

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 230**

51 Int. Cl.:

H02S 20/32

(2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2019** **PCT/EP2019/063764**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2019** **WO19229041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2019** **E 19726018 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022** **EP 3804122**

54 Título: **Método para reducir las sombras en una planta fotovoltaica**

30 Prioridad:

28.05.2018 EP 18382368

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

18.05.2022

73 Titular/es:

SOLTEC ENERGÍAS RENOVABLES, SL (100.0%)
C/ Gabriel Campillo s/n, Pol. Industrial La Serreta
30500 Molina de Segura (Murcia), ES

72 Inventor/es:

MUÑOZ BENAVENTE, IRENE;
GUERRERO PÉREZ, JAVIER y
TERUEL HERNÁNDEZ, JOSE ALFONSO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 911 230 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para reducir las sombras en una planta fotovoltaica

5 Campo técnico

La presente invención divulga un método que implementa un algoritmo para eliminar o reducir significativamente las sombras entre dos o más seguidores solares, generalmente, cerca en un área determinada, de una planta solar fotovoltaica (FV) para aumentar al máximo la producción eléctrica (eficiencia energética) de cada seguidor solar independiente y/o la planta solar fotovoltaica, manteniendo dicho nivel de eficiencia por encima de un umbral predeterminado mediante la determinación de un ángulo de inclinación óptimo de cada seguidor solar para cualquier instante entre la salida y la puesta del sol (también conocida como atardecer), evitando o reduciendo al mínimo las sombras entre los paneles asociados a los seguidores solares.

15 En el presente documento, el término "planta solar fotovoltaica" debe entenderse como sinónimo de central fotovoltaica, parque solar, granja solar, instalación fotovoltaica o sistema fotovoltaico, siendo todos estos términos conocidos en este campo específico y en uso.

El uso de los términos "sombra" "sombras" o "formación de sombra" y "formación de sombras" debe entenderse aquí con un significado equivalente, y puede usarse a lo largo del presente documento.

Asimismo, la abreviatura (o las siglas) "FV" se puede(n) utilizar a lo largo del presente documento en lugar del término "fotovoltaico".

25 Estado de la técnica

En las últimas décadas, el uso de recursos energéticos renovables, sostenibles y verdes ha aumentado sustancialmente, lo que ha dado lugar al desarrollo de plantas solares fotovoltaicas (FV) de mediana a gran escala, las cuales se han convertido en una fuente alternativa para la generación de electricidad, además de las fuentes principales habituales, incluida la energía nuclear o el uso de combustibles fósiles y sus derivados.

Estas plantas suelen tener una pluralidad de seguidores solares dispuestos en filas paralelas adyacentes, a una distancia predeterminada dada, en donde cada fila comprende un número predeterminado de seguidores solares coalineados, alrededor de un eje norte-sur.

Una de las principales preocupaciones con respecto al diseño y a la instalación de plantas fotovoltaicas son los efectos que las sombras pueden tener tanto en la eficiencia parcial o total de los seguidores solares individuales como en la propia planta fotovoltaica. Las sombras se suelen producir debido a la proximidad entre seguidores solares, principalmente dispuestos de forma adyacente, para aumentar al máximo el uso del terreno disponible, así como el ángulo de inclinación particular de cada seguidor solar, cuyo panel puede proyectar una sombra en ciertas partes de los seguidores solares adyacentes circundantes, durante ciertos períodos de tiempo mientras van siguiendo al sol.

Por lo tanto, se han desarrollado varios métodos y sistemas diferentes para recolocar la pluralidad de seguidores solares a fin de evitar la formación de sombras en una planta fotovoltaica, por ejemplo, a partir del documento US 4.215.410 A, se conoce el uso de un controlador para controlar los medios de accionamiento (motor) de un dispositivo de energía solar (es decir, un seguidor solar) para mantener dicho dispositivo de energía solar orientado hacia el sol, en donde el controlador comprende medios de procesamiento centrales y una memoria para almacenar un programa para controlar las funciones de los medios de procesamiento, así como datos que incluyen primeros datos de posición y medios para proporcionar datos adicionales tales como: día del año, hora y la latitud/longitud donde se encuentra el dispositivo. De acuerdo con dichos datos adicionales, el programa almacenado en la memoria determina nuevos segundos datos de posición para el seguidor solar y la cantidad de movimiento requerido para mover dicho seguidor solar hacia la nueva posición.

Sin embargo, el programa almacenado no tiene en cuenta los factores de formación de sombras entre dispositivos.

Por otro lado, el documento US 8.076.625 B2 divulga un sistema de control y un método en el que un controlador de seguimiento a nivel de campo en comunicación con seguidores solares dispuestos en un campo de energía solar recibe datos sobre la ubicación y las dimensiones físicas de los seguidores solares y su disposición electrónica y controla su posición. El controlador de seguimiento tiene un algoritmo almacenado en un dispositivo de almacenamiento que permite al controlador calcular y determinar una configuración que permite una suma mejorada de las salidas de energía potencial de los seguidores solares, teniendo en cuenta también los patrones de sombra que pueden producirse como consecuencia de las estructuras cercanas, incluidos los seguidores solares adyacentes.

El documento CN 103149947 B divulga un método de seguimiento solar antisombra que comprende una pluralidad de etapas, en el que en una de esas etapas se introduce la cantidad de sombras entre filas adyacentes en un algoritmo para determinar el ángulo de inclinación óptimo de los seguidores solares.

