SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR DE DOS EJES

DESCRIPCIÓN

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se relaciona con el diseño de un sistema de seguimiento solar de dos ejes. Este sistema se usa en la generación fotovoltaica, al colocarse sobre él mismo paneles de generación que utilizan la energía del sol para obtener electricidad. El sistema consta de dos estructuras una firmemente sujeta al piso, y otra estructura móvil sobre la anterior. La estructura móvil realiza una serie de movimientos a los que se les da forma a partir de un pivote principal y otros auxiliares. El conjunto es un dispositivo electrónico-mecánico que permite el control sobre la orientación hacia el sol de la estructura móvil de manera automática. Con este seguimiento se presenta consistentemente la superficie de paneles hacia el sol, buscando la mayor incidencia de radiación, lo que ayuda a incrementar la eficiencia de la generación eléctrica. Esto es viable gracias al desarrollo de un sistema de control del movimiento, que tiene entre sus partes un controlador que a su vez contiene un algoritmo programado para ello, además de la electrónica para la alimentación y protección de los actuadores involucrados, todo lo anterior interactuando con la parte estructural.

Este seguidor tiene una cobertura amplia en lo referente a seguir el sol, pues su diseño se pensó para usarse en regiones tropicales y subtropicales, ambas condiciones presentes en el territorio nacional.

ANTECEDENTES

La parte medular en este caso, es lograr la optimización de generación eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico al colocarle un control de seguimiento y lograr que los paneles estén por más tiempo de cara al sol. Esto ofrece la oportunidad de generación de electricidad de manera limpia, es decir, la transformación de la energía solar en energía eléctrica sin la generación de subproductos como el bióxido de carbono, lo que significa una atractiva oportunidad, de apoyar de manera significativa a la reducción de los problemas que conllevan estos residuos de la generación eléctrica. Cuando se usan recursos que no se renuevan, como lo son el carbón y derivados del petróleo, la quema de los mismos resulta una aportación significativa a los gases de efecto invernadero. Por ello se buscan alternativas de generación y de ahí que, un objetivo definido por el "RIGES scenario" en la cumbre de Río de 1992, es la obtención de un 34% de la electricidad mundial con medios fotovoltaicos para el año 2050. Por lo que la generación eléctrica basada en sistemas fotovoltaicos tiene el potencial para convertirse en una fuente limpia de este insumo.

En la actualidad el sol se encuentra en plena madurez y se estima que tendrá esta actividad de manera continua por lo menos 5000 millones de años más, por lo anterior, la irradiancia solar que se tiene sobre la tierra se tendrá de manera abundante por un buen tiempo, con regiones en las cuales la abundancia del recurso solar es altamente significativa, como es el caso de las regiones tropicales y subtropicales. Esto se muestra en el mapa solar de Matthias Loster, 2006.

Ahora siendo más específicos, la irradiación solar promedio recibida que se calcula como media en el país es de 5kWh/m^2-día de acuerdo al Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Cuando se discute sobre la energía radiada del sol hacia la tierra, hay que considerar sobre este particular, el proceso de movimiento del planeta sobre su órbita, el cual muestra dos desplazamientos principales, el primero entorno a su eje que es de rotación, y el segundo entorno al sol que es de translación.

Este último determina en gran medida la radiación que recibe el planeta en todo momento, de manera adicional la posición que guarda el eje de la tierra acorde al movimiento que se da entorno al sol, que se ha descrito como un movimiento elíptico (traslación), causa los cambios estacionales y por ende cambios en la radiación solar promedio. Por lo que el ángulo entre el eje polar y la normal al plano elíptico o de translación permanecen sin cambios, pero el ángulo que se forma entre el plano ecuatorial y la línea que une los centros del sol y la tierra cambian cada día, este ángulo es cero en los equinoccios de primavera y otoño, y en el solsticio de verano se tiene un ángulo de 23.5° y en el de invierno de -23.5°.

