

(12) **FASCÍCULO DE MODELO DE UTILIDADE**

(22) Data de pedido: 2011.12.21	(73) Titular(es): INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO ÁREA DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA, AVENIDA ROVISCO PAIS, 1 1049-001 LISBOA PT
(30) Prioridade(s):	
(43) Data de publicação do pedido: 2013.12.20	(72) Inventor(es): HORÁCIO JOÃO MATOS FERNANDES DÁRIO GONÇALO RIBEIRO DA SILVA
(45) Data e BPI da concessão: /	PT PT
	(74) Mandatário:

(54) Epígrafe: **SEGUIDOR SOLAR DE BAIXO PERFIL**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO REFERE-SE A UM DISPOSITIVO QUE POSICIONA PAINÉIS SOLARES (7) SEGUNDO UMA ORIENTAÇÃO FAVORÁVEL À COLEÇÃO MÁXIMA DE LUZ INCIDENTE DENTRO DE CERTAS RESTRIÇÕES DE MOBILIDADE E MANTENDO UM BAIXO PERFIL. OS PAINÉIS (7) SÃO APOIADOS EM TRÊS PONTOS, DUAS ARTICULAÇÕES LATERAIS (12) E UMA ARTICULAÇÃO CENTRAL (13) NA RETAGUARDA DOS REFERIDOS PAINÉIS (7), SENDO QUE AS ARTICULAÇÕES (12) ESTÃO LIGADAS À ARMAÇÃO (1) PELAS COLUNAS (2) E A ARTICULAÇÃO CENTRAL (13) ESTÁ LIGADA À ARMAÇÃO (1) POR UM DOS BRAÇOS DO ESQUADRO OBTUSO (3), RESPONSÁVEL POR FAZER A ROTAÇÃO AZIMUTAL. ESTE SISTEMA DE FIXAÇÃO, ASSENTE EM TRÊS PONTOS, CONFERE UM BAIXO PERFIL À ESTRUTURA GARANTINDO UMA BOA RESISTÊNCIA MECÂNICA E REDUZINDO A NECESSIDADE DE MATÉRIA-PRIMA. ALÉM DISSO, DE MODO A MELHORAR O RENDIMENTO DOS PAINÉIS (7), ESTA INVENÇÃO TAMBÉM PERMITE A MOVIMENTAÇÃO DESTES SEGUNDO O EIXO ZENITAL MOVENDO AS COLUNAS (4) E INCLINANDO CONSEQUENTEMENTE A ARMAÇÃO (1).

RESUMO

Seguidor Solar de Baixo Perfil

A presente invenção refere-se a um dispositivo que posiciona painéis solares (7) segundo uma orientação favorável à coleção máxima de luz incidente dentro de certas restrições de mobilidade e mantendo um baixo perfil. Os painéis (7) são apoiados em três pontos, duas articulações laterais (12) e uma articulação central (13) na retaguarda dos referidos painéis (7), sendo que as articulações (12) estão ligadas à armação (1) pelas colunas (2) e a articulação central (13) está ligada à armação (1) por um dos braços do esquadro obtuso (3), responsável por fazer a rotação azimutal.

Este sistema de fixação, assente em três pontos, confere um baixo perfil à estrutura garantindo uma boa resistência mecânica e reduzindo a necessidade de matéria-prima. Além disso, de modo a melhorar o rendimento dos painéis (7), esta invenção também permite a movimentação destes segundo o eixo zenital movendo as colunas (4) e inclinando conseqüentemente a armação (1).

DESCRIÇÃO

Seguidor Solar de Baixo Perfil

Campo da invenção

Campo técnico em que a invenção se insere

A presente invenção refere-se a um dispositivo mecânico controlado eletronicamente que atuará como seguidor solar de baixo perfil. Deste modo efetua o seguimento do movimento do sol ao longo do dia aumentando o débito dos painéis solares sem para isso ter de elevar demasiado a estrutura ou os painéis.

Estado da técnica

Correntemente a forma adotada para ultrapassar a necessidade de orientação dinâmica dos painéis solares consiste no sobredimensionamento dos mesmos. Contudo esta prática encarece largamente a solução tornando-se a mesma não rentável economicamente na vertente fotovoltaica (FV) industrial.