En "Diseño de una instalación fotovoltaica conectada a red de 15 MWn en Longreach, Australia" Volodymyr Koziy menciona un sistema de retroseguimiento para evitar la formación de sombras que se produce a primera y última hora del día cuando las sombras pueden superar la distancia de separación de los seguidores de unos 6 metros, e indica que el sistema permite un seguimiento no óptimo de la inclinación en favor de evitar la formación de sombras en el módulo, pero no proporciona más detalles sobre dicho sistema de retroseguimiento en dicho documento.

El documento KR101746117 divulga un método de retroseguimiento para un módulo solar, que incluye un receptor de información satelital y, más particularmente, se refiere a un método de seguimiento inverso para un módulo solar que puede reducir la eficiencia de generación de energía calculando el ángulo de rotación del panel solar y en donde cada grupo de paneles solares gira hacia adelante y hacia atrás. El sistema permite un seguimiento no óptimo de la inclinación a favor de evitar la formación de sombras en el módulo.

El documento CN203465601 U se refiere a un seguidor solar y a un novedoso sistema de seguimiento solar plano de un solo eje. El sistema consiste en tres o más seguidores solares, comprendiendo cada seguidor solar dos columnas, cuatro componentes de sensor y la instalación de paneles solares. El documento divulga un método antiseguimiento basado en dos estados. En el primero, todos los seguidores solares giran en respuesta a la iluminación de un sensor en el lado este del seguidor solar más hacia el este y, después, se introducen correcciones en los otros seguidores solares cuando un sensor superior de otros seguidores solares en el lado este esté iluminado. El otro es similar, pero a la inversa, ya que todos los seguidores solares giran hacia el oeste antes de la puesta de sol.

La empresa Nextracker divulga las especificaciones técnicas del producto "NEXT HORIZON" en su sitio web: https://www.nextracker.com/wp-content/uploads/2017/12/NXHorizon120.Brochure_April2017.pdf. Adicionalmente, la misma empresa Nextracker divulga las especificaciones técnicas del producto "TRUE CAPTURE" en su sitio web: https://www.nextracker.com/wp-content/uploads/2017/07/NEXT_SellSheet_TrueCapture_FINAL0717.20.pdf. Ambos sistemas NEXT HORIZON y TRUE CAPTURE se enmarcan en el (retro)seguimiento solar en terrenos irregulares.

El documento US2015/0377518 se refiere a soluciones para mitigar los problemas que surgen en los seguidores solares que tienen un tubo de torsión que está sujeto a un desplazamiento angular a lo largo de la longitud del tubo de torsión (es decir, pendiente mecánica) debido al impacto térmico.

El sitio web <https://www.lfb.rwthachen.de/bibtexupload/pdf/DS12a.pdf> divulga un trabajo de Dorian Schneider relacionado con los algoritmos de control para seguidores fotovoltaicos de un solo eje a gran escala, en donde se habla de un algoritmo para seguidores SAT que tiene en cuenta la inclinación del terreno.

Bruno Nascimento y otros autores analizan un algoritmo de retroseguimiento para seguidores solares de un solo eje instalados en un campo en pendiente en el sitio web https://www.researchgate.net/publication/292145284_Backtracking_Algorithm_for_Single-Axis_Solar_Trackers_installed_in_a_sloping_field

A la luz del estado de la técnica disponible, el problema relacionado con reducir o eliminar las sombras en las plantas solares sigue sin resolverse cuando la planta solar se despliega en terrenos irregulares.

Breve descripción de la invención

La presente invención, definida en la reivindicación 1, divulga un método para reducir las sombras entre seguidores solares cercanos de una planta solar fotovoltaica (FV), determinando un ángulo de inclinación óptimo para cada seguidor solar, manteniendo la producción o eficiencia energética eléctrica por encima de un umbral predeterminado.

El método descrito en el presente documento pretende mejorar las prácticas actualmente conocidas en el estado de la técnica controlando y determinando el ángulo de inclinación óptimo de cada seguidor solar incluido en la planta fotovoltaica de forma individual, mediante el uso de un algoritmo que reduce o elimina las sombras entre los seguidores solares, mientras van siguiendo al sol, y manteniendo la eficiencia global (producción de electricidad) de los seguidores solares individuales y/o de la planta fotovoltaica por encima de un umbral predeterminado teniendo en cuenta las irregularidades del terreno que afectan a las filas y columnas de los seguidores solares y, en particular, teniendo en cuenta las pendientes.

En una de las disposiciones más comunes, la planta fotovoltaica comprende una pluralidad de seguidores solares (en general, de gran dimensión, por ejemplo 45 metros de largo por cuatro metros de ancho, soportados en dos o más soportes verticales) dispuestos en filas paralelas adyacentes en una dirección norte-sur (N-S), en donde cada seguidor solar está compuesto por uno o más paneles fotovoltaicos conectados eléctricamente en serie, en paralelo o en una combinación de ambos. Las filas paralelas adyacentes de la planta fotovoltaica se colocan a una distancia regular predeterminada dada, en donde la distancia regular predeterminada puede ser constante en toda la extensión de la planta fotovoltaica o bien la distancia entre filas puede variar. Cada fila está formada por un conjunto o número predeterminado de seguidores solares coalineados a una distancia muy cercana entre sí a lo largo de la fila, por ejemplo, de 40 cm. Los seguidores solares de la planta fotovoltaica son seguidores de un solo eje, preferiblemente, seguidores horizontales de un solo eje (HSAT), aunque también se pueden utilizar otros tipos de seguidores de un

solo eje o de dos ejes.

