

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 188**

51 Int. Cl.:

F24S 25/13 (2008.01)
F24S 25/10 (2008.01)
F24S 30/45 (2008.01)
F24S 23/77 (2008.01)
F16B 2/06 (2006.01)
F16B 2/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2016 PCT/EP2016/079781**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.06.2017 WO17097718**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2016 E 16822115 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3387269**

54 Título: **Seguidor solar con dispositivo reductor de espacio libre**

30 Prioridad:

07.12.2015 EP 15382612

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

04.05.2020

73 Titular/es:

**CARRASCOSA PEREZ, MARCO ANTONIO
(100.0%)
C/ Sierra de Cazorla, 3-5
28320 Pinto (Madrid), ES**

72 Inventor/es:

CARRASCOSA PEREZ, MARCO ANTONIO

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

ES 2 758 188 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

Seguidor solar con dispositivo reductor de espacio libre

Campo de la invención

5 La presente invención se enmarca en las tecnologías relativas a dispositivos reductores de espacios libres (también conocidos como contragolpe o brechas para uso en seguidores solares en el campo de tecnologías generación de energía solar de concentración y, en especial, a seguidores solares con seguimiento en dos ejes, tal como son los heliostatos usados en tecnología solar de torre. La invención también se puede aplicar a cualquier conexión pivotante presente en otras tecnologías de generación de energía solar, tal como colectores solares o estructuras de generación fotovoltaica.

10 Técnica anterior

Desde sus orígenes, el objetivo principal de las técnicas de generación de energía solar ha sido el aumento de la intensidad de la radiación solar que es captada, para su posterior aprovechamiento. Inicialmente, dicho aumento se propiciaba intuitivamente mediante procedimientos prueba-error. No obstante, posteriormente este problema técnico se ha abordado científicamente, dando lugar a sistemas con mayor concentración de la radiación solar incidente en las estructuras de captación, permitiendo así conversiones térmicas de mayor eficiencia, de acuerdo con los principios de la Termodinámica.

15 Las tecnologías de concentración solar de torre central constan de un campo solar, compuesto por estructuras con múltiples espejos individuales (conocidas como facetas), que configuran un gran casquete esférico o paraboloide, en cuyo foco se sitúa un receptor fijo. Mediante esta distribución, la radiación solar incidente en los reflectores que siguen el movimiento solar, (denominados heliostatos) es concentrada y enfocada sobre un receptor situado en lo alto de la torre. El receptor absorbe, así, la radiación recibida y la transfiere, en forma de energía térmica, a un fluido de transporte denominado fluido caloportador, para ser usada directamente en el proceso térmico o termodinámico correspondiente, o bien para ser almacenada como energía térmica que puede utilizarse posteriormente.

20 Como norma general, los heliostatos que conforman el campo solar o subsistema colector poseen capacidad de seguimiento en dos ejes, designados como acimutal o de rotación, y cenital o de inclinación con respecto a la horizontal. De este modo, la libertad de movimiento en ambos ejes garantiza que la radiación reflejada alcance el área adecuada del receptor, independientemente de la posición del sol. Por su parte, el apunte preciso de la radiación reflejada depende de la posición relativa de la superficie reflectante y de la radiación incidente, con el fin de concentrar aún más la radiación en el receptor. En este contexto, un pequeño error angular en la inclinación de las superficies reflectoras se traduce en una desviación correspondiente del haz reflejado, que depende de la distancia al receptor y de dicho error angular.

25 Por otra parte, una rigidez estructural insuficiente o unos espacios libres excesivos conllevan la desviación del punto focal donde se concentra la radiación solar respecto a la región donde se quiere concentrar. No se debe olvidar que la finalidad técnica principal, cuando de heliostatos se trata, es generar un foco con el heliostato para concentrar en el receptor la máxima energía reflejada posible.

30 Con el fin de reducir los errores en sistemas de concentración, el estado de la técnica comprende diversos diseños de heliostatos de diferentes características, tal y como ilustran las siguientes referencias:

35 La solicitud de patente ES 210567 A1 (CNRS) consiste en un heliostato de balancín contrapesado con actuadores hidráulicos que le confieren la capacidad de seguimiento en dos ejes. Sin embargo, esta capacidad de movimiento es reducida debido a las limitaciones de las cinemáticas del heliostato. Además, dicho heliostato no es apto para su uso en superficies de reflexión de gran tamaño, debido a las carreras de los accionamientos hidráulicos o el dimensionado de los vástagos y ejes, según se posicionen los apoyos entre ellos. Ello conlleva, al aumentar la superficie reflectante, a la disminución de la precisión de apuntamiento del heliostato, con la correspondiente merma en su rendimiento.

40 El modelo de utilidad ES 245227 U (Westinghouse Electric Corporation) versa sobre un heliostato sobre rodillos accionado por correas. Los paneles reflectantes del heliostato son pre-montados en fábrica. Esta configuración de heliostato tampoco resulta adecuada para su aplicación en grandes superficies reflectantes, dado que el coste de fabricación de dichas pistas con la precisión necesaria sería demasiado elevado, lo que se añade a la dificultad de ensamblar, posicionar y canteo adecuadamente en campo los paneles reflectantes prefabricados. Además, es necesario considerar el deslizamiento del sistema de movimiento, que elevaría el error de apuntamiento del heliostato.

45 El modelo de utilidad ES 281691 U (M-B-B GMBH) muestra un heliostato con doble parrilla en la que se fijan las facetas prefabricadas en bastidor con un anclaje de clip. Las facetas poseen tres puntos de anclaje para facilitar el canteo de las mismas.

La solicitud de patente ES 439605 A1 (F. Briones) presenta una serie de heliostatos flotantes con flotador común o individual, que poseen capacidad de seguimiento en dos ejes mediante la propia flotación para el eje acimutal y mediante servomotores o cables para el movimiento cenital.

5 La solicitud de patente ES 465973 A1 (Sener Ingeniería y Sistemas) describe un heliostato con una columna portante principal inclinada, con los accionamientos por el interior de la carcasa, soportada sobre tres zapatas. Esta columna sostiene, a su vez, una pluralidad de soportes secundarios con capacidad de giro cenital. Este diseño presenta la posibilidad de ser arriostrado al suelo, mediante cables de tracción para darle más estabilidad.

10 La solicitud de patente ES 473356 A1 (Sener Ingeniería y Sistemas) muestra un heliostato soportado sobre un pedestal, cuya cabeza tiene capacidad de giro acimutal mediante un engranaje armónico y limitadores de par y la parrilla puede bascular 180° por el uso de un accionamiento cenital lineal y un cuadrilátero articulado con lados de longitud constante.

15 La solicitud de patente ES 8100499 A1 (Construcciones Aeronáuticas S.A.) describe un heliostato con un pedestal y dos tubos de torsión, configurados en forma de cruz, con una caja monobloque de mecanismos que le proveen de movimiento mediante engranajes. Los tubos de torsión sostienen una pluralidad de cerchas sobre las que son ancladas las facetas.

La solicitud de patente WO 8803635 A1 (Martin Marietta Corp.) presenta un heliostato de tubo de torsión sobre un pedestal y parrilla en celosía, que comprende la presencia de deflectores de viento en su perímetro.

La patente US 4459972 (W. T. Moore) se refiere a un heliostato con capacidad de seguimiento a dos ejes y superficie reflectante con dos radios de curvatura distintos en los ejes principales de las facetas.

20 La solicitud de patente BR PI 0902803 A2 (M. H. Bastos) se refiere a un heliostato independiente con sensores integrados. Este heliostato posee una pluralidad de sensores y transductores integrados, con el fin de usar la luz reflejada para detectar la posición de la parrilla y apuntar al receptor.

