

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 847**

21 Número de solicitud: 201431026

51 Int. Cl.:

**F24J 2/38** (2014.01)

12

## PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**08.07.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.02.2016**

Fecha de la concesión:

**14.11.2016**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**21.11.2016**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2015/000072**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA (100.0%)  
C/ Pedro Cerbuna, 12  
50009 Zaragoza (Zaragoza) ES**

72 Inventor/es:

**ALONSO ESTEBAN, Rafael;  
HERAS VILA, Carlos;  
PELAYO ZUECO, Javier;  
SALINAS ÁRIZ, Íñigo y  
SUBÍAS DOMINGO, Jesús**

74 Agente/Representante:

**TEMIÑO CENICEROS, Ignacio**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE CONTROL EN LAZO CERRADO PARA HELIOSTATOS EN CENTRALES TERMOSOLARES DE TORRE**

57 Resumen:

Sistema y método de control en lazo cerrado para heliostatos en centrales termosolares de torre.

La presente invención se refiere a un sistema y a un método de control, en tiempo real, de la orientación de los espejos de heliostatos pertenecientes a una central termosolar de torre. El sistema comprende, preferentemente, un módulo de generación de señales electromagnéticas moduladas dispuesto en uno o más heliostatos, que comprende un subsistema de modulación de la amplitud de dichas señales; un módulo de detección y procesamiento de dispuesto en la torre, que comprende un subsistema de análisis de la frecuencia de modulación de la amplitud de las señales electromagnéticas, donde dicho módulo de detección y procesamiento está localizado en la torre; y un módulo de comunicación entre el módulo de detección y procesamiento y uno o más subsistemas de orientación de los heliostatos. La invención proporciona un medio de control de orientación fiable y de sencilla implementación, que resulta de aplicación a centrales con un número elevado de heliostatos.

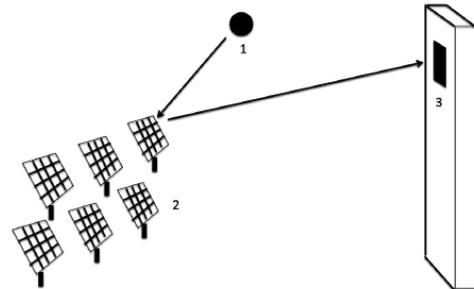


FIG. 1

ES 2 558 847 B1

**DESCRIPCIÓN**

**SISTEMA Y MÉTODO DE CONTROL EN LAZO CERRADO PARA HELIOSTATOS EN CENTRALES TERMOSOLARES DE TORRE**

5

**CAMPO DE LA INVENCIÓN**

La presente invención se encuadra dentro de las tecnologías de control de dispositivos de captación de energía solar, mediante sistemas de comunicación basados en principios ópticos. Más concretamente, la invención se refiere a un sistema y a un método de control, en tiempo real, de la orientación de los espejos de los heliostatos pertenecientes a una central termosolar de torre.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

15

Dentro del campo técnico relacionado con la obtención de energías renovables, es conocida la captación de energía solar térmica (conocida también como energía termosolar), que resulta de gran importancia tecnológica y económica tanto en ámbito doméstico como el industrial. Dentro de los medios de generación termosolar, son conocidos los sistemas de generación de energía solar termoeléctrica, que producen electricidad con un ciclo termoeléctrico que precisa del calentamiento de un fluido a alta temperatura, mediante la absorción de energía radiante. En este ámbito, en un gran número de sistemas de generación termoeléctrica se requiere maximizar la concentración de energía solar en el punto o puntos de absorción de la misma, mediante el uso de espejos orientados adecuadamente. No obstante, la necesidad de máxima concentración solar para un mejor aprovechamiento del recurso energético es común también a otros sistemas de generación de energía termosolar.

20

25

En el caso concreto de las tecnologías basadas en centrales de torre, existe un número alto de elementos reflectores o heliostatos (típicamente, centenares o miles según los tipos de instalaciones actuales), cada uno de los cuales necesita alinearse de manera precisa con una torre central donde se produce el calentamiento del fluido. En consecuencia, el rendimiento de una central de este tipo depende altamente de la correcta orientación de los heliostatos con relación a la torre. Dicha orientación depende de la posición del sol y, por tanto, idealmente debe ser modificada de forma continua, según la hora del día y también la época del año para un aprovechamiento energético óptimo.