Además de estar formado por uno o más paneles fotovoltaicos, cada seguidor solar de cada fila incluye un accionador, u otro medio o mecanismo equivalente, y un controlador de seguidor asociado a cada seguidor solar que le permite girar de forma independiente, respecto al resto de seguidores solares de la misma fila, alrededor de un eje norte-sur mientras sigue la posición del sol en cualquier instante de tiempo entre el amanecer y el atardecer. Esta característica de los seguidores solares hace posible que cada seguidor solar adopte en un momento determinado un ángulo determinado, que puede ser diferente al ángulo de los seguidores solares adyacentes en una fila o columna. Además de esto, cada seguidor solar incorpora un controlador asociado.

La solución adoptada de acuerdo con esta invención consiste en implementar la función de retroseguimiento de la planta fotovoltaica por medio de un sistema de control que establece una comunicación bidireccional, mediante el uso de una red de comunicación, entre el controlador del seguidor asociado al accionador de cada seguidor solar y una unidad de control central que controla la planta fotovoltaica y realiza los cálculos de forma centralizada. Esta lógica parece estar mejor alineada con la estrategia operativa de las plantas fotovoltaicas a gran escala. En una realización preferida, el sistema de control utilizado es preferentemente un sistema de control SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, o "control de supervisión y adquisición de datos"), sin embargo, se puede utilizar cualquier otro sistema de control adecuado, y la red de comunicación utilizada para permitir la comunicación bidireccional entre la pluralidad de controladores de seguimiento y la unidad de control central se selecciona de un grupo que comprende: una red de comunicaciones híbrida RS-485 y por radio o una red de comunicaciones por de malla completa. A continuación, el SCADA calcula, de manera centralizada, la posición de cada uno de los seguidores cada vez y es capaz, a través de un comando específico, de asignar un ángulo específico a cada controlador de seguimiento. Esto reduce el riesgo de formación de sombras, especialmente en terrenos muy irregulares.

Por lo tanto, de acuerdo con esta invención, la unidad de control central de la planta fotovoltaica incluye un procesador que ejecuta un algoritmo almacenado en el mismo que implementa un método de control centralizado con etapas consecutivas en el que se determinan los ángulos de inclinación óptimos para cada seguidor solar en cualquier instante de tiempo para evitar la formación de sombras.

Hay que tener en cuenta que cada seguidor solar incluye varios módulos fotovoltaicos conectados en serie. Esto significa que una sombra parcial, incluso de muy pequeña extensión, afecta a toda la serie. El objeto de esta invención es evitar cualquier tipo de sombra.

Antes de que puedan comenzar las etapas del método con los datos, tanto constantes como variables de cada seguidor solar, hay que determinar el ángulo de inclinación óptimo (β) para cada seguidor solar en cada fila.

Una vez que los datos han sido introducidos en el algoritmo, se puede proceder a determinar la información adicional necesaria, como un ángulo de elevación solar (μ) o un ángulo acimutal solar (Az).

Los datos constantes introducidos en el algoritmo incluyen datos que no están sujetos a ninguna variación, como dimensiones de cada uno de los seguidores solares (ancho de seguimiento, longitud de seguimiento y altura de seguimiento), distancias entre seguidores solares (como la distancia de un seguidor solar a seguidores solares en filas paralelas contiguas o entre seguidores solares dispuestos en la misma fila), una ubicación GPS, latitud, longitud y coordenadas de altitud del seguidor solar y un huso horario relativo a dicha ubicación GPS del seguidor solar. Un aspecto importante de la propuesta de esta invención se refiere a la consideración adicional dentro de estos datos constantes del ángulo de pendiente (α) del terreno entre seguidores solares adyacentes. El método considera los ángulos de pendiente (α) a lo largo de una dirección este-oeste u oeste-este y los ángulos de pendiente a lo largo de una dirección norte-sur y sur-norte.

Por otro lado, los datos variables introducidos en el algoritmo incluyen datos como la posición del sol para cualquier instante de tiempo entre la salida y la puesta de sol (ángulos acimutal, cenital y de elevación solar) y el ángulo de inclinación actual (β) de los seguidores solares, para cualquier momento en el tiempo.

El uso del ángulo de pendiente (α) suele ser necesario para que el algoritmo determine el valor del ángulo de inclinación (β) óptimo de cada seguidor solar en plantas fotovoltaicas instaladas sobre terrenos irregulares, debido a que la pluralidad de seguidores solares se encuentra a diferentes alturas, ya que el terreno entre seguidores solares adyacentes tiene pendientes y, por tanto, para determinar el valor óptimo del ángulo de inclinación (β), el algoritmo utiliza al menos un ángulo de pendiente (α) relativo a la disposición de los seguidores solares y las características del terreno, como se ve en la FIG. 2b. El uso del ángulo de pendiente (α) podría descartarse en aquellos casos en los que la planta fotovoltaica se instale sobre un terreno relativamente plano, como se ve en la FIG. 2a.

De acuerdo con los datos variables introducidos en el algoritmo, si el valor del ángulo de elevación solar (μ) es 0° , entonces los seguidores solares están en modo nocturno, lo que indica que todavía es de noche y el sol todavía no ha salido por el horizonte y, por lo tanto, el algoritmo no puede determinar un ángulo acimutal solar (Az) relativo a la posición del sol, hasta que el valor del ángulo de elevación solar (μ) sea un valor superior a 0° .