São já conhecidos dispositivos de suporte para painéis solares que utilizam mecanismos para fazer seguimento solar. Estes seguidores podem ser separados em basicamente dois tipos: (i) os que atuam apenas no seguimento horizontal ou vertical do sol segundo um só eixo e (ii) os que atuam em dois eixos, tipicamente o eixo azimutal orienta o painel no deslocamento este-oeste e o eixo zenital orienta o painel em relação à altura do sol. Contudo as presentes soluções exigem uma elevada volumetria espacial disponível e uma grande área de solo utilizada, da ordem de seis a oito vezes a área ativa do painel FV.

Resultados comparativos entre os vários tipos de posicionadores podem ser consultados em [1]. Nesta publicação está indicado que os seguidores solares de dois eixos permitem aumentar o débito dos painéis até um máximo de 43% quando comparado com posicionadores fixos a 32° [1]. Por outro lado o seguimento segundo um só eixo (Este-Oeste) permite aumentar a produção de energia até um máximo de 37%, sacrificando apenas 6% em relação ao anterior, enquanto que no caso de não articulação azimutal, o aumento é inferior a 15% [1].

Como exemplo, a respeito do estado atual da arte em seguidores solares de 2 eixos, pode ser citada a patente US2011/0061644A1 [2] na qual os painéis solares estão associados em pares, têm mobilidade nos dois eixos e estão dispostos num baixo perfil sobre um carril. A rotação sazonal (inclinação Norte-Sul) é dada pela rotação do carril, enquanto a rotação diária (Este-Oeste) é feita apenas por um dos painéis solares do par em cada instante. Isto quer dizer que apenas um dos painéis executa uma rotação com amplitude entre os 45° e 0°, estando o outro painel solar sempre na horizontal até à situação em que estão os dois painéis solares na horizontal (meio dia solar), a partir deste momento os movimentos invertem-se e o painel que anteriormente esteve em rotação fica em repouso na horizontal enquanto o outro perfaz o movimento de seguimento do sol rodando entre os 0° e os 45°.

Apesar de o modelo US2011/0061644A1 [2] ser uma ideia engenhosa para resolver o problema da necessidade de sistemas de seguimento com baixo perfil, este sistema tem problemas de eficiência uma vez que em todos os instantes (excepto ao meio dia) apenas metade dos painéis solares

estão no seu regime ótimo de eficiência, ou seja, efetivamente orientados no sentido de máxima radiação solar. Além disso a manutenção de um sistema deste tipo, quando montado em larga escala, é bastante complicada porque os painéis solares estão rigidamente ligados e no sentido de otimizar a área disponível com o máximo de painéis solares é deixado muito pouco espaço para a deslocação, reparação e substituição de equipamentos por parte de técnicos.

Outro exemplo de seguidores solares de 2 eixos é o modelo U200103096 [3], que inclui uma plataforma fixa, equipada com um trilho circular adaptado a uma plataforma giratória, sobre rodas, que é posicionada de acordo a orientação do sol. A plataforma giratória carrega uma pluralidade de coletores solares dispostos em fileiras e colunas numa superfície inclinada. Além disso, este seguidor solar garante por sua vez que os painéis solares possam ser rodados de uma posição vertical (onde recebem a máxima luz do sol ao amanhecer), para a posição horizontal (captando a luz solar quando o sol está no seu apogeu), e recuperar novamente a posição vertical durante a noite. O movimento de rotação do prato giratório é feito por um motor de engrenagem conectado às rodas.

No entanto este modelo U200103096 [3] sofre de problemas de manutenção e fiabilidade de funcionamento causados sobretudo pela complexidade e quantidade de elementos mecânicos na sua estrutura. Por outro lado, uma vez que os painéis solares estão localizados sobre uma coluna fixa substancialmente elevado do nível do solo, o seguidor está muito exposto a choques e condições climatéricas adversas como correntes de ar ou ventos fortes.

Outro exemplo que também se aproxima à invenção proposta é a patente CN101764540 [4]. Esta consiste numa estrutura seguidora resistente ao vento que pressupõe um suporte para dois painéis solares com possibilidade associar em rack assente numa coluna vertical, o qual tem capacidade de fazer o seguimento em vários eixos através de um conjunto de mecanismos giratórios na coluna e nas articulações dos painéis solares.