30

35

En lo que respecta a los sistemas conocidos de alineamiento de heliostatos, es posible distinguir entre dos grandes grupos dependiendo de su modo de funcionamiento, dividiéndose comúnmente entre sistemas “de lazo abierto” y sistemas “de lazo cerrado”. Los sistemas de control de lazo abierto mueven los heliostatos de acuerdo a información previamente suministrada sobre la posición del sol en un momento dado, pero no reciben realimentación acerca de la efectividad real de ese alineamiento. En consecuencia, con ellos no es posible corregir errores en el alineamiento inicial de un heliostato, de forma que éstos se mantendrán, si no se produce intervención posterior, a lo largo del tiempo. Tampoco es posible utilizar estos sistemas para realizar la orientación inicial de la central termosolar en el momento de su puesta en marcha, por lo que habitualmente se recurre a la comprobación manual e individual de la posición del haz reflejado por cada uno de los heliostatos. Estos sistemas resultan muy lentos y costosos, y pueden llegar a ser inviables dada la tendencia actual a utilizar cada vez más heliostatos y de menor tamaño, donde una sola central solar puede tener varios miles de elementos reflectores a orientar.

Por su parte, en los sistemas de control en lazo cerrado, se proporciona en todo momento información actualizada de la posición real de los heliostatos al sistema encargado de su movimiento, lo que soluciona ambos problemas: es posible, por una parte, detectar y corregir cualquier desviación en la posición objetivo de un heliostatos y, además, realizar una alineación inicial de toda la central de manera prácticamente automática. El valor que esta aportación tiene en la explotación y mantenimiento de una instalación de producción de energía eléctrica termosolar es innegable.

Para que un sistema de control en lazo cerrado funcione de forma adecuada, es necesario que, en un instante determinado, el dispositivo que proporciona la información acerca de la orientación de un heliostato se comporte de manera similar al mismo. La orientación de interés, en consecuencia, no es tanto la de la superficie del heliostato en sí, sino la del haz de luz reflejado en él, que según la ley de Snell dependerá del ángulo de incidencia y, por tanto, de la posición del sol con respecto al espejo. Esto hace que los sistemas de control basados en una fuente de luz externa situada en el heliostato se vean, en sus realizaciones prácticas, limitados en cuanto al máximo aprovechamiento del recurso solar.

Otro requisito importante en un sistema de alineamiento para una central de torre es que debe ser capaz de controlar, de manera simultánea o prácticamente simultánea, un número elevado de elementos reflectores (varios cientos, o incluso miles), por lo que la señal que

proviene de cada uno de los heliostatos deberá incorporar algún sistema de marcado que permita distinguirla de otras muchas similares que proceden del resto de los espejos.

5 La mayoría de las patentes existentes relacionadas con el control de heliostatos en lazo cerrado se basa en la utilización de cámaras, bien situadas en el receptor de torre u otra posición conocida, para procesar la imagen proveniente de la reflexión de la luz en los espejos, o bien en el propio heliostato para deducir su posición y orientación. En este sentido, la solicitud de patente WO2011066190 y la patente CN102175066 utilizan la primera opción, situando una cámara o un conjunto de cámaras en el receptor y distintas  
10 técnicas para tratar de identificar qué parte de la imagen corresponde a cada espejo.

Por su parte, la solicitud de patente WO2009055624 divulga la utilización de dos cámaras situadas en posiciones bien determinadas hacia las que se dirige el heliostato a alinear. Una vez el heliostato apunta a la cámara, se redirige a la torre basándose en el conocimiento  
15 preciso de las posiciones relativas de la cámara y la torre. Este sistema exige desalinearse periódicamente los heliostatos, con la pérdida de rendimiento que ello supone, y requiere una determinación muy exacta de las posiciones relativas de todos los elementos implicados.

20 La solicitud de patente WO2008121335 describe un sistema en que la cámara está montada sobre el propio heliostato, que posee también un sistema de procesamiento de imagen para reconocer las posiciones del sol y la torre y orientar el espejo en consecuencia. Cada heliostato funciona de forma autónoma, por lo que este sistema no está limitado por el número de heliostatos ni precisa de coordinación centralizada. El principal problema de esta  
25 aproximación es el coste de incluir este sistema en cada elemento reflectante, más aún cuando la tendencia actual es utilizar cada vez mayor número de heliostatos y de menor tamaño. Asimismo, la solicitud de patente WO2005098327 describe un sistema similar al anterior, utilizando además unos blancos situados en posiciones conocidas, para determinar la orientación del heliostato.

30 Ninguno de los sistemas citados, ni otros semejantes divulgados en el estado de la técnica, cumplen los requisitos necesarios para el control en lazo cerrado y tiempo real de una central solar de torre con un número elevado de heliostatos, ya sea por coste, tiempo de medida o número de reflectores controlable.

35

En este contexto, la presente invención propone una solución a los problemas técnicos antes citados, a través de un novedoso sistema y un método de control en lazo cerrado que permiten su aplicación a cualquier cantidad de heliostatos, proporcionando una gran precisión en la orientación en tiempo real de sus espejos, con la consiguiente mejora en el aprovechamiento del recurso solar en centrales de torre.