Ahora bien al seguir el desplazamiento entorno al sol, un observador situado en un punto en particular sobre la tierra observará un desplazamiento del sol para esa ubicación, por lo que se debe conocer la localización del mismo, dada por la latitud y la longitud, que dan la referencia espacial de una posición sobre la tierra. Por lo que

ese punto localizado sobre la superficie terrestre, que es necesario conocer, para de esa manera saber cómo será el desplazamiento del sol sobre este, pues la idea principal es que el plano que se exponga al sol deberá seguirlo.

Para conseguir este objetivo se trabajó en el seguidor con dos ángulos, el Beta o Azimut que se encarga de la desviación al Este u Oeste con respecto al Norte, y el ángulo Alfa que se ocupa de la inclinación concerniente a la dirección Sur Norte. La intención con el seguidor es lograr la mayor perpendicularidad posible del plano que contiene los paneles fotovoltaicos con respecto al sol. Ahora bien el recorrido del sol se puede estimar por medio de un gráfico geométrico, por lo que es posible tener éste, mostrando las coordenadas angulares, en una representación de la bóveda celeste de un determinado lugar en función de su longitud y latitud, a este grafico se le llama carta solar estereográfica de Fisher-Mattioni y en la Figura 6 se muestra como ejemplo, con las coordenadas de la ciudad de León, Guanajuato, la cual nos da la representación de la trayectoria solar a lo largo del año en esa ciudad, el cual se obtuvo con una aplicación libre de la Universidad de Oregón en. En ella el grafico representa la altura solar o el ángulo Alfa que se mide de Sur 0° a Norte 180°, y el ángulo Beta que se mide con referencia Norte de 0° a 360°.

Tomando en cuenta el desplazamiento de la tierra, el cual ocasiona una variación en la insolación, aunado a los efectos climáticos naturales como lo es la formación de nubes, resulta que la media de generación de una celda fotovoltaica a lo largo del año sea de un 20% de su potencia pico (Hossein Mousazadch, et. al., 2009). Por lo

que si el panel permanece fijo, la radiación solar que recibe, estará ligada a la irradiación promedio de ese lugar en el cual fue colocado, y la incidencia de los rayos del sol no será la misma en verano que en invierno, por mencionar una diferencia muy significativa, si bien en realidad no es igual inclusive día con día.

Es sabido que para que el panel esté por más tiempo mirando al sol, se coloque éste sobre un seguidor solar, lo que ayuda a incrementar la requerida exposición al sol. Por lo que el uso de seguidores solares aumenta la generación producida, en función al arreglo, la disposición en el espacio, la estructura y el control involucrado, con todos estos se pueden obtener mejoras en la eficiencia que oscilan del 20 al 45 % en un sistema de dos ejes, o bien del 10 al 35 % en un sistema de un eje (Ibrahim Sefa et. al., 2009). Por lo que también un seguidor de un eje ofrece una ventaja en el incremento de la generación eléctrica.

Dentro del tema, ahora en la parte de patentes podemos encontrar seguidores solares parabólicos que emplean un tubo, que contiene un fluido y usan la absorción de calor sobre el mismo, al colocarlo en el foco de la parábola. En donde la superficie parabólica que hace la reflexión, tiene asociado un seguimiento del sol, tales como la comprendidas en las patentes WO 2009/040065 A2 y 4,469,938, en nuestro caso no se calienta un fluido, que en un proceso posterior es el que se emplea para la generación.

Otra opción de trabajo con fluidos y colectores solares tipo parabólico, se usa en casos en donde los desplazamientos logrados una vez que se calienta el fluido, mueve un embolo que hace que la estructura que tiene los paneles fotovoltaicos se mueva, tal como el contenido en la patente WO 92/11496, en nuestro caso empleamos actuadores lineales con suministro de energía eléctrica para la operación del mismo y además permite la operación aun cuando el día este nublado o se presente una sombra sobre el seguidor.

Encontramos también seguidores solares para usar con células de generación del tipo concentración, por lo que para su operación, se colocan en conjunto con un sistema parabólico que puede o no tener una lente de Fresnal, y es en este conjunto célula – parábola que se coloca el seguimiento uno por cada célula de concentración, tal es el caso de la patente WO 2012/149022 A2, en nuestra aplicación no usamos células de concentración.