Desta forma a patente CN101764540 [4] consegue fazer o seguimento em vários eixos e resolver o problema do vento através de uma coluna rígida em forma de T. No entanto o perfil elevado apresentado pela estrutura implica um grande impacto visual e uma maior área de solo em sombra. Além disso, de modo a resistir ao vento, a coluna e o suporte têm forçosamente de ser bem mais pesado que a solução aqui apresentada que pressupõe manter um baixo perfil.

Resumo da invenção

O objetivo da invenção consiste em construir um seguidor solar de baixo perfil capaz de posicionar painéis solares passivos ou fotovoltaicos segundo uma orientação favorável à coleção máxima de luz incidente dentro de certas restrições de mobilidade, para várias dimensões de painéis solares e para vários valores de inclinação (dentro de certas restrições mecânicas), melhorando substancialmente a rigidez mecânica, simplicidade de construção e mantendo os painéis solares (7) com um baixo perfil.

Descrição detalhada da invenção

A presente invenção refere-se a um dispositivo que posiciona painéis solares (7) passivos ou fotovoltaicos segundo uma orientação favorável à coleção máxima de luz

incidente dentro de certas restrições de mobilidade e mantendo um baixo perfil.

Esta invenção compreende uma armação (1) na qual os vários componentes estão apoiados. Os painéis solares (7) são fixos em três pontos, mais especificamente são apoiados lateralmente por duas colunas (2) com articulações laterais (12) tanto nos painéis solares (7) como na armação (1) restringindo assim os movimentos dos painéis solares segundo um único grau de liberdade rotacional. Além destes dois apoios, os painéis solares (7) também são apoiados na retaguarda pelos braços do esquadro obtuso (3) por intermédio de uma articulação central (13) fixa ao suporte (16), fazendo com que os braços do esquadro obtuso (3) fiquem cruzados com as colunas laterais (2).

No presente pedido a expressão “esquadro obtuso” deve ser entendida como uma peça metálica em forma de V, com um casquilho no vértice inferior do V e articulações nos vértices restantes. Esta peça tem assim a forma de um esquadro cujo ângulo interno é sempre superior a 90° (ângulo obtuso) por restrições construtivas.

No centro do esquadro obtuso (3) está um casquilho fixo ao carril (15) por um veio metálico (17) que trespassa o casquilho fixando assim o esquadro (3) preso à armação (1) mas permitindo a rotação deste.

Do casquilho do esquadro obtuso (3) brota verticalmente a torre retangular (14), perpendicular ao eixo de rotação. Esta torre retangular (14) servirá de suporte a um circuito eletrónico que compreende um sistema de sensores de luz ambiente capazes de identificar a posição de máxima

intensidade solar, necessários para indicar ao circuito eletrónico de controlo da rotação motor elétrico (6) quanto se deverá movimentar o motor elétrico (6) no sentido de maximizar a captação de luz dos painéis (7) e consequente otimização de produção de energia.

O movimento giratório diário (Este-Oeste) dos painéis solares (7) é feito com o movimento do esquadro (3) na qual os painéis (7) estão apoiados. Para isso, um apêndice no esquadro obtuso (3) oposto à torre retangular (14) tem na sua extremidade um rasgo perfurado onde está fixado pela articulação (9) um parafuso sem-fim (8), concêntrico a um tubo roscado helicoidal interior (10) que é atuado pelo motor elétrico (6).

O motor elétrico (6) encontra-se suportado pelo carril (15) através do apoio (5) e ao rodar aplica um movimento de biela na articulação do parafuso sem-fim (9), provocando a sua rotação em torno de (17) e, por conseguinte, uma variação na inclinação dos painéis solares (7).

O motor elétrico (6) que está ligado ao tubo roscado helicoidal interior (10) compreende a existência de pelo menos um circuito eletrónico de controlo da rotação do referido motor elétrico (6).

Um outro desenvolvimento da invenção prevê que o motor elétrico (6) esteja diretamente ligado ao casquilho no centro do esquadro obtuso (3), depois de devidamente desmultiplicado, executando assim diretamente a rotação dos painéis solares (7).

A rotação dos painéis solares (7) é feita em torno de uma posição central horizontal até uma determinada amplitude que está limitada por restrições mecânicas dependentes do dimensionamento. Como tal, a amplitude do ângulo do esquadro (3), o comprimento dos seus braços, o comprimento dos apoios laterais rotativos (2) e as posições das várias articulações laterais (12) nos painéis solares (7) condicionam o movimento de acordo com a especificação requerida para o produto, nomeadamente as inclinações máximas azimutais e zenitais.