## DESCRIPCIÓN BREVE DE LA INVENCIÓN

Un objeto de la presente invención es, pues, un medio de control de heliostatos para centrales de torre que resulte fiable, robusto y que sea generalizable a un número elevado de heliostatos, resolviendo así los principales problemas existentes en los sistemas del estado de la técnica.

Dicho objeto se realiza, preferentemente, mediante un sistema de control de heliostatos para centrales termosolares de torre que comprende:

- un módulo de generación de señales electromagnéticas moduladas, situado en al menos un heliostato y alineado con la superficie reflectante del mismo, que comprende uno o varios elementos reflectores auxiliares, externos a la superficie reflectante del heliostato y equipados con un subsistema de modulación de la amplitud de la luz reflejada en dichos elementos. Preferentemente, los elementos reflectores auxiliares de este módulo están orientados de acuerdo a la dirección de reflexión de la superficie reflectante del heliostato.

- un módulo de detección y procesamiento de las señales electromagnéticas moduladas provenientes del heliostato, que comprende un subsistema de análisis de la frecuencia de modulación de la amplitud de dichas señales, estando dicho módulo de detección localizado en o junto a la torre.

- un módulo de comunicación configurado para intercambiar información entre el módulo de detección y procesamiento y uno o más subsistemas de orientación del heliostato.

Se consigue con ello un sistema que, mediante la modulación de la luz emitida desde los heliostatos a la torre, con una frecuencia conocida y única para cada heliostato, permita identificar dicho heliostato de forma unívoca cuando la torre recibe la señal correspondiente en el módulo de detección y procesamiento. Como se verá a continuación, dadas las actuales tecnologías de modulación de señales, es posible obtener, en la práctica, un número casi ilimitado de frecuencias diferentes para las señales generadas, lo que se

traduce en un número de identificadores que permite adaptarse a cualquier dimensión de centrales termosolares de torre.

5 Otra de las ventajas y avances que aporta la presente invención es que los módulos generadores de señal pueden fabricarse e instalarse con un coste reducido, al no requerir cámaras ni sistemas de procesamiento de señal en cada heliostato. Este hecho es importante, dado que el número requerido de módulos de este tipo puede ser muy alto, tantos como el número de heliostatos de la central.

10 Una ventaja adicional de la invención es que permite realizar el control de lazo cerrado en tiempo real, ya que no requiere analizar la posición de cada heliostato mediante un procedimiento separado y no simultáneo. Es suficiente con analizar la frecuencia de modulación característica de cada heliostato. Además, ello se logra sin que ninguno de los heliostatos tenga que dejar de contribuir a la producción de energía en ningún momento del  
15 proceso.

Otra ventaja de la invención es que, mediante su realización y tal como se verá más adelante en el presente documento, es posible colocar el módulo de detección y procesamiento en una zona suficientemente alejada de la región central del receptor de la  
20 torre, de forma que se eviten las altas temperaturas del mismo.

Preferentemente, el módulo de generación de señales comprende uno o más elementos reflectantes rotatorios y, más preferentemente, dicho módulo incluye un subsistema de control de la velocidad de rotación de los elementos reflectantes rotatorios, incluyendo el  
25 subsistema al menos un bucle de seguimiento de fase o PLL (del inglés, "phase-locked loop"). Dicho subsistema permiten generar frecuencias con una estabilidad del orden de centésimas de hertzio, con lo que sería posible asignar, sin error, frecuencias a los heliostatos separadas únicamente por una décima de hertzio. Por tanto, con un ancho de banda de modulación de tan sólo 1 kHz, es posible controlar hasta 10.000 heliostatos.

30 Aún más preferentemente, el módulo de generación de señales comprende medios de generación de, al menos, dos líneas de luz sustancialmente perpendiculares entre sí, siendo a su vez dichas líneas de luz perpendiculares a la dirección en que el heliostato refleja la luz solar. Para ello, los elementos reflectantes rotatorios del módulo comprenden, al menos, dos  
35 prismas poligonales y/o cilindros rotatorios dispuestos ortogonalmente, con una o varias de sus caras espejadas. Para poder aprovechar la propia luz reflejada por las superficies de los

heliostatos, los elementos reflectantes rotatorios están ubicados, preferentemente, en uno o más puntos junto a la superficie reflectora de los heliostatos.

5 En otra realización preferente de la invención, el módulo de detección y procesamiento del sistema dispone de dos o más líneas de detectores situadas en la torre termosolar, siendo al menos una línea paralela al plano del suelo, y al menos una línea perpendicular al plano del suelo. Se consigue con ello obtener superficies efectivas para la correcta detección y evaluación de la orientación de los heliostatos con relación a sus dos ejes principales (correspondientes a sus coordenadas de azimut/elevación).