También hay sistemas con diferentes soluciones estructurales, así como opciones de movilidad. Con respecto a esto último, las posibilidades son varias tales como servomotores, mecanismos de cremallera o bandas, como se puede apreciar en las patentes WO 2004/107395 A2, RO 123319 B1, 10-2011-0104741 y 2 976 056, ya mencionamos que en nuestro caso utilizamos actuadores lineales.

OBJETO DE LA INVENCIÓN

Se busca principalmente incrementar la generación fotovoltaica de los paneles involucrados en este proceso, al colocarlos sobre seguidores solares, es decir volver más eficiente el proceso de producción basado en módulos que convierten la radiación solar en energía eléctrica, al utilizar un apoyo móvil con un control para el rastreo del sol.

El sistema de traslado de dos ejes en el caso que nos ocupa, es usado para posicionar los paneles al sol haciendo mover su estructura de soporte en relación a los ángulos Beta y Alfa, con un equipo que controla los movimientos asociados. Dichos movimientos logran su coordinación gracias a un algoritmo, que calcula constantemente donde se encuentra ubicado el sol con respecto al plano de los paneles que se colocan en la estructura del seguidor.

Adicional al seguimiento el sistema debe ejecutar operaciones como, reposicionar cada noche el plano de los paneles expuestos al sol, pues cada nuevo día el plano mencionado debe iniciar mirando al sol, que es la posición opuesta con la que concluye el día; también tiene la posibilidad de realizar movimientos de forma controlada por un usuario para servicios de soporte, capturar de manera ordenada la información concerniente al lugar de operación, además se le agregaron protecciones, para resguardar diferentes parámetros eléctricos del control y de los actuadores.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La innovación aquí presentada es un sistema que emplea el movimiento, en dos ejes para incrementar la eficiencia de la generación fotovoltaica basada en paneles fotovoltaicos.

Las características de este sistema se muestran en la siguiente descripción y en los dibujos anexos, referenciando cada parte con su respectiva letra. La Figura 1 presenta la vista frontal del seguidor en donde se marca el anclaje (b), el cual es necesario embeber en la cimentación (c), misma que es ineludible para sujetar el seguidor al piso. Las peculiaridades de ésta cimentación dependen de las condiciones mecánicas del suelo en el lugar donde se colocara, razón por la cual se debe consultar con un perito para su delineación y edificación, de acuerdo a la información de la estructura propia del seguidor. Un punto para destacar es la orientación que debe tener el mismo, ya que es crucial que la parte frontal del seguidor posea una orientación hacia el sur geográfico.

En cuanto al seguidor en sí, objeto de nuestra descripción. Mencionamos ya que se compone de dos partes, la estructural y la de control, por lo que continuaremos con la parte estructural. En esta el soporte central (k) se une al anclaje (b) por su extremo inferior y en la parte superior del mismo se acopla a la unión central (i) esto se muestra en la Figura 3. Lo anterior conforma la estructura fija y es el pivote principal sobre el cual se desarrollan los movimientos de la estructura móvil. Articulando el movimiento con el soporte móvil (f) sujeto en su parte media a la unión central (i) se

muestra en la Figura 2, y permitiendo con esto la primera opción de movimiento como si fuera una balanza. Para ello se colocó a la altura de la junta entre la unión central (i) y el soporte central (k) la bisagra A (Figura 4) donde se sujeta el actuador A (j) (Figura 3), esta bisagra da el soporte para el movimiento mencionado, proporcionando el punto de apoyo al actuador, que empuja o tira del soporte móvil (f) en el punto de apoyo del actuador A (ñ) (Figura 4). Otro movimiento presente en el seguidor, se consigue al colocar en los extremos del soporte móvil (f) las uniones auxiliares (h) (Figura 3), en estos dos puntos se une la estructura H (l) (Figura 4), llamada así por su forma, en realidad son cuatro piezas las que la integran, dos largueros que corren perpendiculares y se unen en su parte media a las uniones auxiliares (h) y dos travesaños que corren perpendiculares entre si y se encuentran equidistantes del soporte móvil, y se unen en sus extremos a los largueros de manera perpendicular, formando con estas cuatro piezas una estructura rígida a la cual se le otorga movilidad. Sobre esta estructura H (l), se colocaron 6 piezas de perfil de ángulo (g) (Figura 2) de manera equidistante sobre los dos largueros, de tal forma que se tiene un área para cubrir con paneles fotovoltaicos de 5 x 5 mts. Sujetando los mismos sobre el perfil de ángulo (g).