25 La solicitud de patente WO 2011072449 A1 (C. Wang) divulga un heliostato con un sensor por encima de los espejos en un soporte que atraviesa la parrilla y accionamientos lineales. El brazo que atraviesa la superficie espejada sólo se usa para sostener el sensor de posición.

La solicitud de patente WO 2012139169 A1 (Heliosystems PTY, LTD.) describe un heliostato con curvatura inducida en la superficie reflectante por medios mecánicos, mediante cables y poleas que curvan la parrilla de modo variable dependiendo la posición solar. Los sistemas de seguimiento son mecanismos piñón–engranaje.

30 La solicitud de patente WO 2012117142 A1 (Abengoa Solar New Technologies S.A.) describe un heliostato caracterizado por tener el accionamiento acimutal en la base, fijado al suelo. El pedestal está fijado a la parte móvil de este accionamiento, a través de una abertura.

La solicitud de patente EP 2450644 A1 (D. Tommei) divulga un heliostato con sistema piñón-engranaje en ambos accionamientos, equipado con detectores fotosensibles en la parte frontal para detectar la posición solar.

35 La solicitud de patente WO 2013178850 A1 (Abengoa Solar New Technologies S.A.) presenta un heliostato con accionamiento acimutal hidráulico, con un sombrerete con aberturas laterales por las que entran los dos accionamientos lineales. Dichos accionamientos no son coplanarios y están unidos al mismo eje de giro de los actuadores.

La solicitud de patente WO 2010022027 A2 (PWR, Inc.) divulga un heliostato con ángulo de giro de más de 90° en cenital y acimutal, basado en el uso de una junta articulada con ejes perpendiculares.

40 La solicitud de patente WO 2011080270 A2 (Lehle GmbH) describe un heliostato de tipo pedestal con viga de torsión, con accionamientos hidráulicos lineales para los movimientos acimutal y cenital.

La solicitud de patente US 2010/0180884 A1 (K. Oosting) divulga un heliostato con poste central con un punto de pivotaje en su extremo superior y dos actuadores lineales anclados a la parrilla y al suelo.

45 La solicitud de patente US 2015/0015975 A1 (Brighthouse Industries) divulga un seguidor solar que comprende un eje de articulación y una conexión pivotante, donde dicha conexión pivotante comprende una orejeta y un pivote, donde la orejeta y el pivote comprenden agujeros pasantes, a los cuales el eje de articulación está dispuesto a través de dichos agujeros pasantes, y dicha conexión pivotante conecta el pivote con la orejeta.

50 El estado de la técnica descrito en los párrafos anteriores presenta algunos inconvenientes que afectan a la calidad óptica y las prestaciones del conjunto del heliostato, entre los que se destacan los problemas técnicos descritos a continuación.

Los heliostatos son seguidores solares a dos ejes que, típicamente, presentan un rango de movimiento de 360° en acimutal (gira completamente en el plano horizontal), mientras que en elevación o inclinación de la parrilla suelen poderse mover entre -10° y 90°, siendo la posición de 0° la posición horizontal de la parrilla y 90° su posición

completamente vertical. Debido a la variación continua de la posición de la parrilla y a las condiciones meteorológicas del emplazamiento, las cargas debidas a la gravedad y a causas externas, como el viento, varían continuamente su magnitud y dirección respecto a la superficie reflectante del heliostato. Esto genera que las deformaciones inducidas en la estructura no sólo no sean constantes, sino que varían a lo largo del día, haciendo poco práctico la compensación de las deformaciones durante el montaje de la estructura.

De este modo, si el canteo del heliostato se realiza con la parrilla a 0°, al variar la dirección de las cargas debidas al peso propio, las deformaciones existentes en el momento del canteo se reducen en la dirección normal a la superficie reflectante, mientras que se van incrementando en el mismo plano que dicha superficie reflectante. Es decir, la curvatura aparente de la superficie del heliostato (canteo) varía con la flexión de los elementos estructurales, como el tubo de torsión, que se producen en la dirección en las que son solicitados, en lugar de en la dirección perpendicular a la superficie reflectante.

Además, las condiciones variables de viento y dirección de las cargas generan que los espacios libres en los componentes del sistema permitan pequeños desplazamientos variables que generan errores angulares de apuntamiento.

La presente invención se presenta como una solución técnica que mejora los sistemas conocidos y remedia sus problemas asociados, mediante la inclusión de elementos estructurales diferenciadores que, por una parte, mejoran la precisión de apuntamiento mediante la reducción de los espacios libres en la conexión entre el pedestal y el tubo de torsión y, por otra parte refuerzan el heliostato frente a cargas de flexión por gravedad o viento.

Divulgación de la invención

Un objeto de la presente invención se refiere a un seguidor solar que comprende un dispositivo reductor de espacio libre para fijar un eje de articulación a una conexión pivotante del seguidor solar. Dicho dispositivo reductor de espacio libre comprende un soporte de apriete, incorporado integralmente en una orejeta de dicha conexión pivotante, provista de agujeros pasantes, a los que se conecta un elemento mecánico de tracción, dispuesto como un clip alrededor del eje de articulación.

En una realización preferida de la invención, el elemento mecánico de tracción comprende un arco de metal con roscado en los extremos del mismo, que puede apretarse por medio de elementos de sujeción.

En una realización preferida adicional de la invención, el eje de articulación comprende un cojinete (24) o una rótula.

Preferiblemente, el seguidor solar de la invención es un heliostato de gran superficie, preferiblemente de entre 120 y 210 m², de configuración tipo tubo de torsión con capacidad de seguimiento en dos ejes, que comprende un conjunto de elementos estructurales especialmente diseñados para la mejora y corrección de los problemas del estado de la técnica mencionados en el apartado precedente.

Dicho heliostato comprende, preferentemente, los siguientes elementos:

- Un pedestal.
- Un tubo de torsión.
- Una pluralidad de brazos fijados al tubo de torsión, dispuestos transversalmente a éste.
- Una pluralidad de facetas fijadas a los brazos a través de una pluralidad de puntos de amarre, que configuran la parrilla del heliostato.
- Un accionamiento acimutal de la parrilla dispuesto en el pedestal.
- Un soporte horizontal dispuesto en el extremo superior del pedestal, conectado con el tubo de torsión a través de pivotes cenitales y orejetas cenitales cooperantes, conectados por ejes de articulación.
- Un accionamiento cenital de la parrilla, conectado de forma pivotante al soporte horizontal y al tubo de torsión por medio de orejetas y/o un anclaje cenital.

Ventajosamente, las conexiones pivotantes del accionamiento cenital del tubo de torsión y/o del soporte horizontal con las orejetas y/o con el ancla cenital, comprenden un dispositivo reductor de espacio libre para fijar el eje de articulación de dichas conexiones, donde dicho dispositivo reductor de espacio libre comprende un soporte de apriete, incorporado integralmente en las orejetas cenitales, provisto de agujeros pasantes a los que se conecta un elemento mecánico de tracción, destinado a situarse como agarradera alrededor de los ejes de articulación.

En una realización preferida de la invención, el elemento mecánico de tracción comprende un arco de metal con roscado en los extremos del mismo, que puede apretarse por medio de elementos de tornillería. Este dispositivo reductor de espacio libre es aplicable a cualquier configuración de accesorios móviles que tengan ejes giratorios, tanto en accesorios pivotantes del heliostato de la invención, como en cualquier otro accesorio móvil presente en

otros sistemas de captura de energía solar, tales como seguidores solares, colectores solares o sistemas de generación fotovoltaica.