As fórmulas que regulam o movimento dos painéis (7) podem ser deduzidas a partir de quatro parâmetros: (i) o ângulo α que o esquadro obtuso (3) faz com o plano horizontal, (ii) o ângulo β que as colunas (2) fazem com o plano horizontal, (iii) o ângulo γ de inclinação dos painéis solares (7) e, (iv) as coordenadas x e y das articulações laterais (12).

Desta forma é possível dimensionar o dispositivo de acordo com as necessidades. Como tal, considerando o casquilho do esquadro obtuso (3) como o ponto A e as articulações laterais (12) como os pontos B, C e D, é possível defini-los em função dos ângulos α , β e γ de acordo com as seguintes equações de 1 a 6:

$$Cy = Dy + \left[\sqrt{(Cx - Dx)^2 + (Cy - Dy)^2} \right] \cdot \sin(\gamma) \quad (\text{eq. 1})$$

$$Cx = Dx + \left[\sqrt{(Cx - Dx)^2 + (Cy - Dy)^2} \right] \cdot \cos(\gamma), \quad (\text{eq. 2})$$

$$Cy = (\sqrt{Cx^2 + Cy^2}) \cdot \sin(\alpha), \quad (\text{eq. 3})$$

$$Cx = (\sqrt{Cx^2 + Cy^2}) \cdot \cos(\alpha), \quad (\text{eq. 4})$$

$$Dx = Bx - \left[\left[\sqrt{(Dx - Bx)^2 + Dy^2} \right] \cdot \cos(\beta) \right], \quad (\text{eq. 5})$$

$$Dy = \left[\sqrt{(Dx - Bx)^2 + Dy^2} \right] \cdot \sin(\beta) \quad (\text{eq. 6})$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{Cx-Dx}{Cy-Dy}\right) \quad (\text{eq. 7})$$

Sendo (eq. 7) a equação do ângulo formado entre os painéis (7) e o plano horizontal.

Como tal, fixando por exemplo, os valores para o ângulo α , β ou γ , é possível descobrir as coordenadas x e y das várias articulações laterais (12). As restrições mecânicas ao movimento rotacional dos painéis (7) dependem do dimensionamento requerido, mas forçosamente obrigam a: (i) $\gamma < \alpha$ devido ao encosto da haste DC ao braço AC; (ii) $\alpha > 0$ devido ao encosto da haste AC com o plano horizontal AB.

Devido às restrições no movimento angular dos painéis solares (7) acima descritas existem dois batentes de fim de curso colocados na armação (1) ou nos painéis (7) sob a forma de interruptores da alimentação do circuito eletrónico de controlo do motor elétrico de modo a parar a rotação deste quando o limite de inclinação dos painéis é atingido.

De modo a considerar a variação do movimento aparente do sol no céu ao longo do ano, esta invenção também pressupõe executar uma rotação zenital. Esta consiste em inclinar lateralmente um dos lados da armação (1) através do movimento vertical das colunas (4) que suportam um dos lados do dispositivo, tal como nas montagens equatoriais.

Cada coluna (4) consiste na base (11) onde assenta a estrutura e o seu sistema de tubos perfurados coaxiais, o tubo exterior (4a), o tubo interior (4b) e cavilha (4c). Estes tubos têm furações específicas e são preenchidos pela cavilha (4c) na furação correspondente à inclinação do dispositivo desejada. Cada coluna (4) deve compreender pelo

menos quatro furações ordenadas, uma para cada solstício (Verão e Inverno) e duas para os meses de Março/Outubro e Abril/Setembro, uma vez que são as alturas em que a declinação do Sol mais varia. O distanciamento entre as furações depende fundamentalmente da latitude do local.

A equação 8 é dependente da largura da armação (1) ($L_{Armação}$) e relaciona a amplitude de inclinação Norte-Sul (inc_{N-S}) dos painéis (7) com a variação da extensão vertical (ΔY) das colunas (4), sendo a origem a posição em que os painéis (7) estão alinhados com o plano horizontal. Seguindo esta expressão é possível dimensionar o comprimento das colunas (4) sabendo qual a inclinação desejada e a largura da armação de suporte (1).

$$\Delta Y = L_{Armação} \cdot \tan(inc_{N-S}) \quad (\text{eq. 8})$$

A invenção prevê também que o seguidor de baixo perfil apresentado seja escalável para várias dimensões de painéis solares (7). É suposto que os painéis solares (7) sejam recebidos com armação sobre a forma de painéis pré-montados, comportando desde dois painéis solares individuais por dispositivo ou até vários painéis solares (7) desde que agrupados em dois conjuntos retangulares. Além disso tem a possibilidade de aumentar a sua capacidade linear de painéis solares (7) para aplicações em larga escala simplesmente adicionando lateralmente mais dispositivos como este proposto.