En función del resultado determinado por el algoritmo respecto al valor del ángulo acimutal solar (Az), el algoritmo procede luego a operar en un primer modo, definido como "matutino" establecido entre la salida del sol y el mediodía, en el que la trayectoria del sol es ascendente, o un segundo modo, definido como "vespertino" el conjunto comprendido entre el mediodía y la puesta del sol en el que la trayectoria del sol es descendente en función de la posición de los seguidores solares contiguos (en la misma fila o columna) y que tiene en cuenta la diferencia de altura entre los seguidores solares implicados, es decir, la pendiente del terreno tanto en dirección este-oeste (FIG. 2b) como en dirección norte-sur.

El primer modo de funcionamiento ("matutino") del método de la invención se realiza cuando el valor del ángulo acimutal solar (Az) es inferior o igual a 180° , entonces, los seguidores solares deben estar orientados en dirección este para mirar hacia el sol, mientras que el segundo modo de funcionamiento ("vespertino") se realiza cuando el valor del ángulo acimutal solar (Az) es superior a 180° , entonces, los seguidores solares deben estar orientados en dirección oeste para mirar hacia el sol. A continuación, el método pasa a dividir o distribuir la pluralidad de seguidores solares dispuestos en filas paralelas adyacentes en una pluralidad de columnas paralelas en dirección este-oeste (E-O), y viceversa, de modo que cada columna incluya seguidores solares paralelos adyacentes de cada fila y, seguidamente, se introduce la posición y el número de columnas, de modo que la información de los seguidores solares de cada columna se introduzca por pares de seguidores solares, desplazando toda la columna en una u otra de las direcciones indicadas.

En una realización preferida, el método de la invención proporciona un recorrido por todas las columnas de la planta solar en un periodo de tiempo comprendido entre 3 y 20 segundos.

Una vez introducida la información relativa a estas nuevas columnas de seguidores solares, determinar el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para cada seguidor solar, el cual está limitado a un valor máximo establecido entre -90° y $+90^\circ$ con una tolerancia o margen de error de $\pm 2^\circ$. El valor preferido del valor óptimo del ángulo de inclinación (β) se encuentra entre -60° y $+60^\circ$, sin embargo, estos valores no son limitativos y pueden variar.

Si el procesador de la unidad de control central está funcionando en dicho primer modo de funcionamiento ("matutino"), el método de la invención comprende definir el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) del seguidor solar más hacia el oeste de cada columna, y luego determina el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para cada uno de los seguidores solares restantes de cada columna para evitar la formación de sombras entre los seguidores solares de las mismos.

Mientras tanto, si el procesador de la unidad de control central está funcionando en el segundo modo de funcionamiento ("vespertino"), el método de la invención comprende definir el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) del seguidor solar más al este de cada columna, y luego determina el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para cada uno de los seguidores solares restantes en cada columna para evitar la formación de sombras entre los seguidores solares de las mismos.

Cabe señalar que, cuando el algoritmo determina inicialmente el valor óptimo del ángulo de inclinación (β), para cualquier instante de tiempo, una alternativa sería comenzar con cada uno de los seguidores solares más al este en el primer modo de funcionamiento y cada uno de los seguidores solares más al oeste en el segundo modo de funcionamiento.

De acuerdo con la invención, una vez determinado el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para el primer seguidor solar de cada columna, a continuación, el procesador calcula sucesivamente la determinación del ángulo de inclinación óptimo de los seguidores solares restantes de cada columna.

En las realizaciones que abarcan un terreno muy empinado, el valor límite para el ángulo de inclinación (β) necesario para evitar la formación de sombras en un seguidor siguiente puede dar como resultado una orientación del seguidor en oposición al sol. En este caso, se asignará una posición de emplazamiento para ese seguidor calculando la posición de los seguidores restantes en la misma columna. A continuación, los cálculos se realizarán en orden inverso.

Como se ha explicado anteriormente, el método de la invención también tiene en cuenta el ángulo de pendiente (α) entre seguidores adyacentes en una misma fila. Además, una vez que los seguidores se han colocado en columnas dadas, pueden aparecer sombras, en este caso, se puede añadir un seguidor virtual y, a partir de ese seguidor virtual, se realiza un nuevo cálculo del ángulo de inclinación (β) óptimo para cada uno de los seguidores solares restantes en cada columna. Además de permitir una determinada cantidad de sombras, en una realización preferida, cuando se determinan los respectivos ángulos de inclinación (β) óptimos para cada seguidor solar en cada columna, en el modo de funcionamiento "matutino" o en el modo de funcionamiento "vespertino", el método puede comprender, además, ajustar o corregir el valor del ángulo de inclinación (β) óptimo teniendo en cuenta la proyección de la sombra de los seguidores solares de las filas adyacentes inmediatas y, por lo tanto, se ajusta aún más el ángulo de inclinación (β) óptimo de cualquiera de los seguidores solares de una columna determinada. Cabe señalar que este ajuste o corrección del valor del ángulo de inclinación óptimo (β) se puede aplicar cuando la pluralidad de columnas en la dirección E-O están o bien coalineadas o no coalineadas.