5 En una realización preferida de la invención, el heliostato también comprende un sistema anti-astigmatismo, integrado por una configuración de de celosía que conecta brazos consecutivos del heliostato y el tubo de torsión por medio de elementos estructurales dispuestos paralelos u oblicuos al eje del tubo de torsión, reforzando el soporte de la parrilla del heliostato. Dicho sistema anti-astigmatismo consiste en una configuración estructural que refuerza la parte trasera de la superficie reflectante del heliostato, minimizando la deformación de la mancha solar reflejada debida a la flexión del tubo de torsión en el plano paralelo a la superficie reflectante, cuando se incrementa la inclinación de la parrilla de facetas.

10 En una realización preferente de la invención, los elementos estructurales del sistema anti-astigmatismo comprenden barras o cables pretensados, que se disponen en dirección paralela al tubo de torsión. Alternativa o complementariamente, los elementos estructurales del sistema anti-astigmatismo se pueden disponer en dirección oblicua al tubo de torsión.

15 En otra realización preferente de la invención, los elementos estructurales del sistema anti-astigmatismo se disponen en pares paralelos entre sí, conectando brazos consecutivos.

En otra realización preferente de la invención, el sistema anti-astigmatismo comprende una disposición de elementos estructurales formando una geometría cerrada, que rodea la conexión entre el pedestal y el tubo de torsión de forma envolvente a la misma.

20 Este sistema anti-astigmatismo es aplicable también a otros seguidores que, en lugar del sistema de accionamientos acimutal y cenital, dispongan de otros sistemas de seguimiento, como los ejes polares.

Adicionalmente, el heliostato incluye un elemento estructural del tubo de torsión frente a cargas de flexión por gravedad o viento, que comprende un apoyo central que se proyecta desde el centro de dicho tubo de torsión, perpendicularmente a la parrilla del heliostato, en la dirección normal a las superficies reflectantes de dicha parrilla. El extremo de dicho apoyo central está rematado por los extremos de uno o más pares de tirantes frontales, cuyos extremos opuestos se unen con el tubo de torsión, a ambos lados del mismo. Preferentemente, estos tirantes frontales son barras o perfiles estructurales rígidos.

25

Los tirantes frontales reducen la flexión del tubo de torsión en la dirección perpendicular a la superficie reflectante del heliostato, responsable de la variación de la curvatura aparente de la parrilla. Cabe destacar que la flexión del tubo de torsión en esta dirección depende de la inclinación de la parrilla y de las cargas de viento, por lo que este sistema favorece la reducción de la variación de las prestaciones del heliostato durante el día.

30

Este sistema está especialmente concebido para reducir el aclaramiento del heliostato, mejorando su precisión de apuntamiento, y disminuyendo a su vez el coste del mismo, ya que precisa únicamente tolerancias de fabricación fácilmente obtenibles en una producción industrial en serie. No se debe olvidar el hecho de que, en grandes plantas solares con tecnología de torre, los heliostatos pueden estar situados a más de 1000 m del receptor, por lo que un pequeño error angular conlleva una distancia lineal que puede generar que el apuntamiento del heliostato esté a una distancia tal que no incida correctamente en el receptor o se desborde la energía reflejada, bajando el rendimiento del mismo.

35

En una realización preferente de la invención, el heliostato comprende un armario de control equipado con la electrónica de control de dicho heliostato y sus conexiones de alimentación eléctrica, estando dicho armario de control dispuesto en el pedestal.

40

En otra realización preferente de la invención, los brazos comprenden una pluralidad de pestañas de anclaje a las facetas por medio de tornillería, para su fijación a soportes de anclaje de dichas facetas.

En otra realización preferente de la invención, las pestañas de anclaje están dispuestas en grupos de cuatro, para permitir la fijación simultánea de cuatro facetas.

45 Por tanto, las características funcionales del diseño objeto de la presente invención solucionan problemas presentes en el estado de la técnica en esta tecnología, incrementando las prestaciones del heliostato y, por ende, el rendimiento global de la instalación termosolar.

Descripción de las figuras

50 La Figura 1 presenta una vista general de la parte trasera del heliostato, donde se pueden apreciar sus elementos estructurales principales.

La Figura 2 muestra una vista frontal del heliostato donde se representan los elementos principales del elemento estructural del tubo de torsión.

La Figura 3 muestra un detalle de la distribución de los anclajes de los reflectores.

La Figura 4 muestra una vista ampliada de la Figura 3.

Las Figuras 5 y 6 muestran sendas vistas del sistema de soporte y movimiento del heliostato, incluyendo la fijación del tubo de torsión al pedestal por medio de conexiones pivotantes.

La Figura 7 muestra una vista del dispositivo de reducción de espacios libres, aplicado en un pivote cenital.

- 5 La Figura 8 muestra una vista de sección del dispositivo de reducción de espacios libres, en una configuración de eje equipado con cojinete.

La Figura 9 muestra una vista de sección del dispositivo de reducción de espacios libres, en una configuración de eje equipado con rótula interna.

Referencias numéricas de las figuras

(1)	Pedestal
(1')	Armario de control
(2)	Tubo de torsión
(3)	Accionamiento acimutal
(4)	Soporte horizontal o mesa
(5)	Pivotes cenitales
(6)	Anclaje cenital
(7)	Accionamiento cenital
(8)	Orejetas cenitales
(9)	Brazos
(10)	Puntos de amarre de las facetas
(11)	Facetas
(12)	Amarres compartidos de los brazos
(13)	Pestañas de anclaje a las facetas
(14)	Tornillería de la faceta
(15)	Soporte de anclaje de las facetas
(16)	Elementos estructurales del sistema anti-astigmatismo
(17)	Apoyo central
(18)	Tirantes frontales
(19)	Dispositivo de reducción de aclaramiento
(20)	Eje de articulación
(21)	Soporte de apriete
(22)	Elemento mecánico de tracción
(23)	Tornillería
(24)	Cojinete
(25)	Rótula

Se procede a continuación a describir diferentes ejemplos de realizaciones preferidas de la invención, aportadas con fines ilustrativos pero no limitativos de la misma, haciendo referencia a las Figuras 1-9 del presente documento.

El seguidor solar objeto de la invención es un heliostato de gran superficie, preferiblemente de entre 120 y 210 m², de configuración formada por un pedestal (1) y un tubo de torsión (2) con capacidad de seguimiento en dos ejes, caracterizado por un conjunto de elementos estructurales especialmente diseñados para la mejora y corrección de los problemas técnicos descritos en el apartado de antecedentes de la presente solicitud.

El pedestal (1) del heliostato posee una función principalmente estructural, estando fijado a la cimentación del terreno. Asimismo, dicho pedestal (1) incorpora, preferentemente, un armario de control (1'), donde se encuentra la electrónica de control del heliostato y las conexiones de alimentación eléctrica. En la parte superior del pedestal (1), el heliostato comprende también un accionamiento acimutal (3) para propiciar su giro sobre el eje vertical paralelo al del pedestal (1). El accionamiento acimutal es, preferiblemente, un sistema electromecánico, aunque no por ello excluye el uso de otros sistemas, como pueden ser los hidráulicos.

Fijado a la zona superior del accionamiento acimutal (3) se encuentra un elemento de soporte horizontal o mesa (4). Este elemento estructural contiene la subestructura sobre la que pivota el heliostato en sentido cenital o de elevación, conectando el pedestal (1) con el tubo de torsión (2). Preferentemente, dicha conexión se realiza mediante una pluralidad de pivotes cenitales (5) y un anclaje cenital (6) que se conecta, asimismo, a un accionamiento cenital (7) para la regulación del ángulo cenital o de altura del heliostato, paralelo al tubo de torsión. Dicho accionamiento cenital (7) es, preferentemente, un accionamiento lineal de naturaleza electromecánica y/o hidráulica.

