v) incluye además unos datos termográficos registrados de procesamiento, para normalizar así un gradiente de temperatura (ΔT_m) en una radiación corregida (E_c) a un gradiente de temperatura normalizado (ΔT_n) en una radiación normal de 1.000 W/m^2.

13. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que usa el aparato reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en donde los datos de formación de imágenes termográficos y visuales registrados en el paso (iv), y los datos de la radiación solar y de GPS grabados en el paso (iv) son transmitidos a un dispositivo remoto.

14. Un método como el reivindicado en la reivindicación 13, en donde la generación y transmisión del vuelo de punto de referencia óptimo en los pasos (ii) y (iii), y el procesamiento y el análisis en el paso (v) son realizados usando dicho dispositivo remoto.

FIGURA 1

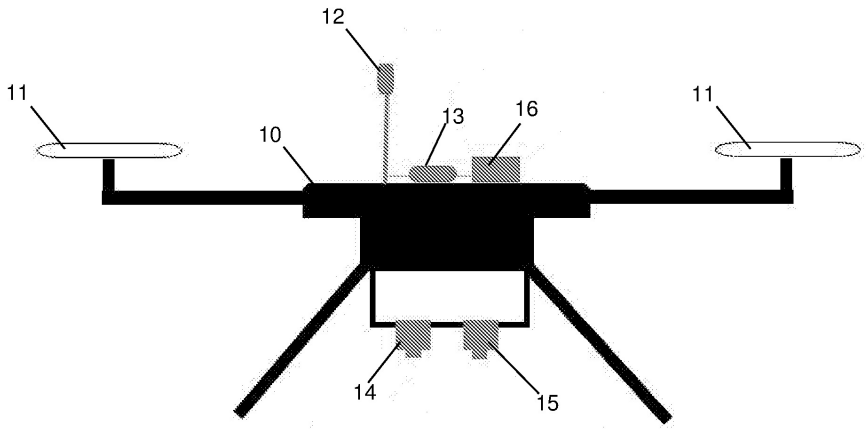
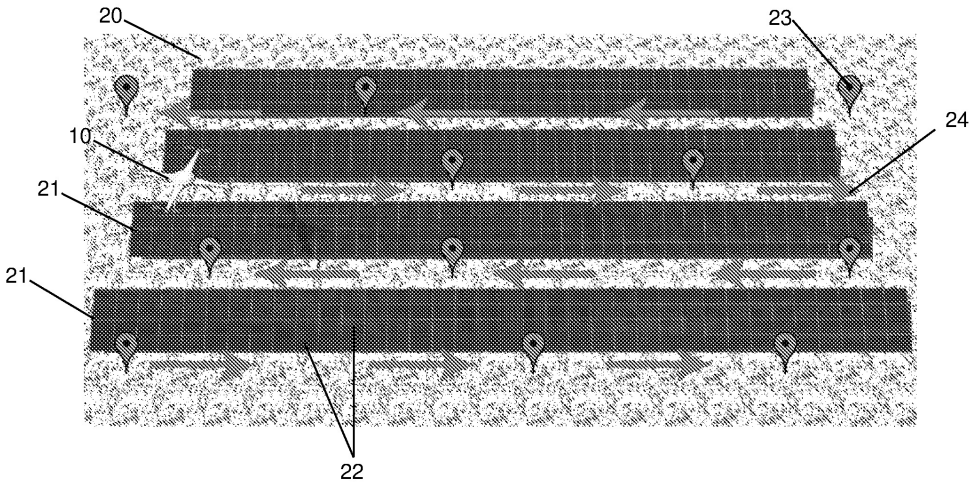
FIGURA 2