Ahora bien para darle movilidad a la estructura H (l), se ha colocado una bisagra B (m) (Figura 4) en el extremo derecho del soporte móvil, esto es visto de frente al seguidor, ver Figura 1, en dicha bisagra se sujeta el actuador B (d) (Figura 2) y ofrece el punto de apoyo para otro desplazamiento tipo balanza de la estructura H (l), puesto que el actuador B (m) tirará o empujará de la misma con base en el punto de

apoyo del actuador B (o) (Figura 4), entonces con los dos movimientos descritos se logra una variedad importante de posiciones. Solo considerando la parte estructural se pueden tener desplazamientos como los mostrados en la Figura 7, que dan cobertura a una gran variedad de desplazamientos solares sobre el firmamento de zonas tropicales y subtropicales y ya coordinados por el control estarán acotando el movimiento con respecto a la variación de la posición geográfica, que también se aprecia en la misma figura.

Hablando ahora del control, que corresponde a la parte dos, que es el control del seguidor, el cual se encuentra alojado en el gabinete (a) y se muestra en la Figura 1, éste se encuentra dispuesto sobre el soporte central (k). El contenido del gabinete (a) se presenta en la Figura 5, que es la representación de la parte eléctrica y electrónica que ejecuta las acciones para el control del movimiento del seguidor, así mismo contiene también las protecciones asociadas. Dentro se tiene el ordenador de la operación que es un controlador programable (t), y embebido en su electrónica existe un algoritmo que se ejecuta para darle autonomía al control de movimiento del seguidor, para ello es necesario realizar operaciones previas, las cuales retomaremos más adelante, para concentrarnos en el movimiento autónomo del seguidor. Una vez activado el control del seguidor que es el algoritmo ejecutándose dentro del control programable (t) se lleva a cabo la comunicación entre éste con la interface electrónica (r), pues es mediante esta última y bajo la coordinación del control que se les proporciona energía a los actuadores A y B (j y d), para ejecutar los desplazamientos, entonces los actuadores A y B (j y d) interactúan con el control,

pues se realimentan a éste las señales de los codificadores de posición "encoders" que muestran la posición que tienen los actuadores A y B (j y d) para que el control realice una comparación con estos datos, y los que se requieren en las posiciones calculadas, y si es necesario se hagan los ajustes correspondientes para ajustar el actuador, reposicionando el mismo, y sea conducido a la posición indicada para cada actuador A o B (j y d), o bien manteniendo la que tiene, esto basado en la información que entrega el algoritmo, pues proporciona una posición particular para cada actuador A y B (j y d), en cada momento en el que se tenga necesidad de reposicionar estos, que sucede constantemente a lo largo del día, esto equivale a controlar los movimientos de los ángulos Beta y Alfa de la estructura H (l).

Como los actuadores A y B (j y d), son elementos de desplazamiento lineal, son los encargados de trasladar los movimiento solicitados a la estructura H (l) y el diseño del mecanismo dentro de la estructura, los transforma en angulares, los actuadores cuentan con una parte que debe permanecer unida a la estructura del seguidor y otra parte móvil. En el caso del actuador B (d) la parte fija o recamara del vástago se sujeta a la bisagra B (m) y la parte móvil se sujeta al punto de apoyo del actuador B (ñ). En el caso del actuador A (j) la recamara del vástago se coloca en la bisagra A (n) y la parte móvil se sujeta al apoyo del actuador A (o).

Los extremos móviles de los actuadores A y B (j y d), son los que pueden tirar o empujar de la estructura a la cual están unidos. Un primer movimiento se genera en el punto de apoyo que está ligado al soporte móvil (f), lo que ocasiona que este gire

en torno a la unión central (i), siendo esta unión la encargada de dar un punto de giro al desplazamiento de la estructura H (l) y de esta forma manipular el ángulo Alfa. El segundo movimiento lo tenemos al activar el actuador B (d) que moverá la estructura H (l) en torno a las uniones auxiliares (h), y de esta forma manipula el ángulo Beta.