Para propiciar la capacidad de seguimiento en altura del heliostato, el accionamiento cenital (7) se fija al tubo de torsión (2), preferentemente mediante una pluralidad de orejetas cenitales (8). De este modo, al variar la longitud lineal del accionamiento cenital (7), varía la distancia entre el anclaje cenital (6) y las orejetas cenitales (8), induciéndose en el heliostato la variación de la inclinación de su parrilla (esto es, del conjunto de sus superficie reflectantes) mediante el giro sobre los puntos de giro localizados en los pivotes cenitales (5).

El tubo de torsión (2) sostiene, a su vez, una pluralidad de brazos (9) dispuestos, preferentemente, de forma perpendicular a dicho tubo de torsión (2), y que contienen los puntos de amarre (10) de las facetas (11) que forman la parrilla del heliostato.

Los brazos (9) están conectados con el tubo de torsión (2) y se disponen a ambos lados de éste, fijándose mediante amarres compartidos (12) dispuestos a ese fin, equilibrando las reacciones del tubo de torsión (2) ante las cargas longitudinales de los brazos (9).

Asimismo, los brazos (9) poseen, preferentemente, una pluralidad de pestañas de anclaje (13) donde, con ayuda de la tornillería (14) de cada faceta (11) se fijan a un soporte de anclaje (15) de dichas facetas (11). Estas pestañas de anclaje (13) están, preferentemente, dispuestas en grupos de cuatro con el fin de permitir la fijación simultánea de cuatro facetas (11).

Adicionalmente a las características detalladas en los párrafos anteriores, el heliostato tiene adicionalmente elementos estructurales especialmente concebidos para la mejora de rendimiento respecto a los heliostatos del estado de la técnica. Dichos elementos pueden ser utilizados individualmente o en combinación, aplicándose a un heliostato, dado que cada uno de ellos proporciona ventajas estructurales complementarias que mejoran, por sí solas, el rendimiento y la precisión de apuntamiento de dicho heliostato.

El primero de estos elementos es un dispositivo reductor de espacio libre (19), especialmente concebido para reducir el espacio libre del heliostato en las conexiones entre el soporte horizontal o mesa (4) y el tubo de torsión (2), mejorando su precisión de apuntamiento y disminuyendo a su vez el coste del mismo, ya que precisa únicamente tolerancias de fabricación fácilmente obtenibles en una producción industrial en serie. En grandes plantas solares con tecnología de torre, los heliostatos pueden estar situados a más de 1000 m del receptor, por lo que un pequeño error angular conlleva una distancia lineal que puede generar que el apuntamiento del heliostato esté a una distancia tal que no incida correctamente en el receptor o se desborde la energía reflejada, bajando el rendimiento del mismo.

El dispositivo reductor de espacio libre (19) se aplica preferiblemente a los ejes de articulación (20) que conectan los pivotes cenitales (5) o el accionamiento cenital (7), con sus respectivas orejetas cenitales (8). Dicho dispositivo (19) comprende un soporte de apriete (21), incorporado integralmente en las orejetas cenitales (8), provisto de agujeros pasantes a los que está conectado un elemento mecánico de tracción (22), destinado a situarse como agarradera alrededor de los ejes de articulación (20), está conectado. Dicho elemento mecánico de tracción (22) puede ser, por ejemplo, un arco de metal con rosca en los extremos del mismo, que puede apretarse con la ayuda de elementos de sujeción (23), tales como un conjunto de tuerca y contratuerca. Este elemento mecánico de tracción (22) asegura y tira del eje de articulación (20) hacia el soporte (21), eliminando el espacio libre existente entre el eje (20) y los espacios de alojamiento correspondientes dispuestos en las orejetas cenitales (8), y permitiendo la rotación de dicho eje de articulación (20) con respecto a los pivotes cenitales (5) sin espacio libre. El dispositivo reductor de espacio libre (19) tiene esta misma operación independientemente de la ubicación del eje, y particularmente en los ejes de anclaje del accionamiento cenital (7).