10

Preferentemente, el módulo de detección y procesamiento del sistema de la invención comprende medios para realizar la transformación de Fourier de las señales detectadas o, en su caso, comprende medios para realizar detección síncrona de las señales generadas por el módulo de generación de señales. La detección de las señales puede realizarse, por ejemplo, mediante fotodiodos PIN o termopilas, y el análisis de la frecuencia puede realizarse utilizando medios de hardware y software que implementan algoritmos de detección síncrona ("lock-in") o transformada de Fourier de la señal, tales como ordenadores, FPGA, microcontroladores, circuitos específicamente diseñados implementando la lógica de este tipo de cálculos, o cualquier otro medio seleccionado de entre los empleados habitualmente en técnicas de procesado de señal.

20

Asimismo, los detectores del sistema de la invención comprenden, preferentemente, un subsistema mecánico que permite alinear la dirección de detección de dichos detectores hacia diferentes zonas del campo de heliostatos. Se consigue con ello una mayor adaptabilidad del sistema, lo que resulta especialmente ventajoso en campos de heliostatos de grandes dimensiones.

25

En una realización adicional de la invención, los detectores de la invención pueden comprender un sistema óptico para limitar la cantidad de luz ambiente que llega hasta el módulo de detección y procesamiento, mejorando así la relación entre dicha luz ambiente y la luz detectada procedente del módulo de generación de señales electromagnéticas moduladas. Se consigue con ello una precisión aún mayor en la medición de la orientación de los heliostatos. Como ejemplo, esta limitación podría realizarse mediante un sistema de lentes o un diafragma que disminuya la apertura del sistema de detección.

35

Un segundo objeto de la invención se refiere a un método de control de heliostatos en centrales termosolares, que comprende el uso de un sistema según cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento.

5 Preferentemente, dicho método comprende las siguientes etapas:

- procesar la señal detectada por una o más líneas de detectores horizontales o verticales del módulo de detección, para identificar qué heliostatos están enviando luz según las frecuencias de las señales generadas por el módulo de generación;

10 - calcular el giro que hay que realizar en cada heliostato, según su posición en el campo relativa a la torre, para que su alineación sea la correcta;

- enviar órdenes a los motores de los subsistemas de orientación de los heliostatos para corregir su posición.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características principales de la invención, acompaña a esta memoria descriptiva una serie de figuras que se aportan con carácter ilustrativo y no limitativo.

20 La Figura 1 muestra un esquema típico de un sistema sol-heliostato-torre, representando el problema general de alineación a resolver por la presente invención.

La Figura 2 muestra un esquema de un elemento modulador de la luz según una realización preferente de la invención, basada dicha realización en elementos reflectores rotatorios  
25 externos al heliostato.

La Figura 3 muestra un esquema del funcionamiento del módulo de generación de señales electromagnéticas moduladas para un heliostato, según una realización preferente de la presente invención.

30

La Figura 4 muestra un esquema de las líneas de detección perpendiculares detectables por el módulo de detección en torre de la invención, según una realización preferente de la misma.

## 35 REFERENCIAS NUMÉRICAS DE LAS FIGURAS 1-4:

1 - Sol.

2 - Heliostato.

- 3 - Torre.
- 4 - Prisma reflector rotatorio horizontal.
- 5 - Prisma reflector rotatorio vertical.
- 6 - Eje de giro del prisma reflector rotatorio horizontal.
- 5 7 - Eje de giro del prisma reflector rotatorio vertical.
- 8 - Eje horizontal del elemento modulador que define el plano del mismo.
- 9 - Eje vertical del elemento modulador que define el plano del mismo.
- 10 - Haz de luz incidente.
- 11 - Línea horizontal de haz de luz generado por el reflector rotatorio vertical.
- 10 12 - Línea vertical de haz de luz generado por el reflector rotatorio horizontal.
- 13 - Elemento modulador.
- 14 - Eje horizontal del heliostato.
- 15 - Eje vertical del heliostato.
- 16 - Haz de luz reflejada por el heliostato.
- 15 17 - Haz de luz reflejada por el modulador y modulada en amplitud.
- 18 - Eje óptico del heliostato.
- 19 - Fila horizontal de detectores del sistema de detección en torre.
- 20 - Fila vertical de detectores del sistema de detección en torre.
- 21 - Receptor de la torre.

20

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

La Figura 1 del presente documento representa el problema técnico general que se resuelve mediante la invención propuesta. En la Figura se muestra cómo la luz proveniente del sol (1) refleja en los espejos de los heliostatos (2), que deben estar correctamente alineados en el sistema óptico que forman sol-heliostato-torre para que esa luz reflejada incida en el receptor de la torre central (3).