En una realización preferente alternativa, el método de la invención puede comprender ajustar o corregir el valor del ángulo de inclinación (β) óptimo, en lugar de que el algoritmo tenga en cuenta la proyección de la sombra de los seguidores solares de las filas adyacentes inmediatas, el ángulo de inclinación (β) óptimo de cualquiera de los seguidores solares de una columna dada se ajusta aún más teniendo en cuenta la proyección de la sombra correspondiente a los seguidores solares dentro de un área predeterminada que rodea a cada seguidor solar, para determinar el ángulo de inclinación (β) óptimo para cada seguidor solar.

Se entenderá que las referencias a la posición geométrica, como paralelo, perpendicular, tangente, etc. permiten desviaciones de hasta $\pm 5^\circ$ de la posición teórica definida por esta nomenclatura.

Otras características de la invención se desprenden de la siguiente descripción detallada de una realización.

Breve descripción de las figuras

Las ventajas y características anteriores y las que se expongan adicionalmente se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de una realización, con referencia a los dibujos adjuntos, que deben interpretarse de manera enunciativa y no limitativa, y en los que:

- la FIG. 1 ilustra el diseño general de una planta solar fotovoltaica vista desde arriba;
- la FIG. 2a y la FIG. 2b ilustran, respectivamente, una planta solar fotovoltaica en terreno relativamente plano y en terreno irregular; y
- la FIG. 3a y la FIG. 3b ilustran una parte de una planta solar fotovoltaica vista desde arriba en la que las columnas paralelas de seguidores solares están dispuestas en una configuración coalineada o no coalineada, respectivamente.

Descripción detallada de una realización

Las ventajas y características anteriores y las que se expongan adicionalmente se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de una realización, con referencia a los dibujos adjuntos, que debe interpretarse con carácter enunciativo y no limitativo, y en los que:

La FIG. 1 ilustra un esquema general de una planta solar fotovoltaica 1, vista desde arriba, que incluye una pluralidad de seguidores solares 2 dispuestos en filas 4 y columnas 5 paralelas adyacentes a una distancia predeterminada dada (d) entre seguidores solares adyacentes 2 en las filas 4 y a una distancia predeterminada (D) entre seguidores solares adyacentes 2 en las columnas 5; en donde cada fila 4 comprende un número predeterminado de seguidores solares coalineados 2, alrededor de un eje norte-sur 8. Cada seguidor solar 2 de cada fila 4 incluye un accionador que permite que el seguidor solar 2 gire de forma independiente, respecto de otros seguidores solares 2, alrededor de dicho eje norte-sur 8. Cada seguidor solar 2 incluye uno o más paneles fotovoltaicos 3.

La planta fotovoltaica 1 incluye un sistema de control que comprende una red de comunicación 7 que permite una comunicación bidireccional entre cada uno de los controladores de seguidores asociados al accionador de cada seguidor solar 2 y una unidad de control central 6 que controla la planta fotovoltaica 1.

La unidad de control central 6 incluye al menos un procesador 61 y una memoria 62 para almacenar un algoritmo ejecutable y datos relativos a la planta fotovoltaica 1. Cuando el algoritmo es ejecutado por el procesador 61, la pluralidad de filas paralelas 4 de seguidores solares 2 se divide en una pluralidad de columnas 5 en dirección este-oeste (E-O), de modo que cada columna 5 incluya seguidores solares paralelos adyacentes 2 de cada fila 4.

La FIG. 2a y la FIG. 2b ilustran una planta solar fotovoltaica 1 tanto en un terreno relativamente plano como en un terreno irregular, para comprender mejor el uso de los ángulos de pendiente (α), no mostrados en las figuras, para su introducción en el algoritmo, como ángulos de pendiente α_o en dirección oeste y/o ángulos de pendiente α_e en dirección este, para determinar el ángulo de inclinación (β) óptimo de los seguidores solares 2 en una columna 5, en donde los seguidores solares adyacentes 2 en la columna 5 están a una distancia predeterminada D.

La FIG. 3a y la FIG. 3b ilustran, respectivamente, una porción de una planta solar fotovoltaica 1, vista desde arriba, en la que las filas paralelas 4 de seguidores solares alineados 2 se dividen o distribuyen en columnas paralelas 5 de seguidores solares 2, de modo que estas columnas 5 de seguidores solares 2 estén dispuestas en configuración coalineada (FIG. 3a) o no coalineada (FIG. 3b), respectivamente, de acuerdo con la disposición de la planta fotovoltaica 1 sobre la extensión del terreno en el que se haya instalado.

Por lo tanto, la FIG. 3a y la FIG. 3b son útiles para comprender ciertas modificaciones que pueden agregarse al método de la invención, en donde el ángulo de inclinación (β) óptimo de cualquiera de los seguidores solares 2 de una determinada columna 5 se ajusta aún más teniendo en cuenta la proyección de la sombra de los seguidores solares 2 de las filas 4 inmediatamente adyacentes.

Por ejemplo, tanto en la FIG. 3a como en la FIG. 3b, si el seguidor solar 2a está actualmente en el proceso de modificar su posición para lograr su ángulo de inclinación (β) óptimo según lo determinado, el método de la invención también tendrá en cuenta la proyección de la sombra proyectada por los seguidores solares 2b de las filas adyacentes inmediatas 4a y 4b hacia el este y el oeste respectivamente, y sus seguidores solares adyacentes inmediatos 2c colocados en dirección norte-sur a los seguidores solares 2b de su misma fila 4a y 4b.

Como se ha expuesto anteriormente, la pluralidad de columnas 5 de seguidores solares 2 en la dirección este-oeste puede estar coalineada o no coalineada, como se ve en la FIG. 3a y en la FIG. 3b, respectivamente.