- Como se muestra en las Figuras 7-9, el dispositivo reductor de espacio libre (19) puede comprender dos o más soportes de apriete (21), incorporados integralmente en una orejeta (8) de dicha conexión pivotante, provista de agujeros pasantes, a los cuales están conectados elementos mecánicos de tracción (22). Los elementos de tracción (22) están dispuestos así como abrazaderas alrededor del eje de articulación (20), y se ubican en dos o más puntos de aplicación del mismo (por ejemplo, en los dos lados de la conexión entre el eje de articulación (20) y las orejetas (8)).
- Para facilitar el movimiento pivotante entre las orejetas cenitales (8) y sus correspondientes pivotes (5) o accionamientos (7), el eje de articulación (20) se equipa con un cojinete (24) (Figura 8) o con una rótula (25) (Figura 9) en el interior de la articulación pivotante. El uso de estos elementos propicia la reducción de las tolerancias de coaxialidad de los ejes, ya que permite compensar la desalineación de los espacios de alojamiento de las orejetas cenitales (8) haciendo a su vez un giro suave y de bajo consumo.
- El dispositivo reductor de espacio libre puede estar presente en uno o en todos los accesorios móviles del heliostato que pivotan alrededor de un eje. Preferiblemente, dichos accesorios pivotantes deben ensamblarse en el campo solar con el fin de reducir el espacio libre de estos accesorios, adaptándose a las condiciones de trabajo reales. De manera similar, el dispositivo reductor de espacio libre (19) se puede aplicar a accesorios con ejes, como los accesorios de los accionamientos de heliostatos polares, cuyos ejes giratorios no corresponden a las direcciones de acimut y cenit, pero están inclinados con respecto a los mismos, o incluso los accesorios de las unidades en sistemas de seguimiento solar de colectores cilindroparabólicos.
- Otro elemento estructural característico propuesto por la presente invención es un sistema antiastigmatismo. Dicho sistema comprende una configuración de celosía que une los brazos (9) del heliostato, de tal modo que minimiza la deformación de la mancha solar reflejada debida a la flexión del tubo de torsión (2) al incrementarse la inclinación de la parrilla. El refuerzo está formado por barras estructurales (16) que conectan brazos (9) consecutivos. Dichas barras se disponen en dirección paralela al tubo de torsión (2) u oblicuas al mismo, individualmente o en pares paralelos entre sí. Preferentemente, el sistema anti-astigmatismo comprende una disposición de barras estructurales (16) que rodea la conexión entre el pedestal (1) y el tubo de torsión (2), de forma envolvente a la misma (tal y como se muestra, por ejemplo, en la configuración de la Figura 2), si bien otras disposiciones son igualmente posibles en el ámbito de la invención. El uso de una estructura cerrada que envuelve la conexión entre el pedestal (1) y el tubo de torsión (2), que también conecta brazos consecutivos (9) del mismo, proporciona una solución compacta y efectiva a la posible deformación de la parrilla del heliostato debido al peso carga de sus componentes. Al conectar los dos elementos estructurales principales de dicha parrilla (es decir, el tubo de torsión (2) y los brazos perpendiculares (9) de manera cerrada por medio de las barras estructurales (16), las cargas transmitidas a la parrilla se distribuyen uniformemente entre diferentes soportes geométricos y estructurales de los mismos, minimizando así el impacto óptico en áreas específicas de las superficies reflectantes del heliostato.
- Otro de los elementos estructurales característicos que plantea la presente invención, que supone una mejora frente al estado de la técnica de esta tecnología, es una configuración estructural basada en un apoyo central (17) que se proyecta desde el centro del tubo de torsión (2), perpendicular a la parrilla del heliostato en la dirección normal a las superficies reflectantes de dicha parrilla. El extremo de dicho apoyo central (17) está rematado por los extremos de dos tirantes frontales (18), cuyos extremos opuestos se unen con el tubo de torsión (2) en lados opuestos del mismo. Preferentemente, dichos tirantes frontales (18) son barras o perfiles estructurales rígidos.
- Estos tirantes (18) reducen la flexión del tubo de torsión en la dirección perpendicular a la superficie reflectante conformada por las facetas (11), responsable de la variación de la curvatura aparente de la parrilla y, por ende, de la variación de la distancia focal del heliostato. Cabe destacar que la flexión del tubo de torsión (2) en esta dirección depende de la inclinación de la parrilla y de las cargas de viento, por lo que este sistema favorece la reducción de la variabilidad de las prestaciones del heliostato durante el día, al trabajar en las dos direcciones en el plano de flexión.
- El uso combinado del dispositivo reductor de espacio libre (19), del sistema anti-astigmatismo y de los tirantes frontales (18), permiten que el heliostato mantenga su precisión de apuntamiento, el tamaño y forma de la imagen solar reflejada y su resistencia a cargas de flexión incluso integrando una gran superficie reflectante, por ejemplo entre 120 y 210 m², con una manufactura más sencilla y con elevadas prestaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Seguidor solar que comprende al menos un eje de articulación (20) y una conexión pivotante, donde dicha conexión pivotante comprende una orejeta (8) y un pivote (5), donde la orejeta (8) y el pivote (5) comprenden agujeros pasantes, a los que el eje de articulación (20) está dispuesto a través de dichos agujeros pasantes, y dicha conexión pivotante conecta el pivote (5) con la orejeta (8), caracterizado porque el seguidor solar comprende un dispositivo reductor de espacio libre (19) para fijar el eje de articulación (20) a la conexión pivotante, donde dicho dispositivo reductor de espacio libre comprende un soporte de apriete (21) incorporado integralmente en la orejeta (8) de dicha conexión pivotante, donde el soporte de apriete (21) comprende agujeros pasantes y un elemento mecánico de tracción (22), dispuesto como una abrazadera alrededor del eje de articulación (20) y a través de los agujeros pasantes del soporte de apriete (21), permitiendo la rotación de dicho eje de articulación (20) con respecto al pivote (5).
- 10 2. Seguidor solar según la reivindicación anterior, donde el elemento mecánico de tracción (22) del dispositivo reductor de espacio libre (19) comprende un arco de metal con rosca en los extremos del mismo, que puede apretarse por medio de elementos de tornillería (23).
- 15 3. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el eje de articulación (20) comprende un cojinete (24) o una rótula (25).
- 20 4. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo reductor de espacio libre (19) comprende una orejeta adicional (8) y un soporte de apriete adicional (21), incorporado integralmente en la orejeta adicional (8) de la conexión pivotante, el soporte de apriete (21) adicional provisto de agujeros pasantes, y un elemento mecánico de tracción (22) adicional, dispuesto como una abrazadera alrededor del eje de articulación (20) y a través de los agujeros pasantes del soporte de apriete (21) adicional, permitiendo la rotación de dicho eje de articulación (20) con respecto al pivote (5).
- 25 5. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho seguidor solar es un heliostato con capacidad de seguimiento en dos ejes, del tipo que comprende:
- 30 - un pedestal (1);
- un tubo de torsión (2);
- una pluralidad de brazos (9) fijados al tubo de torsión (2), dispuestos transversalmente a éste;
- una pluralidad de facetas (11) fijadas a los brazos (9) a través de una pluralidad de puntos de amarre (10), que configuran la parrilla reflectante del heliostato;
- 35 - un accionamiento acimutal (3) del tubo de torsión (2) dispuesto en el pedestal (1);
- un soporte horizontal o mesa (4) dispuesto en el extremo superior del pedestal (1), conectado con el tubo de torsión (2) a través de pivotes cenitales (5) y orejetas cenitales (8) cooperantes, conectados por ejes de articulación (20);
- un accionamiento cenital (7) del tubo de torsión (2), conectado de forma pivotante al soporte horizontal (4) y a dicho tubo de torsión (2) por medio de orejetas (8) y/o de un anclaje cenital (6).
- 40 6. Seguidor solar según la reivindicación anterior, que comprende además un sistema anti-astigmatismo integrado por una configuración de celosía que conecta brazos (9) consecutivos del heliostato y un tubo de torsión (2), por medio de elementos estructurales (16) dispuestos paralelos u oblicuos al eje del tubo de torsión, reforzando el soporte de la parrilla del heliostato;
- 45 7. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 5-6, donde los elementos estructurales (16) del sistema antiastigmatismo comprenden barras o cables pretensados dispuestos paralelos al tubo de torsión (2).
8. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 6-7, donde los elementos estructurales (16) del sistema antiastigmatismo comprenden barras o cables pretensados dispuestos oblicuos al tubo de torsión (2).
9. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, donde los elementos estructurales (16) del sistema antiastigmatismo están dispuestos en pares paralelos entre sí, conectando brazos consecutivos (9).
10. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 6-9, donde la disposición de los elementos estructurales (16) del sistema antiastigmatismo forma una geometría cerrada, que rodea la conexión entre el pedestal (1) y el tubo de torsión (2) que envuelve lo mismo.

- 5 11 Sistema de seguimiento solar según las reivindicaciones 5-10, que comprende además un refuerzo estructural del tubo de torsión (2) que comprende un apoyo central (17) que se proyecta desde el centro de dicho tubo de torsión (2) perpendicularmente a la parrilla del heliostato, en la dirección normal a las superficies reflectantes de dicha parrilla, y donde el extremo de dicho apoyo central (17) está rematado por los extremos de uno o más pares de tirantes frontales (18), cuyos extremos opuestos se unen con el tubo de torsión (2), a ambos lados del mismo.
12. Seguidor solar según las reivindicaciones anteriores, donde los tirantes frontales (18) de refuerzo estructural del tubo de torsión (2) son barras o perfiles estructurales rígidos.
- 10 13. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 5-12, que comprende un armario de control (1') equipado con la electrónica de control del heliostato y sus conexiones de alimentación eléctrica, estando dicho armario de control (1') dispuesto en el pedestal (1).
14. Seguidor solar según cualquiera de las reivindicaciones 5-13, donde los brazos (9) comprenden una pluralidad de pestañas de anclaje (13) a las facetas (11) por medio de tornillería (14), para su fijación a soportes de anclaje (15) de dichas facetas (11).
- 15 15. Seguidor solar según la reivindicación anterior, donde las pestañas de anclaje (13) están dispuestas en grupos de cuatro para la fijación simultánea de cuatro facetas (11).