Asimismo, para facilitar la comprensión de las características principales de la invención, se describe a continuación una realización preferente de la misma, donde el módulo de generación de las señales electromagnéticas se diseña con el objetivo de que la detección en la torre sea sencilla y requiera de un número pequeño de detectores.

En la Figura 2 se representa un elemento modulador de la luz que está formado por dos prismas poligonales rotatorios (4, 5) que tienen una o varias de caras reflectoras, donde dichos prismas están dispuestos de forma que sus ejes de rotación (6, 7) tengan orientación

perpendicular entre sí y paralela al plano del elemento modulador, plano que está definido por su eje horizontal (8) y su eje vertical (9). Uno de los prismas (4) está orientado de acuerdo al eje horizontal de ese plano (8), y el otro (5) de acuerdo a su eje vertical (9).

5 Estos dos prismas rotatorios (4, 5), al reflejar la luz solar incidente (10), producen dos líneas de luz (11, 12) perpendiculares entre sí: una línea vertical (12) generada por el prisma reflector rotatorio horizontal (4) y que es perpendicular al eje horizontal del modulador (8) y otra horizontal (11) generada por el prisma reflector rotatorio vertical (5) y que es perpendicular al eje vertical del modulador (9). Cada una de esas líneas corresponde a un haz giratorio que, sobre los detectores, generará una señal modulada en amplitud con una  
10 frecuencia igual a la de giro del prisma, multiplicada por el número de caras espejadas.

La rotación se consigue mediante un motor cuya frecuencia de giro está controlada por un PLL, lo que permite asegurar que la frecuencia del haz reflejado será siempre la asignada  
15 inicialmente a ese heliostato, “etiquetando” la señal que proviene de cada heliostato (2) concreto.

En la Figura 3 se representa cómo un elemento modulador de la luz (13) se sitúa junto al heliostato (2), alineado de forma que el plano del modulador y el plano del heliostato sean  
20 paralelos, haciendo que los ejes horizontal (8) y vertical (9) del modulador coincidan respectivamente con los ejes horizontal (14) y vertical (15) del heliostato (2). Este plano del heliostato es el plano perpendicular al eje óptico del sistema reflector cóncavo que forman el conjunto de espejos (18) del heliostato. Así, una parte del haz de luz (10) proveniente del sol e incidente al plano del heliostato se refleja en el heliostato (2) y genera un haz (16) en una  
25 determinada dirección. Al mismo tiempo, otra parte del haz de luz (10) proveniente del sol e incidente al plano del heliostato se refleja en el elemento modulador (13) y genera un haz modulado en amplitud (17). Este haz modulado, como se muestra en la Figura 2, está formado por dos líneas (11, 12): una línea de luz horizontal (11) que será perpendicular al eje vertical del heliostato (15), y otra línea de luz vertical (12) que será perpendicular al eje  
30 horizontal del heliostato (14), de forma que la dirección en que se cruzan de estas dos líneas de luz vertical y horizontal (11, 12) coincide con la dirección en que se refleja la luz en el heliostato (16).

En la Figura 4 se muestra el aspecto que tienen las dos líneas (11, 12) generadas sobre la  
35 superficie de la torre (3). Para determinar la dirección en que se produce la reflexión de la luz en el heliostato (16) se ubican dos filas (19, 20) de detectores en la cara de la torre en la

que se ubica el receptor de torre (21), preferentemente fuera de la zona de dicho receptor (21) para evitar las altas temperaturas. Una fila horizontal (19) de detectores que se coloca en un eje paralelo al plano del suelo y otra fila vertical (20) de detectores que se coloca en un eje perpendicular al plano del suelo. El detector de la fila horizontal (19) de detectores sobre el que incide la línea de luz vertical (12) permite conocer el desalineamiento del heliostato en su eje azimutal, mientras que el detector de la fila vertical (20) iluminado por la línea de luz horizontal (11) determina su desalineamiento en elevación.

La generación de estas dos líneas sobre la superficie de la torre tiene dos efectos positivos adicionales: por un lado, el número de detectores se reduce respecto a una disposición matricial de detectores ( $2n$  para configuración en dos líneas con  $n$  detectores por cada línea, frente a  $n^2$  en una configuración tipo matriz). Por otra parte, las filas de detectores pueden situarse fuera de la zona del receptor, lo que simplifica notablemente el proceso de detección de las señales en cuanto a relación señal/ruido y a problemas con altas temperaturas.

La señal de cada detector se procesa, preferentemente, mediante transformación de Fourier, lo que permite obtener el espectro de frecuencias en recepción. Como cada heliostato (2) está etiquetado por la frecuencia de modulación que le corresponde, resulta sencillo identificar qué reflectores están incidiendo sobre qué detectores en todo momento.