- 5
- 10 En otra realización preferida del método de la invención en la que uno de los seguidores solares 2 en la columna 5 se coloca cara al sol, el método comprende, además, asignar una posición de emplazamiento a dicho seguidor solar 2 colocado cara al sol, y calcular el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) del resto de seguidores solares 2 en la columna 5 de dicho seguidor solar 2, cuya posición de emplazamiento se asignó en la etapa anterior.
- 15 Las realizaciones descritas en el presente documento abarcan aquellas situaciones en las que las filas 4 y las columnas 5 se completan con seguidores solares 2 que definen una matriz regular, esto significa que no se encuentran huecos ni faltan seguidores solares 2 en la disposición prevista en la planta fotovoltaica 1, lo que se traduce en un valor no constante de al menos una de las distancias (D, d) entre seguidores solares adyacentes 2. En este mismo caso, el método de la invención prevé añadir un seguidor solar virtual 2 integrando paneles fotovoltaicos 3 y calcular
- 20 el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para cada uno de los seguidores solares 2 restantes en cada columna 5, a partir del valor óptimo del ángulo de inclinación (β) de ese seguidor solar virtual 2.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reducir las sombras en una planta fotovoltaica (1), comprendiendo dicha planta fotovoltaica (1):

- 5 • una pluralidad de seguidores solares (2) dispuestos en:
 - ° filas paralelas (4) en donde cada fila (4) comprende un número predeterminado de seguidores solares coalineados (2) a una distancia predeterminada dada (d) entre los seguidores solares adyacentes (2) en la fila (4), alrededor de un eje norte-sur (8), y
 - 10 ° columnas paralelas (5) a una distancia predeterminada dada (D) entre los seguidores solares adyacentes (2) en la columna (5), en una orientación oeste-este o este-oeste, incluyendo cada columna (5) seguidores solares (2),
 - cada seguidor solar (2) de cada fila (4) incluye un accionador que permite que el seguidor solar (2) gire independientemente de los otros seguidores solares (2) de la fila (4) alrededor de dicho eje norte-sur (8), en donde cada seguidor solar (2) incluye un controlador de seguidor asociado;
 - uno o más paneles fotovoltaicos (3) integrados en cada seguidor solar (2); y
 - un sistema de control que comprende: una unidad de control central (6) que controla la planta fotovoltaica (1); y una red de comunicación (7) que permite una comunicación entre cada controlador de seguidor asociado a cada accionador de cada seguidor solar (2) y la unidad de control central (6), en donde la unidad de control central (6) comprende un procesador (61), estando configurado dicho procesador para:
 - ° dividir la pluralidad de filas paralelas (4) de seguidores solares (2) en la pluralidad de columnas (5) en una dirección este-oeste (E-O), de modo que cada columna (5) incluya seguidores solares adyacentes (2) paralelos de cada fila (4);
 - 25 ° determinar:
 - un valor de ángulo de inclinación (β) para cada seguidor solar (2) en cada fila (4) utilizando datos constantes y variables de cada seguidor solar (2);
 - 30 - un valor de ángulo de elevación solar (μ) de acuerdo con los datos variables, en donde dicho valor de ángulo de elevación solar (μ) es 0° cuando los seguidores solares (2) están en modo nocturno hasta que el valor de ángulo de elevación solar (μ) es superior a 0° ; y
 - un valor de ángulo acimutal solar (Az); y
 - 35 ° seleccionar entre:
 - un primer modo de funcionamiento cuando el valor de ángulo acimutal solar (Az) es inferior o igual a 180° , estando los seguidores solares (2) orientados en dirección este; y
 - 40 - un segundo modo de funcionamiento cuando el valor de ángulo acimutal solar (Az) es superior a 180° , estando los seguidores solares (2) orientados en dirección oeste; comprendiendo el método:
 - determinar un valor óptimo del ángulo de inclinación (β), para evitar la formación de sombras entre los seguidores solares (2), del seguidor solar (2) más hacia el oeste de cada columna (5) cuando el procesador (61) de la unidad de control central (6) está funcionando en dicho primer modo de funcionamiento, o el seguidor solar (2) más hacia el este de cada columna (5) cuando el procesador (61) de la unidad de control central (6) está funcionando en dicho segundo modo de funcionamiento, y
 - calcular, sucesivamente a lo largo de toda la columna (5), el valor óptimo del ángulo de inclinación (β), para evitar la formación de sombras entre los seguidores solares (2), consecutivamente para cada uno de los seguidores solares (2) restantes de cada columna (5) para evitar la formación de sombras entre los seguidores solares (2) de las mismas, en donde la determinación del ángulo de inclinación (β) comprende tener en cuenta los ángulos de pendiente (α) del terreno, a lo largo de una dirección este-oeste u oeste-este y a lo largo de una dirección norte-sur o sur-norte, estando definidos los ángulos de pendiente (α) entre seguidores solares adyacentes (2) dispuestos a diferentes alturas.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los datos constantes utilizados para determinar el ángulo de inclinación (β) óptimo comprenden:

- las dimensiones del seguidor solar (2),
- el ángulo de pendiente (α),
- las distancias (D, d) entre los seguidores solares (2) en filas (4) y columnas (5) paralelas respectivas contiguas,
- un huso horario relativo a dicha ubicación GPS del seguidor solar (2), y
- una ubicación GPS, latitud, longitud y altitud, del seguidor solar (2).