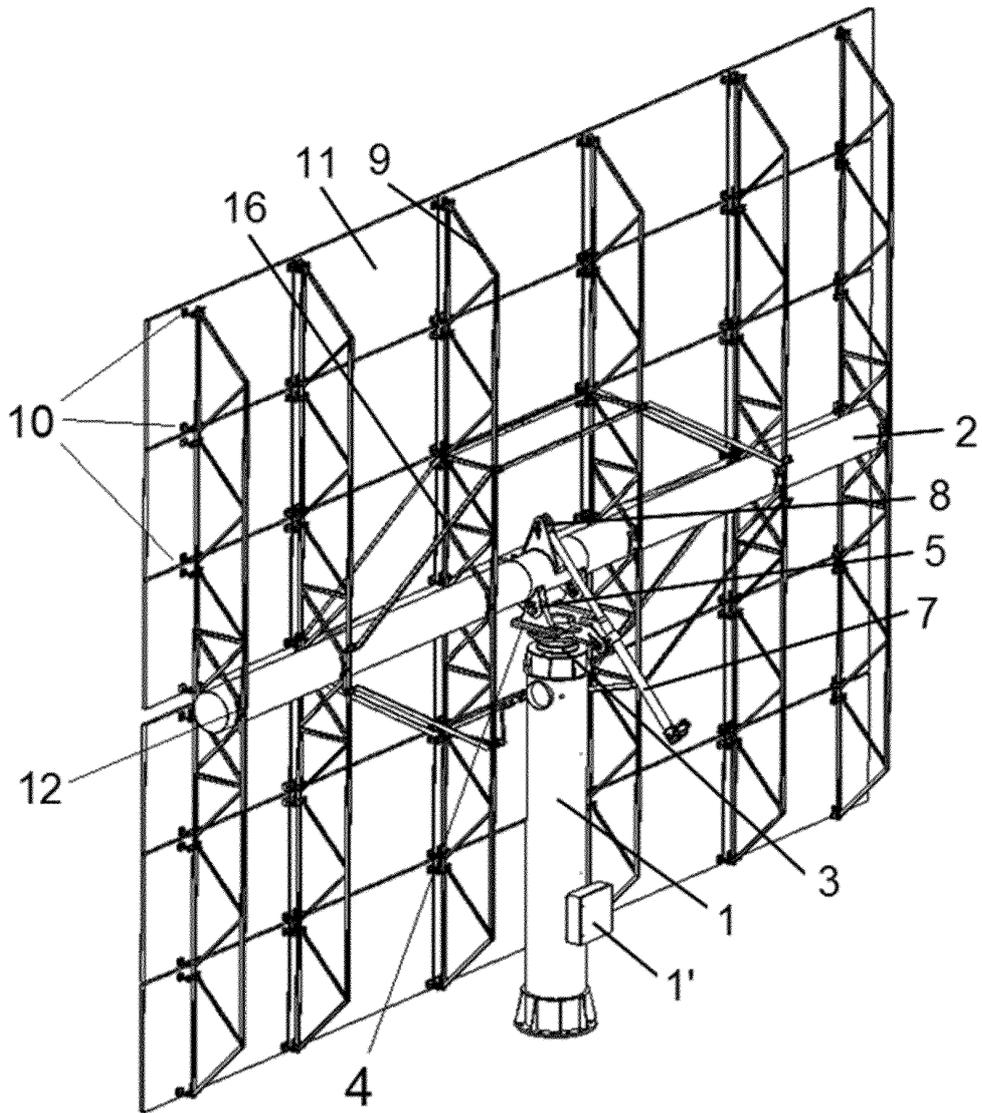


FIG. 1

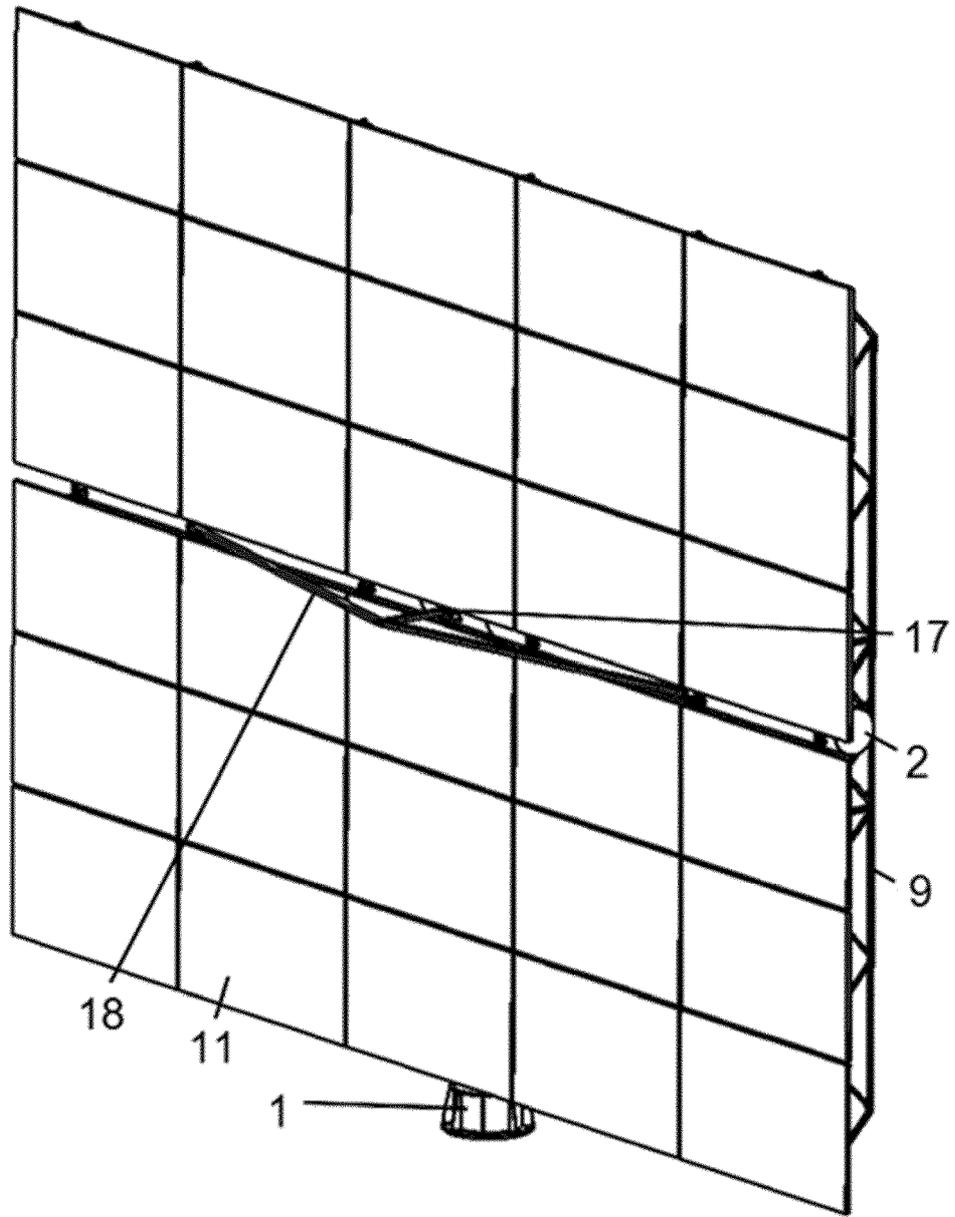


FIG. 2

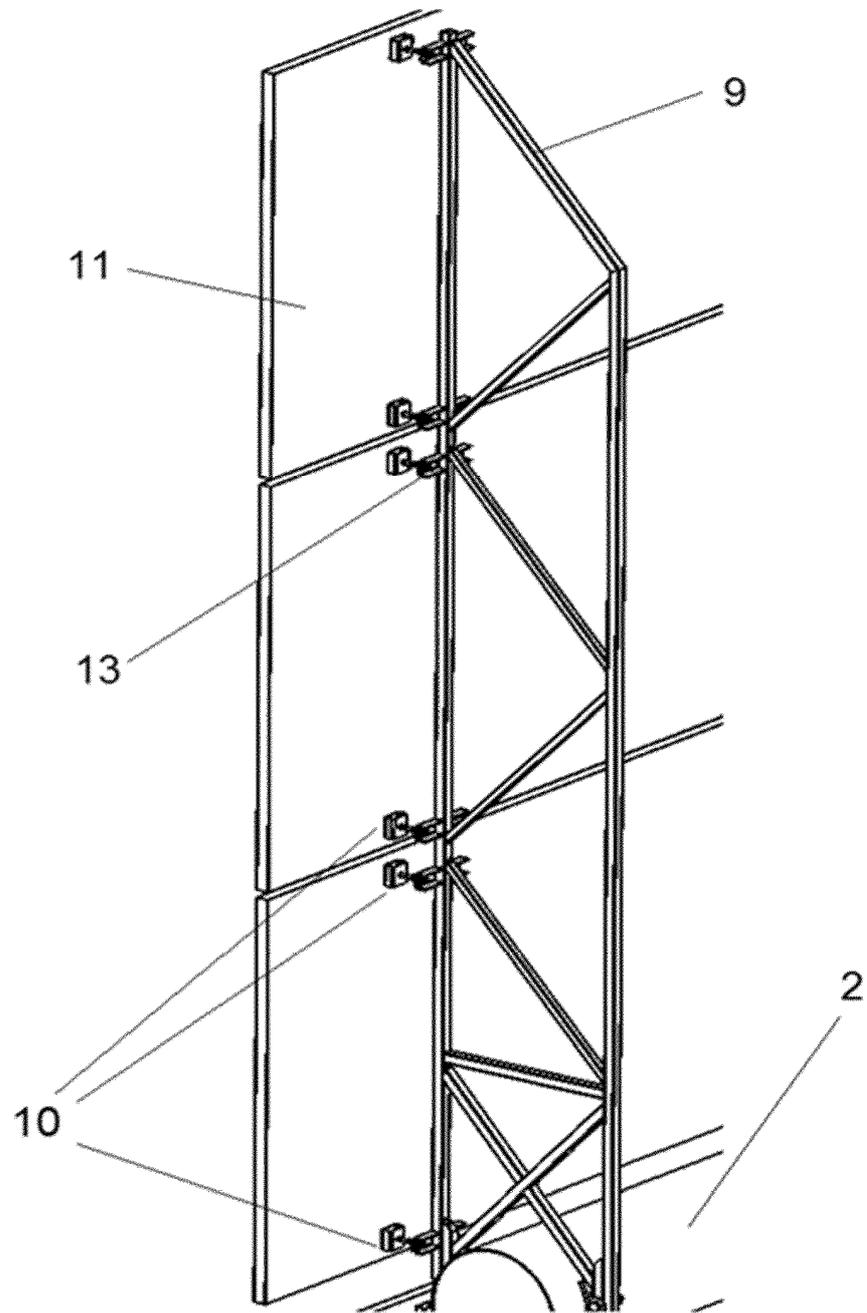


FIG. 3