Deve-se considerar que as várias peças, colunas e armações são tipicamente metálicas e preferencialmente em perfil oco. Considerar também que as articulações são constituídas

por um veio metálico atravessando furos nas peças ou em abas perfuradas e posteriormente freado nas extremidades com anilhas de freio ou porcas frenadas.

As características da invenção anunciada na presente descrição, nas reivindicações e nas figuras podem ser significativas, tanto individualmente como combinadas de qualquer forma, para concretizar a invenção nas suas diferentes versões.

Lista dos números de referência

- 1) Armação do dispositivo,
- 2) Colunas laterais,
- 3) Esquadro obtuso com apêndice vertical superior e inferior,
- 4) Colunas de suporte do dispositivo
 - a) Tubo exterior,
 - b) Tubo interior,
 - c) Cavilha,
- 5) Apoio do motor elétrico,
- 6) Motor elétrico,
- 7) Painéis solares,
- 8) Parafuso Sem-fim,
- 9) Articulação do parafuso sem-fim,
- 10) Tubo roscado,
- 11) Base das colunas de suporte do dispositivo,
- 12) Articulações laterais,
- 13) Articulação central dos painéis solares,
- 14) Torre retangular de suporte do sistema de sensores,
- 15) Carril central,
- 16) Base de suporte da articulação central dos painéis solares,
- 17) Veio metálico.

Descrição das figuras

Para complementar a descrição feita e, a fim de ajudar a compreender melhor as características da invenção de acordo com o mecanismo de funcionamento dela, é anexada como parte integrante da referida descrição um conjunto de figuras de ilustração.

A Figura 1 representa o posicionador solar de baixo perfil visto em perspectiva com os painéis solares na horizontal e transparentes.

A figura 2 representa o posicionador solar de baixo perfil visto de lado.

A figura 3 representa o posicionador solar de baixo perfil visto de cima.

A figura 4 representa o posicionador solar de baixo perfil visto por trás.

A figura 5 refere-se a uma representação ampliada das colunas móveis que suportam o dispositivo.

A figura 6 refere-se a uma representação ampliada do sistema elétrico que atua no movimento de rotação diário dos painéis solares.

A figura 7 refere-se a uma representação ampliada do sistema de acoplamento entre o atuador e o mecanismo.

A figura 8 refere-se a uma representação ampliada da articulação central de suporte aos painéis solares, 12.

A figura 9 refere-se a uma representação gráfica do mecanismo giratório posicionador solar de baixo perfil, com indicação dos ângulos e posições das articulações.

A figura 10 refere-se a uma representação ampliada de uma das colunas que suportam o dispositivo na versão em que possui quatro furações sazonais.

A figura 11 representa o posicionador solar de baixo perfil visto em perspectiva com os painéis solares inclinados a 30°.

Referências Bibliográficas

- [1] Salah Abdalla. *"The effect of using sun tracking systems on the voltage-current characteristics and power generation of flat plate photovoltaics"*, In: Energy Conversion and Management 45 (2004) 1671-1679.
- [2] Pizzarello et al; US Patent US2011/0061644A1; Low Profile Solar Tracking Systems & Methods; 2011.
- [3] García Dávila, Jesús y outro; Patent U200103096; *"Seguidor solar para central electrica fotovoltaic"*; 2001.
- [4] Wang Shitao; Patent CN101764540; *"Wind-resistance Solar Tracker"* 2010.