Se cuenta con dos opciones de manipulación, la automática, que es la operación cotidiana de trabajo, donde no hay intervención de una persona para realizar la operación. Y la manual que se emplea para dar servicio al seguidor. Adicionalmente control ejecuta operaciones adicionales a la principal, para apoyar el trabajo de puesta en servicio y mantenimiento, por lo que antes de iniciar la operación normal en el lugar destinado para la operación, se deben ingresar al programa los datos, de latitud y longitud, así como el día en el que inicia la operación, la hora, y los consumos energéticos de los actuadores. Esto se requiere para que se puedan realizar los cálculos de posicionamiento, así como para habilitar las protecciones, para los actuadores A y B (j y d). Se tienen que realizar además acciones de iniciación, empleando un método que hace uso de la operación manual, pero que se ejecuta mediante el control. De manera resumida: se posicionará la estructura del seguidor de forma tal que presente el plano de los paneles de cara al sol del amanecer, para definir de esta manera el estado cero o también llamada la posición de arranque. Esto se hace con fines de configuración de posición. Ahora bien en el caso de las protecciones se tiene que ingresar un promedio de los consumos de operación, de los actuadores para habilitar estas.

Ya mencionamos la interface electrónica (r) en una descripción previa de sus funciones, y adicionalmente se emplea también para sensar el consumo de corriente de los actuadores A y B (j y d), y actúa en relación a ésta para activar o no la protección de los mismos.

Adicionalmente encontramos en el gabinete (a) que contiene el control una fuente de alimentación (p) (Figura 5) de corriente directa, que suministra energía a la electrónica y los actuadores A y B (j y d) mediante la interface electrónica (r). También están la protección de corto circuito para la electrónica que se realiza mediante fusible (s) (Figura 5), y además la protección para sobrecarga mediante un termomagnetico (q) (Figura 5).

Se requiere para la operación alimentar al sistema de control con 110 volts de corriente alterna, esta se provee del exterior. Y al exterior igualmente se envían las conexiones para los actuadores A y B (j y d) a través de las conexiones (s) (Figura 5) una para cada uno. Dichas conexiones (s) las integran un grupo de clemas de interconexión, permitiendo la salida hacia el ducto (e) (Figura 2) que conduce los arneses de cables de señales y la alimentación del gabinete a los actuadores A y B (j y d) y que interactúan con el control, pues se realimentan a éste las señales de los codificadores de posición "encoders".

Todo lo anterior es para mejorar la generación fotovoltaica con respecto a una estructura fija de la misma área expuesta. El seguimiento del sol como se indica se

debe al trabajo conjunto de todas las partes mencionas. Para lograr que se coloquen los paneles fotovoltaico, en una posición que favorezca su generación es decir se trata de tener expuestos de la manera más perpendicular posible los paneles hacia el sol.

Al finalizar el día de operación esto es cuando el sol haya pasado el ocaso, la estructura H (l) estará posicionada hacia él, por lo que en el transcurso de la noche, el algoritmo dará las indicaciones correspondientes para retornar a su posición inicial, que es mirando el amanecer del día siguiente.

Ya se mencionó que con algunos cambios el seguidor de dos ejes se puede transformar en uno de un solo eje, uno de los más representativos concierne al ángulo de desplazamiento solar Alfa, en este caso se remueve el actuador A (j) y el posicionamiento se realiza mediante un soporte ajustable, en donde una vez instalado será fijo, pero tiene varias opciones a escoger, pues se colocan cuatro perforaciones a lo largo del mismo, las cuales varían la distancia entre ellas pues las mismas dependen de la posición que tenga el lugar geográfico en donde se realice la instalación.