El sistema de comunicación entre el módulo de detección y procesamiento y los motores de orientación de los heliostatos (2) comprende preferentemente una red de comunicaciones inalámbrica o de cable implementada por hardware/software y elementos de conexión, que conecte todos los reflectores con la torre central. El sistema puede aprovechar la misma red que habitualmente existe en las centrales solares de este tipo para permitir mover los heliostatos remotamente.

El método de funcionamiento del sistema comprende, preferentemente, las siguientes etapas para el alineamiento correcto de cada heliostato (2):

- a) Generar mediante los moduladores las señales de luz a frecuencias bien definidas para los heliostatos (2) que se quieren alinear.
- b) Procesar mediante transformada de Fourier la señal de los detectores para calcular el desalineamiento azimutal y en elevación de los heliostatos (2).
- c) Calcular el giro que hay que realizar en cada heliostato (2), según su posición en el campo relativa a la torre, para que la alineación sea la correcta.
- d) Enviar a los motores de los heliostatos (2) correspondientes las órdenes

necesarias para corregir su posición.

- e) Cuando se haya terminado, puede volver a comenzarse inmediatamente el proceso por la etapa a), si la frecuencia deseada de revisión de la posición así lo requiere.

5

Este procedimiento puede modificarse para optimizar su coste temporal, por ejemplo realizando movimientos parciales de los heliostatos en el mismo momento en que se conozca su presencia en uno de los detectores.

- 10 Aunque la aplicación principal de esta invención es el control en lazo cerrado de heliostatos en centrales termosolares de torre, también resulta posible su extensión a otros campos de la industria que requieran un sistema de orientación de características similares.

**REIVINDICACIONES**

1.- Sistema de control en lazo cerrado para heliostatos (2) en centrales termosolares de torre (3), caracterizado porque comprende:

- 5           - un módulo de generación de señales electromagnéticas moduladas, situado en al menos un heliostato (2) y alineado con la superficie reflectante del mismo, que comprende uno o varios elementos reflectores auxiliares, externos a la superficie reflectante del heliostato (2) y equipados con un subsistema de modulación de la amplitud de la luz del sol (1) reflejada en dichos elementos reflectores auxiliares;
- 10           - un módulo de detección y procesamiento de las señales electromagnéticas moduladas provenientes del heliostatos (2), que comprende un subsistema de análisis de la frecuencia de modulación de la amplitud de dichas señales, estando dicho módulo de detección localizado en o junto a la torre (3);
- un módulo de comunicación entre el módulo de detección y procesamiento y uno o  
15 más subsistemas de orientación del heliostato (2).

2.- Sistema según la reivindicación anterior, donde los elementos reflectores auxiliares del módulo de generación están orientados de acuerdo a la dirección de reflexión de la superficie reflectante del heliostato (2).

20

3.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de generación de señales comprende uno o más elementos reflectantes rotatorios.

4.- Sistema según la reivindicación anterior, que comprende un subsistema de control de la velocidad de rotación de los elementos reflectantes rotatorios, incluyendo dicho subsistema al menos un bucle de seguimiento de fase.

25

5.- Sistema según reivindicación cualquiera de las reivindicaciones 3-4, donde el módulo de generación de señales comprende medios de generación de, al menos, dos líneas de luz (11, 12) sustancialmente perpendiculares entre sí, siendo a su vez dichas líneas de luz (11, 12) perpendiculares a la dirección en que el heliostato (2) refleja la luz solar incidente (10).

30

6.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, donde los elementos reflectantes rotatorios están ubicados en uno o más puntos junto a la superficie reflectora de los heliostatos (2).

35

7.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3-6, donde los elementos reflectantes rotatorios comprenden al menos dos prismas poligonales (4, 5) y/o cilindros rotatorios, con una o varias de sus caras espejadas.

5

8.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de detección y procesamiento dispone de dos o más líneas de detectores (19, 20) situadas en la torre (3) de la central termosolar, siendo al menos una línea (19) paralela al plano del suelo y al menos otra línea (20) perpendicular al plano del suelo.

10

9.- Sistema según la reivindicación anterior, donde los detectores del módulo de detección y procesamiento comprenden fotodiodos PIN o termopilas.

10.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8-9, donde las líneas de detectores (19, 20) comprenden un sistema mecánico de alineamiento de la dirección de detección de dichos detectores hacia diferentes zonas del campo de heliostatos (2).

15

11.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de detección y procesamiento comprende un subsistema óptico para limitar la cantidad de luz ambiente que llega a dicho módulo.

20

12.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de detección y procesamiento comprende medios de hardware y software que implementan algoritmos para realizar la transformación de Fourier de las señales moduladas detectadas.