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde los datos variables utilizados para determinar el ángulo de inclinación (β) óptimo comprenden, además, datos relativos a la posición del sol en un momento determinado.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el ángulo de pendiente (α) entre los seguidores solares (2) es uno de:

- un ángulo de pendiente este (α_E) en donde el ángulo de pendiente (α) entre dos seguidores solares paralelos contiguos (2) está en dirección hacia el este, o
- un ángulo de pendiente oeste (α_O) en donde el ángulo de pendiente (α) entre dos seguidores solares paralelos contiguos (2) está en dirección hacia el oeste, o
- un ángulo de pendiente (α) norte-sur o un ángulo de inclinación (α) sur-norte entre seguidores solares (2) en una misma fila (4).

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ángulo de inclinación (β) está limitado a un valor máximo de ángulo de inclinación (β) definido entre -90° y $+90^\circ$, con un margen de tolerancia de entre -2° y $+2^\circ$.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el ángulo de inclinación (β) está limitado a un valor máximo de ángulo de inclinación (β) definido entre -60° y $+60^\circ$, con un margen de tolerancia de entre -2° y $+2^\circ$.

7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, si uno de los seguidores solares (2) de la columna (5) se coloca de cara al sol, el método comprende:

- asignar una posición de emplazamiento a dicho seguidor solar (2) colocado de cara al sol, y
- calcular el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) de los seguidores solares (2) restantes en la columna (5) de dicho seguidor solar (2), cuya posición de emplazamiento se asignó en la etapa anterior.

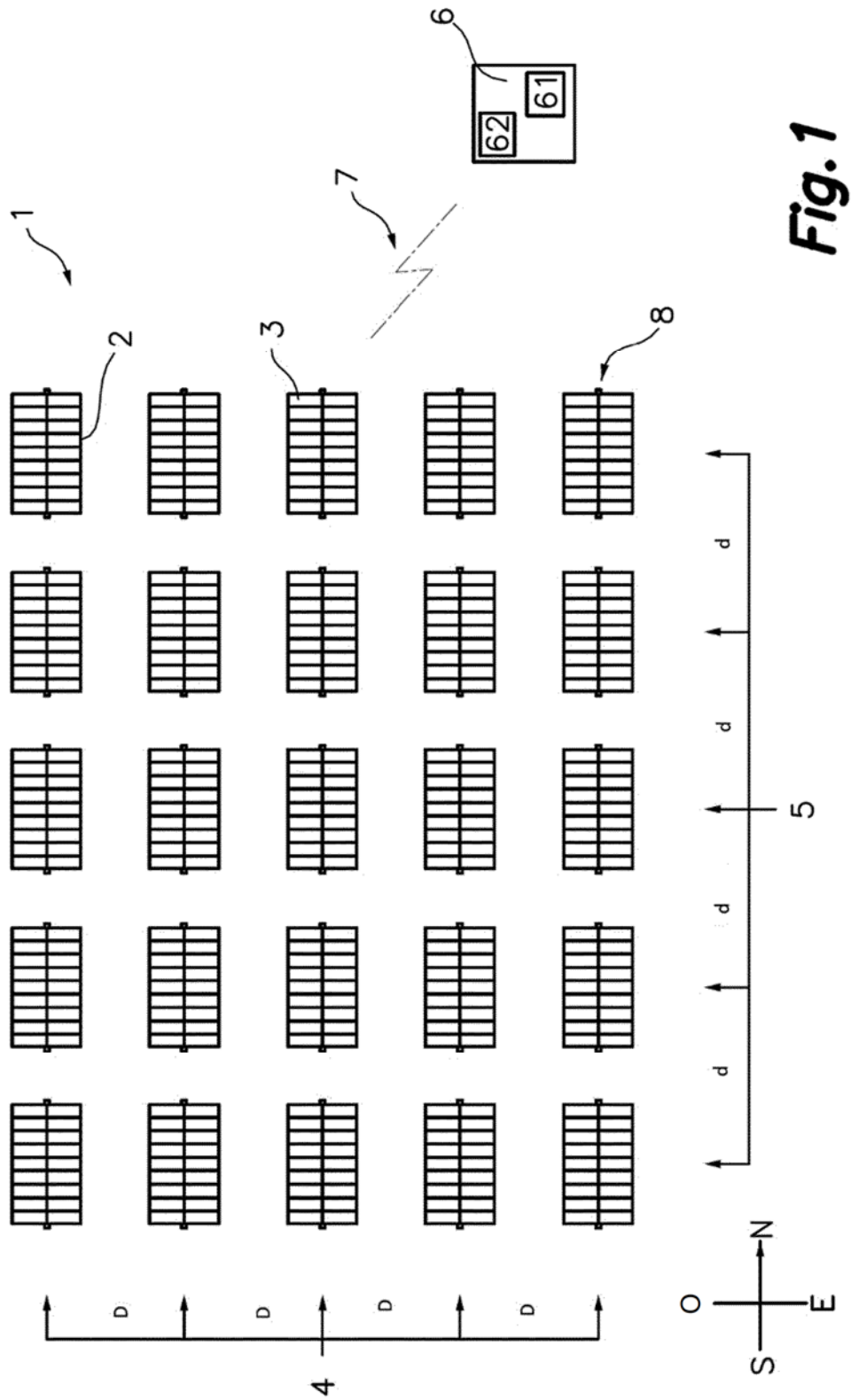
8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el valor de la distancia (D, d) entre seguidores solares adyacentes (2) no es constante, comprendiendo el método, además:

- añadir un seguidor solar virtual (2) que integre paneles fotovoltaicos (3), y
- calcular el valor óptimo del ángulo de inclinación (β) para cada uno de los seguidores solares (2) restantes en cada columna (5) a partir del valor óptimo del ángulo de inclinación (β) de dicho seguidor solar virtual (2).