Una de las perforaciones estará unida al apoyo del actuador A (ñ) y cualquiera de las otras tres se unirá la bisagra A (n). Una de las perforaciones es la correspondiente a la posición de la inclinación de la latitud del lugar, la otras dos son las correspondiente a la latitud más quince grados y latitud menos quince grados, para

con ello como ya se mencionó reajustar el ángulo Alfa, la primera opción es el ángulo característico que tendría una estructura fija convencional, la segunda opción favorece la insolación en los meses de invierno, que en nuestro caso tiene los días más cortos y se pueda con ello generar más energía en esos meses, o bien con la tercera opción beneficiar la insolación en los meses de verano, que son en nuestro caso muy favorables para la generación, pues sus días son más largos.

Esta opción implica como ya se mencionó la remoción de un actuador y con ello lo asociado al mismo, en cableado, electrónica y protecciones. Además de que la cobertura no será la misma a la mostrada en la Figura 7.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

1.- Vista frontal del seguidor, donde se aprecia:

a) El gabinete.

b) El anclaje.

c) La cimentación.

2.- Vista en perspectiva de la parte frontal del seguidor, donde se aprecia:

d) Actuador B.

e) Ducto.

f) Soporte móvil.

g) Perfil de ángulo.

3.- Vista en perspectiva de la parte posterior del seguidor, donde se aprecia:

h) Uniones auxiliares.

i) Unión central.

j) Actuador A.

k) Soporte central.

4.- Vista en perspectiva de la parte posterior del seguidor, sin perfil donde se aprecia:

l) Estructura H.

m) Bisagra B.

n) Bisagra A.

ñ) Apoyo del actuador A.

o) Apoyo del actuador B.

5.- Interior del gabinete, donde se aprecia:

p) Fuente de alimentación.

q) Protección termomagnética.

r) Interface electrónica.

s) Conexiones.

t) Controlador programable.

u) Fusible.

6.- Carta solar estereográfica para las coordenadas de la ciudad de León, Guanajuato.

7.- Área de cobertura de los desplazamientos de la estructura.

REIVINCACIONES

Habiendo descrito la innovación, se considera como una novedad y por lo tanto reclamo de mi exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:

1. Un sistema de seguimiento solar de dos ejes para realizar el posicionamiento de un plano al que se le colocan paneles fotovoltaicos de generación, dicho sistema consiste de: Dos elementos una estructura fija, la cual está sujeta el piso en su parte inferior y sobre la anterior tiene una estructura móvil, siendo esta la que ofrece el plano de exposición al sol, donde la movilidad se la otorgan actuadores lineales, manipulados mediante un controlador lógico con un método retroalimentado.

2. El sistema de seguimiento solar reivindicado en 1 y caracterizado porque dada la configuración de la unión central (k) con el soporte móvil (f) permite un ángulo de giro de 45° hasta 295° del ángulo Beta.

3. El sistema de seguimiento reivindicado en 1 y caracterizado porque dada la configuración del soporte móvil (f) con la estructura H (l) permite un ángulo de giro de 40° hasta 124° del ángulo Alfa.

4. El sistema de seguimiento solar reivindicado en 1 y caracterizado porque dada su configuración estructural otorga una cobertura amplia en zonas tropicales y subtropicales.

5. El sistema de seguimiento solar reivindicado en 1 y caracterizado porque cuenta con una electrónica de control de alimentación y protección a los actuadores involucrados en el movimiento.

6. El sistema de seguimiento solar reivindicado en 1 y caracterizado porque consta de un algoritmo embebido en el control para dar el seguimiento del plano de exposición al sol, controlado los ángulos Beta y Alfa.

7. Un sistema de seguimiento solar de un eje para realizar el posicionamiento de un plano al que se le colocan paneles fotovoltaicos de generación, dicho sistema consiste de: Dos elementos una estructura fija, la cual está sujeta el piso en su parte inferior y sobre la anterior tiene una estructura móvil, siendo esta la que ofrece el plano de exposición al sol, donde la movilidad se la otorga un actuador lineal, manipulado mediante un controlador lógico con un método retroalimentado.

8. El sistema de seguimiento solar reivindicado en 7 y caracterizado porque dada la configuración de la unión central (k) con el soporte móvil (f) permite un ángulo de giro de 45° hasta 295° del ángulo Beta.