25

13.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el módulo de detección y procesamiento comprende medios de hardware y software que implementan algoritmos para realizar detección síncrona de las señales generadas por el módulo de generación.

30

14.- Uso de un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-13 para el control en lazo cerrado de heliostatos (2) en centrales termosolares de torre (3).

15.- Método de control en lazo cerrado para heliostatos (2) en centrales termosolares de torre (3) caracterizado por que comprende el uso de un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8-10 y donde se realizan, al menos, las siguientes etapas:

35

- procesar la señal detectada por una o más líneas de detectores horizontales (19) o verticales (20) del módulo de detección, para identificar qué heliostatos (2) están enviando luz según las frecuencias generadas por el módulo de generación de señales electromagnéticas;

5 - calcular el giro que hay que realizar en cada heliostato (2), según su posición en el campo relativa a la torre, para que su alineación sea la correcta;

- enviar órdenes a los motores de los subsistemas de orientación de los heliostatos (2) para corregir su posición.

10

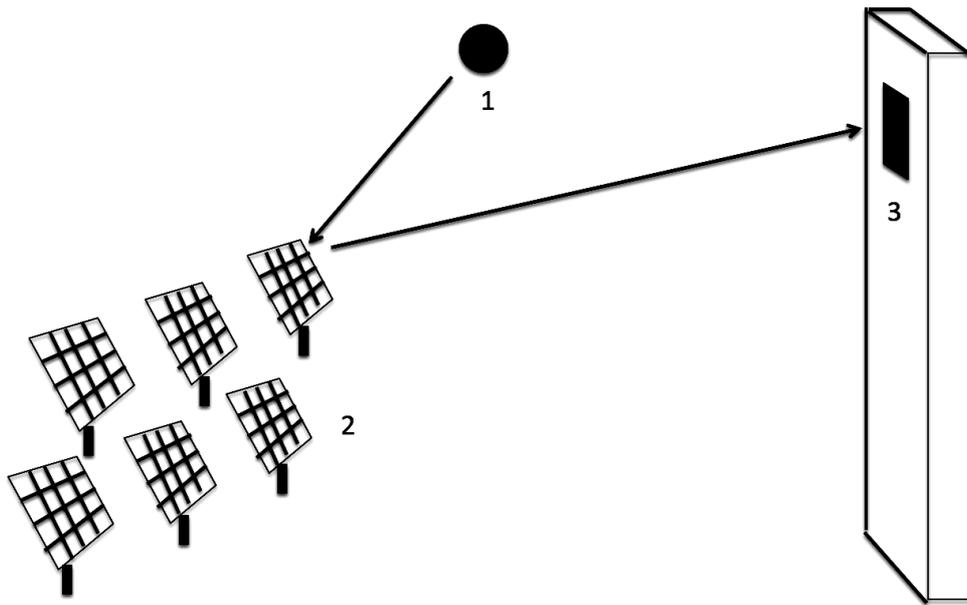


FIG. 1

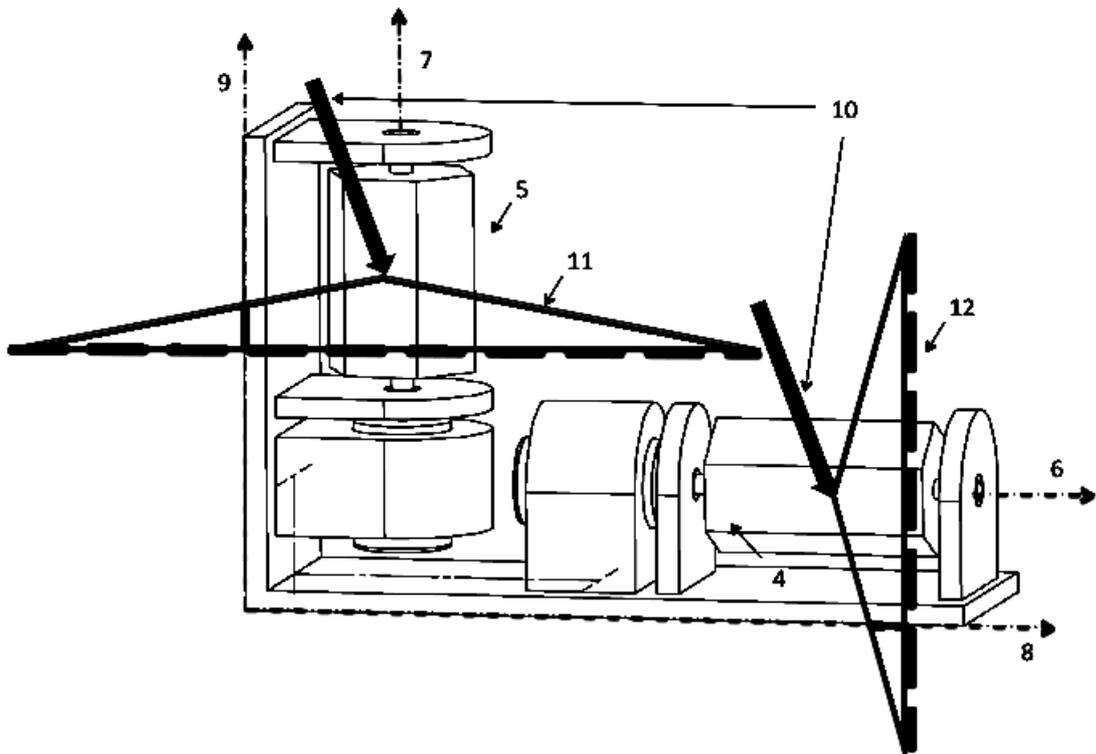


Fig. 2

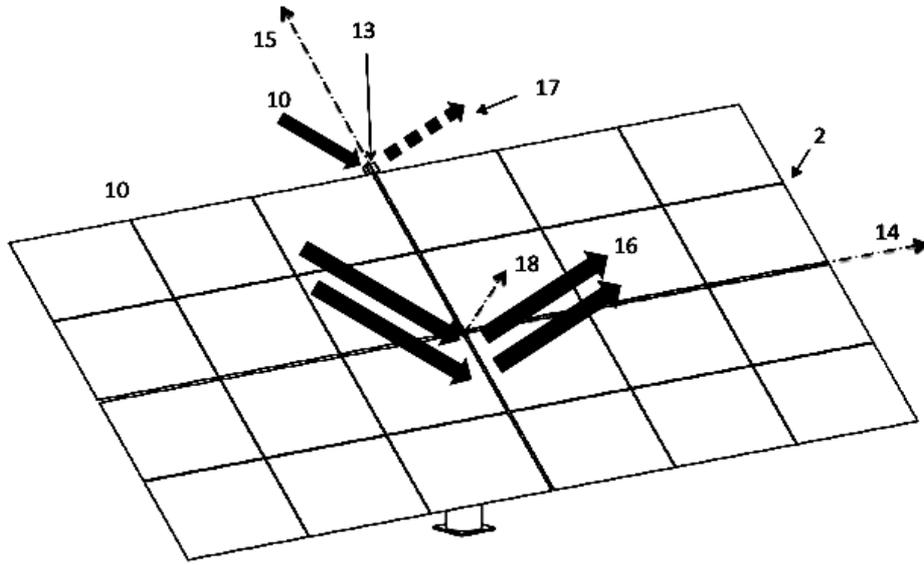


Fig. 3

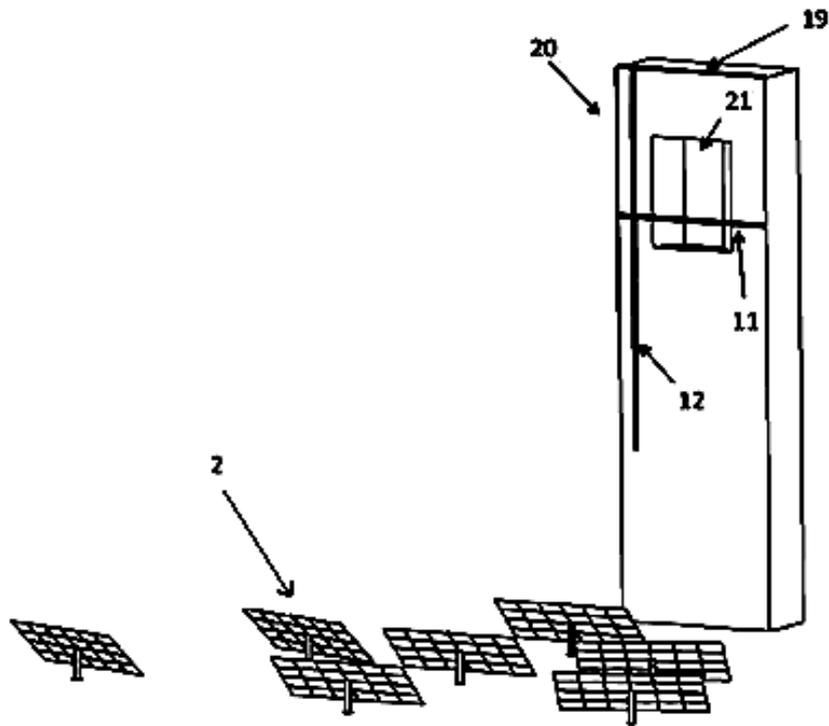


Fig. 4