Lisboa, 7 de Novembro de 2013

REIVINDICAÇÕES

1. Seguidor solar de baixo perfil compreendendo dois painéis solares (7) individuais ou vários painéis solares (7) agrupados em dois conjuntos retangulares, **caracterizado por** cada um dos painéis solares (7) estar apoiado em três pontos e o referido seguidor solar compreender pelo menos:
 - a) duas articulações laterais (12) que estão ligadas à armação (1) pelas colunas (2);
 - b) uma articulação central (13) na retaguarda dos painéis solares (7) que está ligada à referida armação (1) por um dos braços do esquadro obtuso (3);
 - c) um esquadro obtuso (3) atuado por um motor elétrico (6) que possui um casquilho central articulado de onde brota a torre retangular (14), e que está colocado entre duas furações no carril central (15) e por onde passa o veio metálico (17).
2. Seguidor solar de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o esquadro obtuso (3) ter os dois braços, que apoiam os painéis (7), simétricos em relação ao eixo de rotação.
3. Seguidor solar de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizado por** possuir um braço que brota do casquilho central do esquadro obtuso (3), simétrico à torre retangular (14) em relação ao plano horizontal, e que tem na sua extremidade um rasgo perfurado onde está fixo pela articulação (9) um parafuso sem-fim (8), concêntrico a um tubo roscado helicoidal interior (10) que está ligado ao motor elétrico (6).

4. Seguidor solar de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** a torre retangular (14) que brota verticalmente do casquilho do esquadro obtuso (3) ser perpendicular ao eixo de rotação.
5. Seguidor solar de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** as colunas metálicas (4) serem constituídas por tubos perfurados coaxiais, o tubo exterior (4a), o tubo interior (4b) e cavilha (4c), compreendendo pelo menos quatro furações ordenadas.
6. Seguidor solar de acordo com as reivindicações 1 e 6, **caracterizado por** o motor elétrico (6), que está ligado ao tubo roscado helicoidal interior (10), compreender pelo menos um circuito eletrónico de controlo da rotação do referido motor elétrico (6).
7. Seguidor solar de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** estar equipado com pelo menos um circuito eletrónico na torre retangular (14) com sensores de luz ambiente.
8. Seguidor solar de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender pelo menos dois batentes de fim de curso colocados na armação (1) ou nos painéis (7), sob a forma de interruptores da alimentação do circuito eletrónico de controlo da rotação do motor elétrico (6).