RESUMEN

La presente invención tiene por objeto ofrecer un sistema de seguimiento solar, que contiene una estructura que sostienen los paneles fotovoltaicos, la cual se puede desplazar en dos ángulos el Beta y el Alfa puesto que este desplazamiento relativo a la posición del sol otorga el beneficio de una mayor generación, por estar por más tiempo expuestos en una situación más favorable de irradiación, Entonces la estructura asociada esta ligada mecánicamente a otra que le da el soporte necesario para la sustentación. Y el sistema está controlado por un algoritmo dentro de un controlador, que indica cual es la posición que debe guardar la estructura que sostiene los paneles y que a la vez les otorga movimiento.

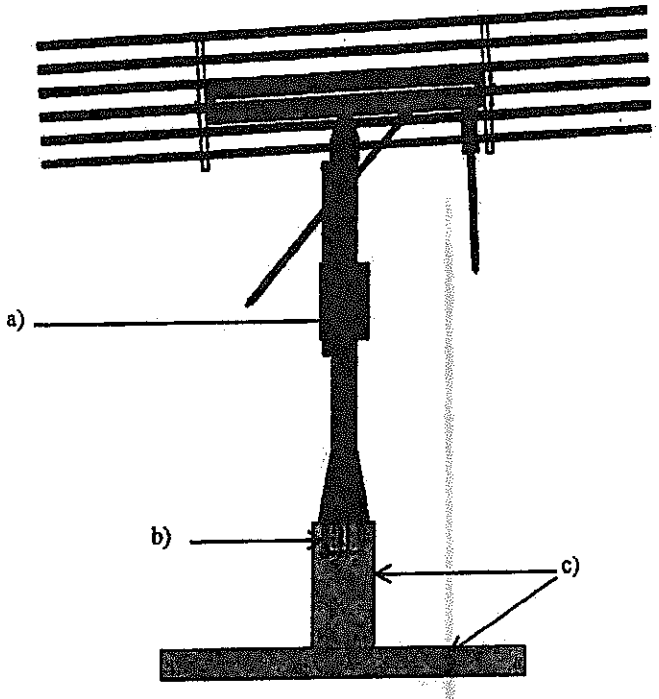

Figura 1.

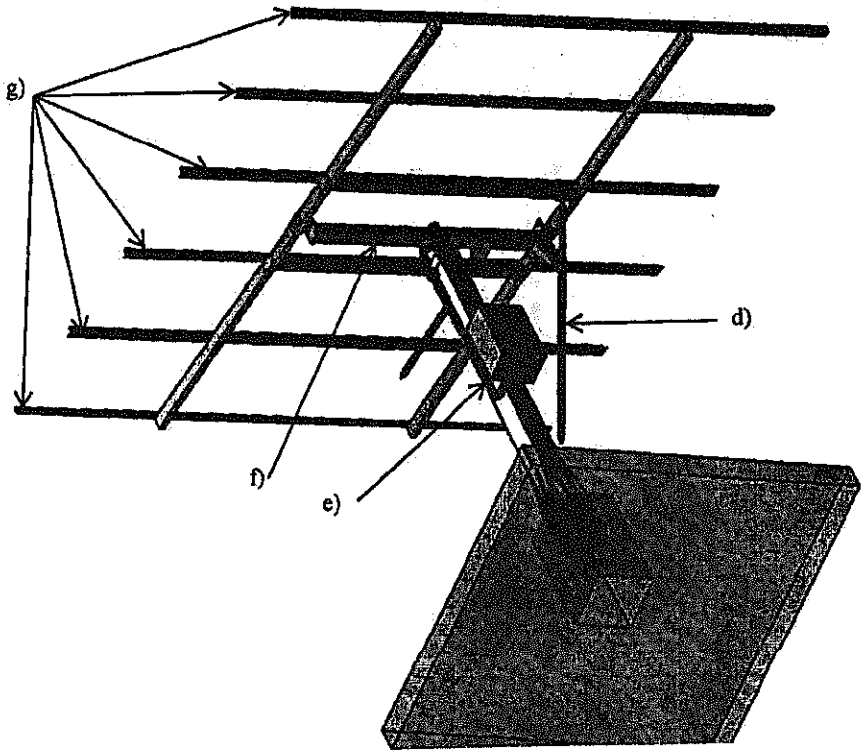

Figura 2.