9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el ángulo de inclinación (β) óptimo de cualquiera de los seguidores solares (2) se ajusta, además, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación (β) óptimo de cada seguidor solar adyacente (2).

10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la red de comunicación (7) entre la pluralidad de controladores de seguidores y la unidad de control central (6) es una red de comunicación bidireccional.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la red de comunicación (7) es una red de comunicación híbrida RS-485 híbrida y por radio o una red de comunicación por radio de malla completa.



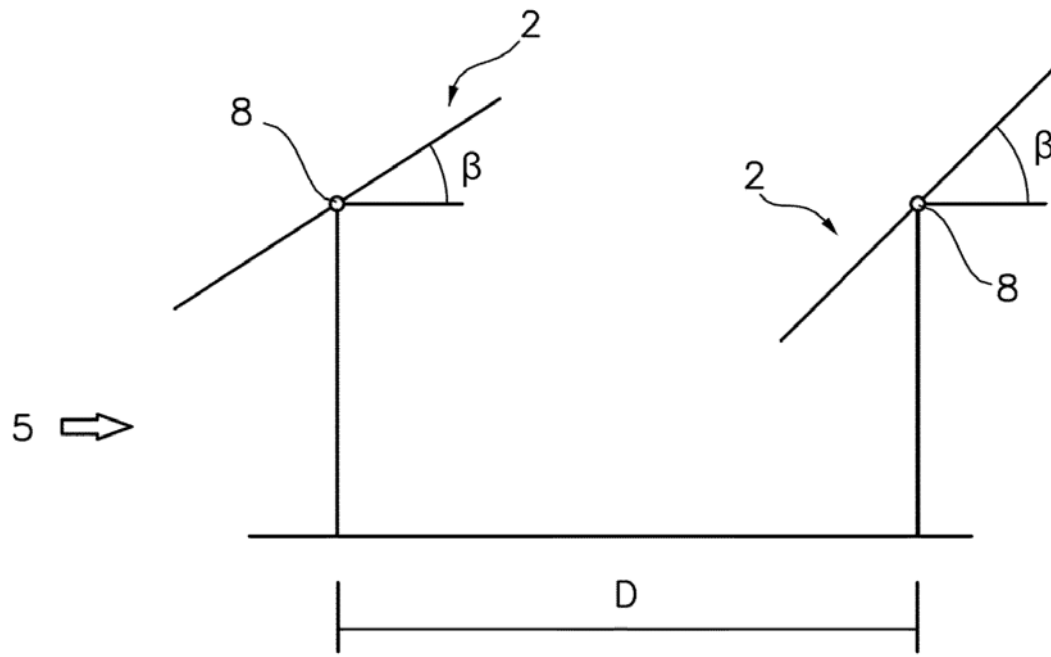


Fig. 2a

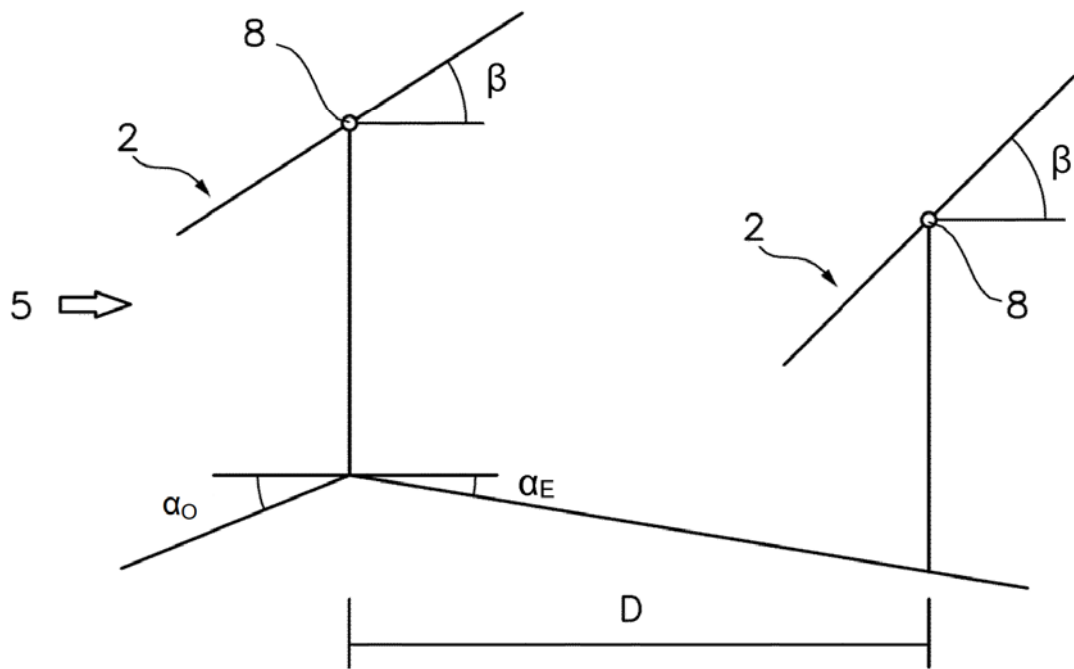


Fig. 2b