Lisboa, 7 de Novembro de 2013

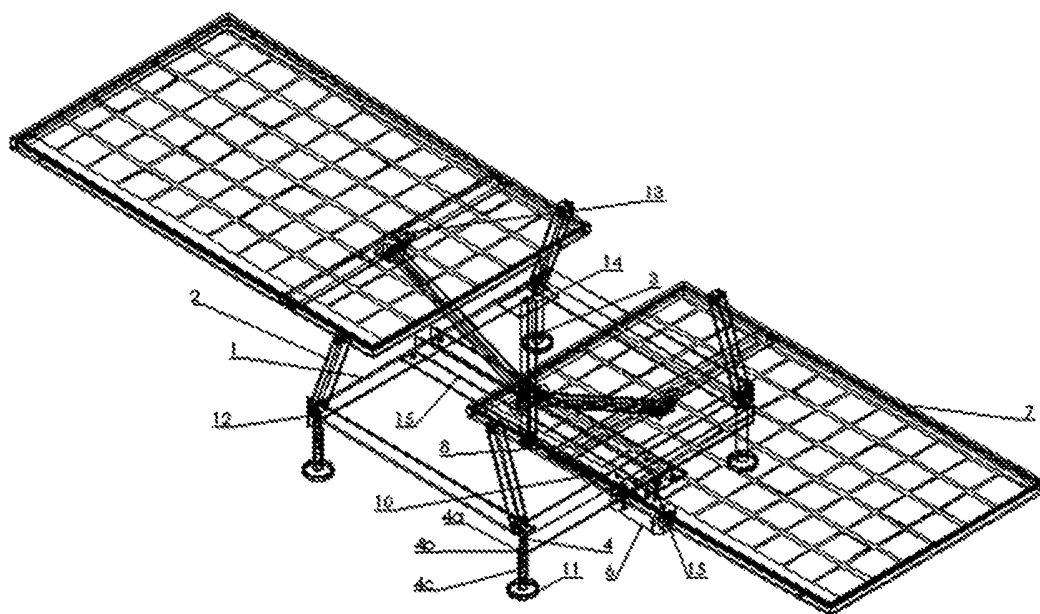


Figura 1

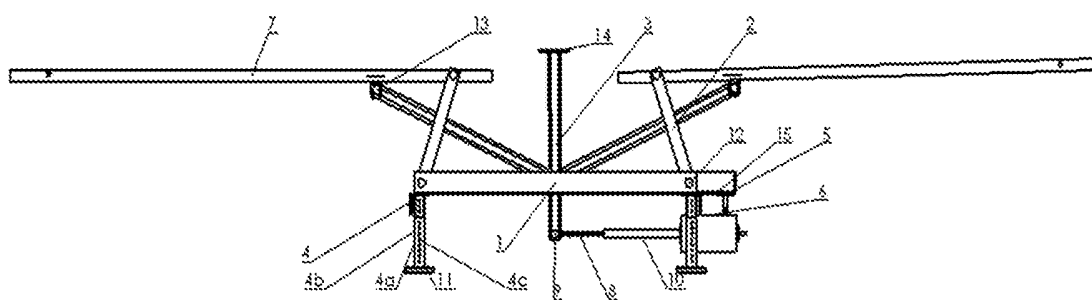


Figura 2

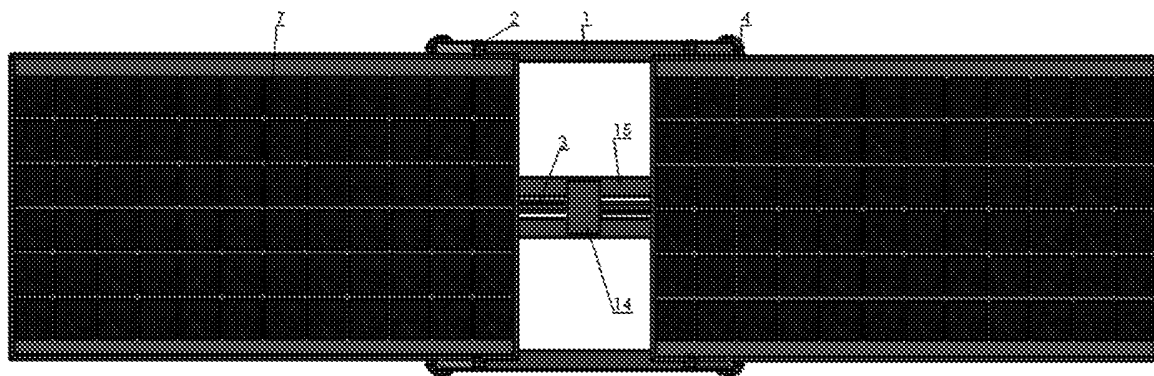


Figura 3

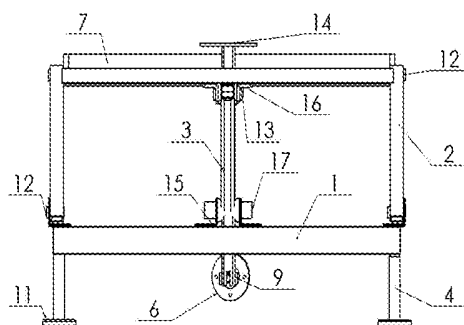


Figura 4

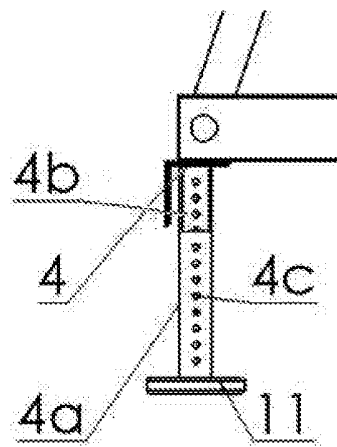


Figura 5