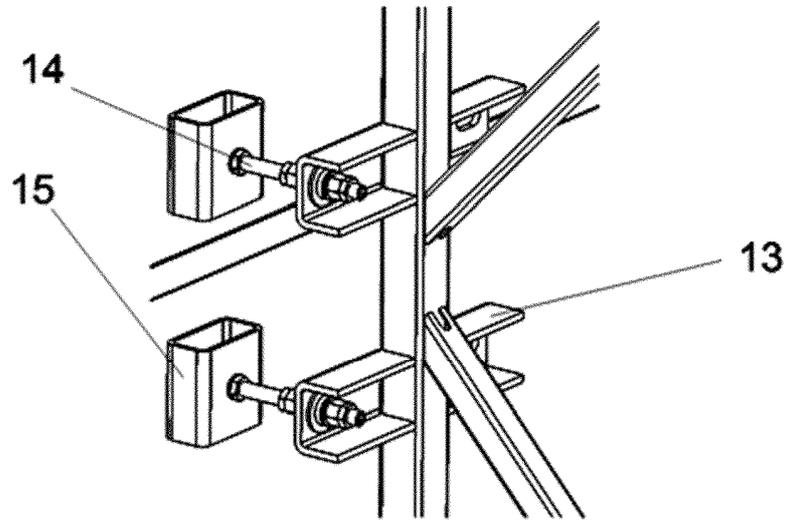


FIG. 4

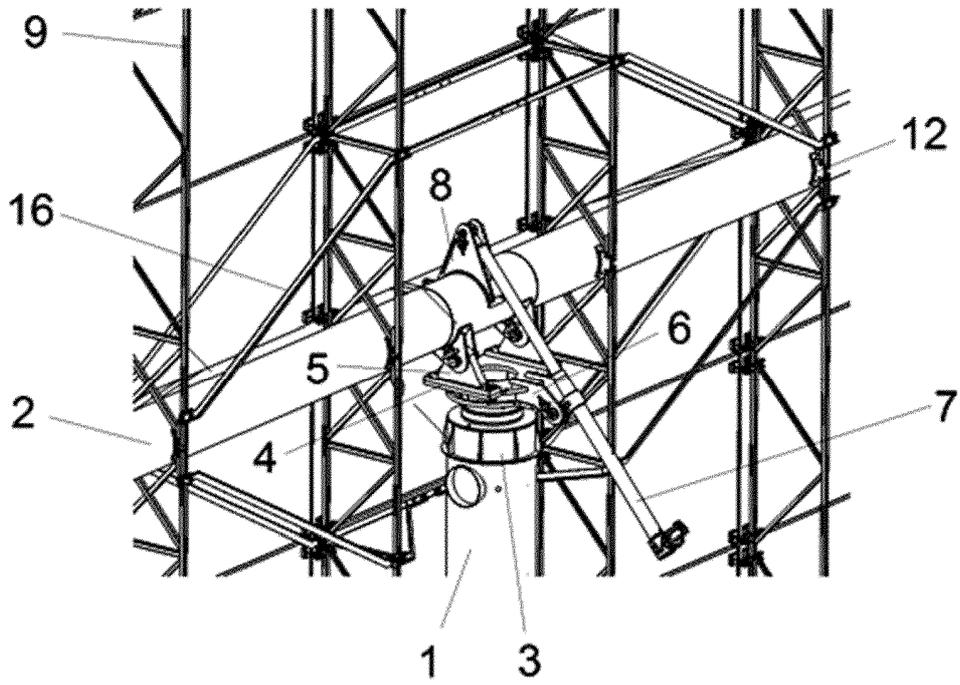


FIG. 5

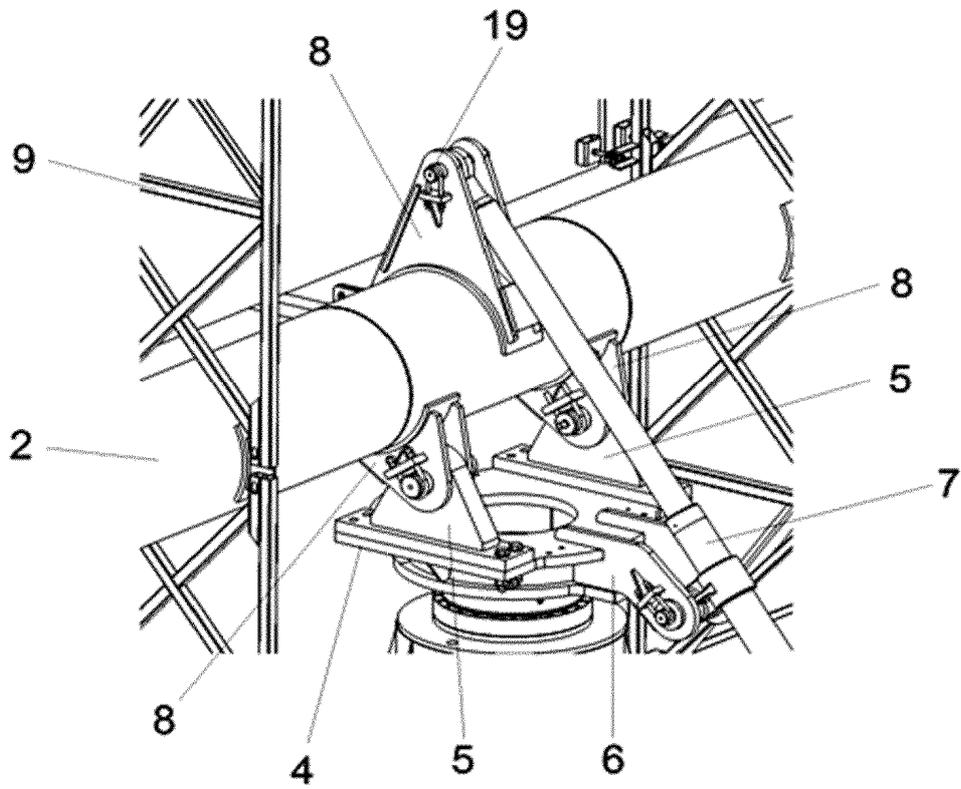


FIG. 6

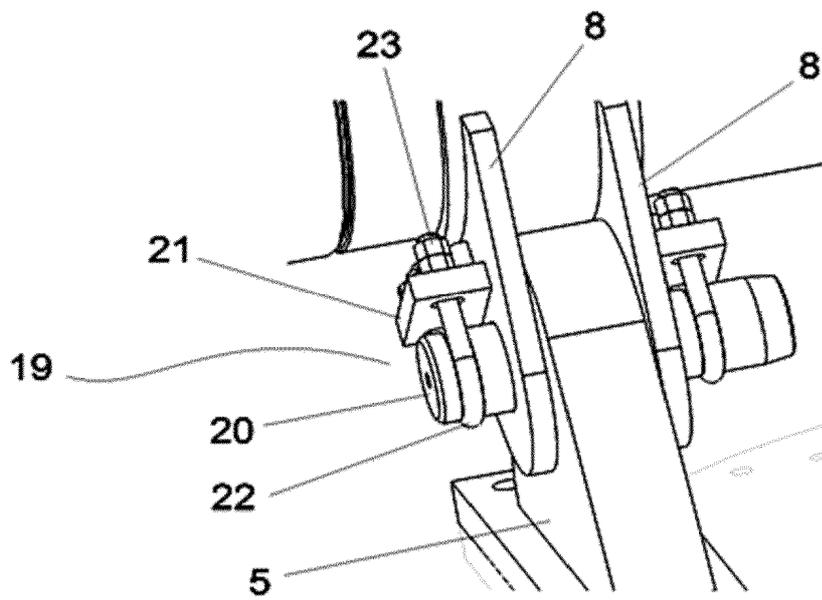


FIG. 7

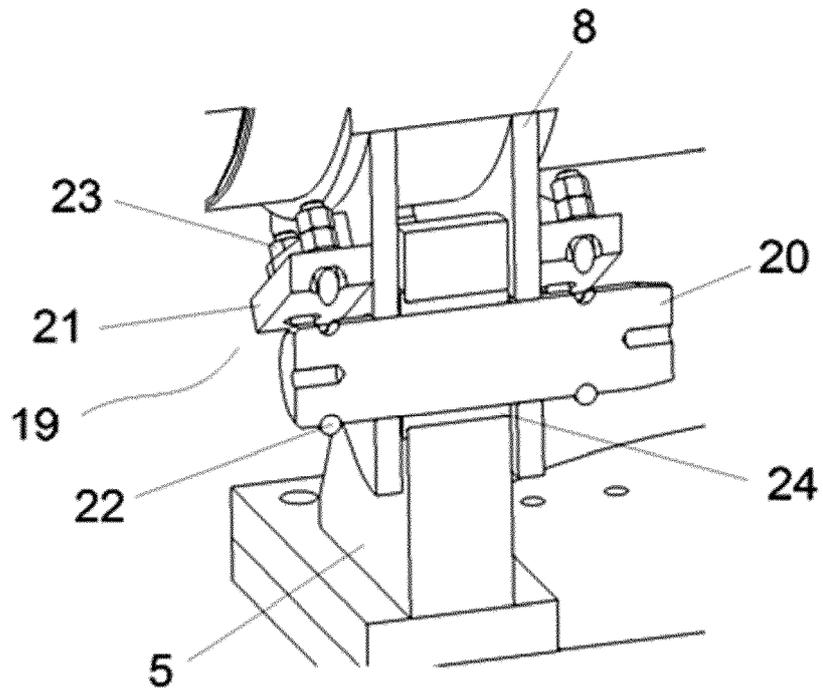


FIG. 8

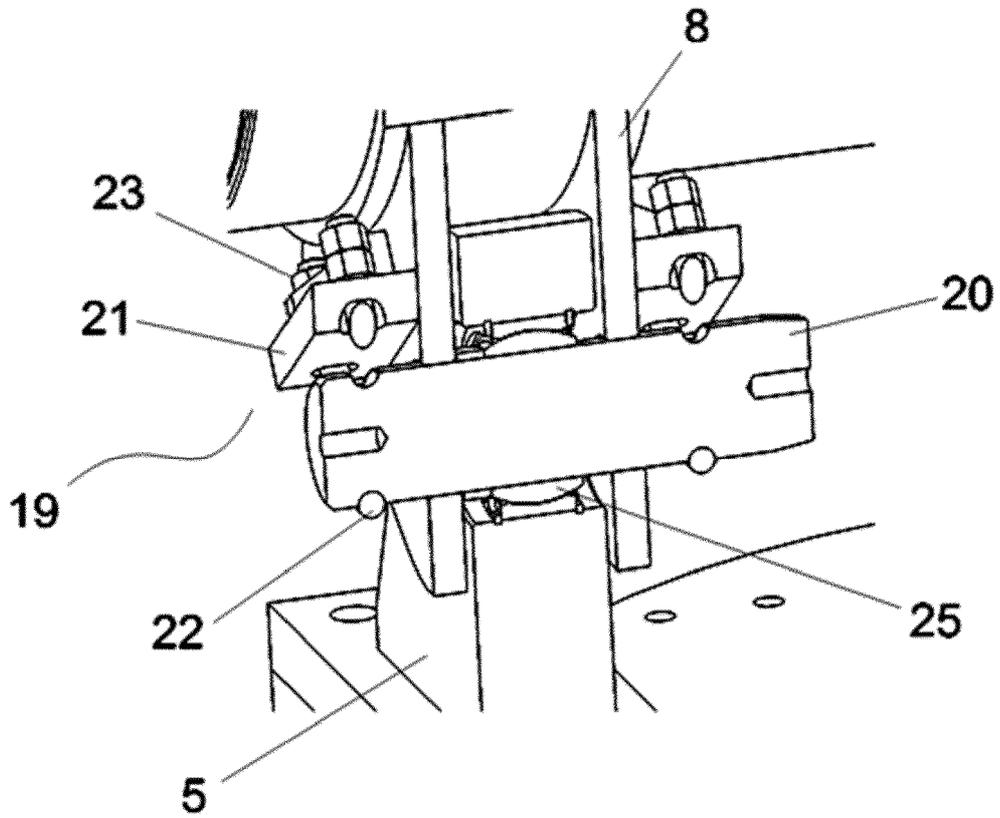


FIG. 9