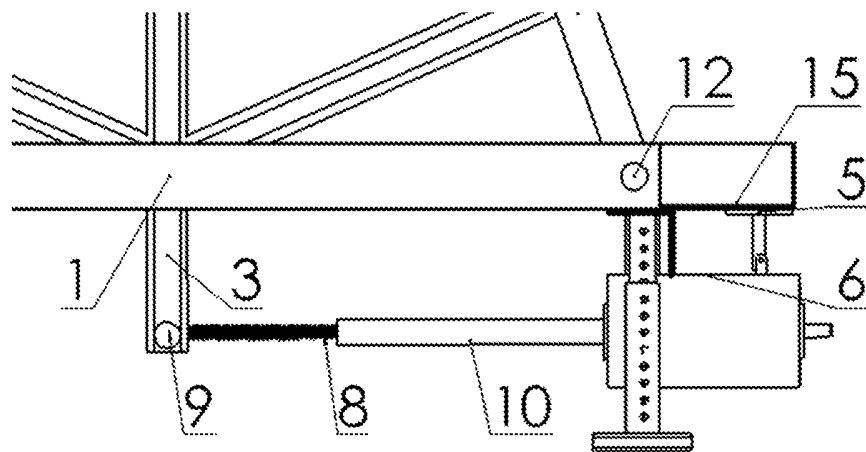


Figura 6

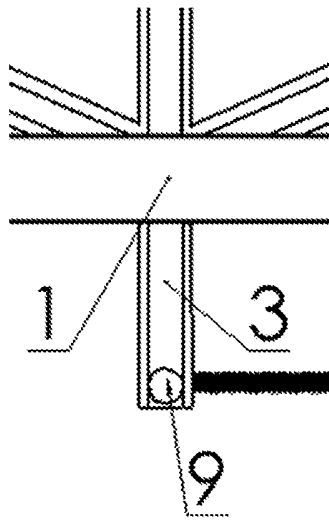


Figura 7

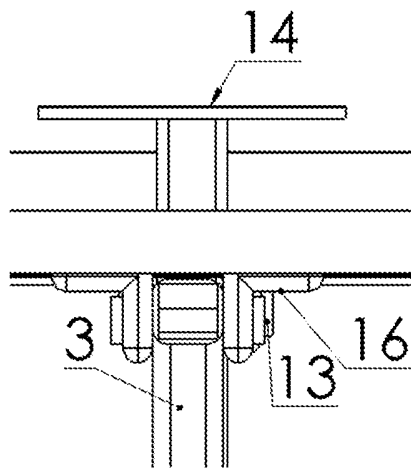


Figura 8

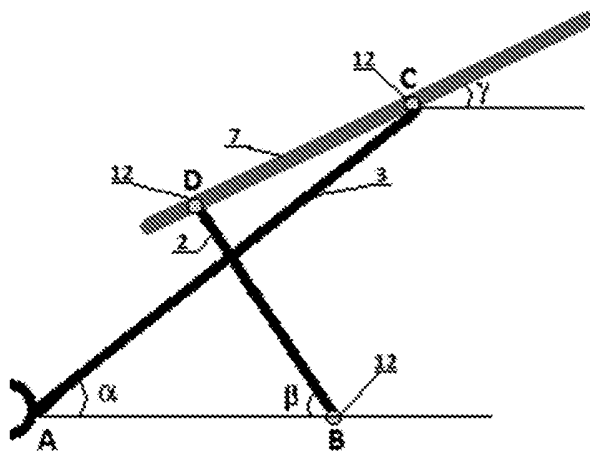


Figura 9

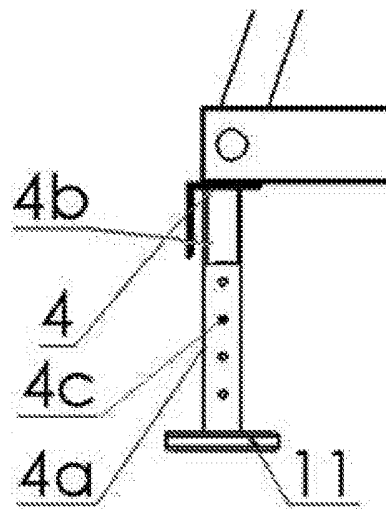


Figura 10

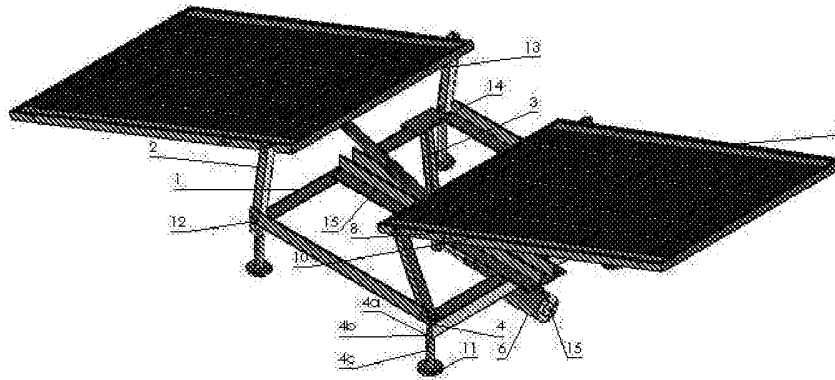


Figura 11