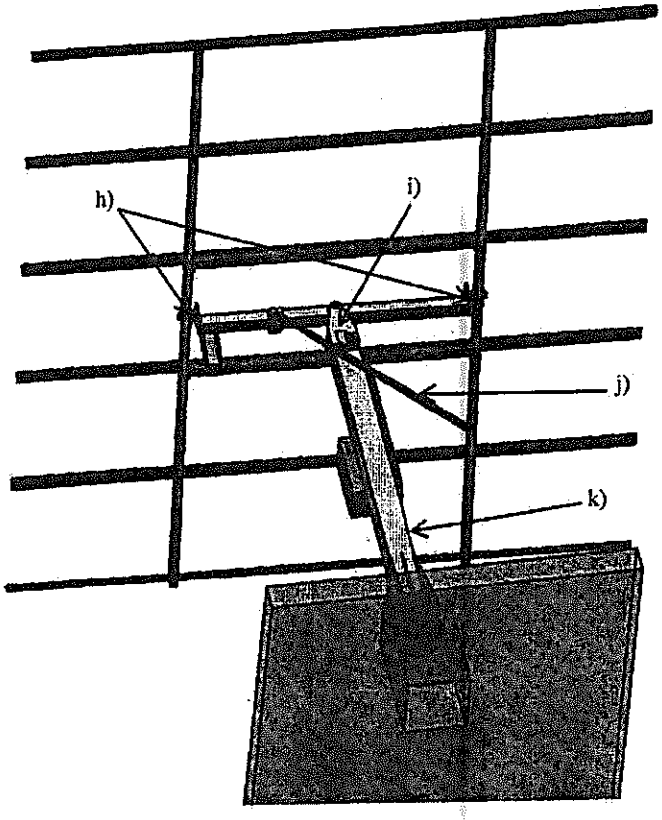

Figura 3.

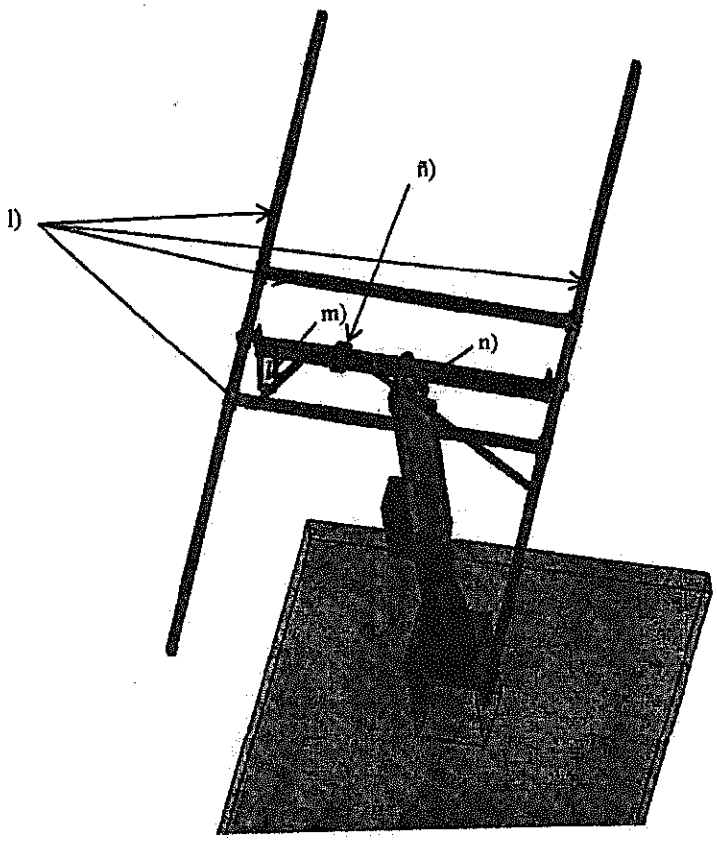

Figura 4.

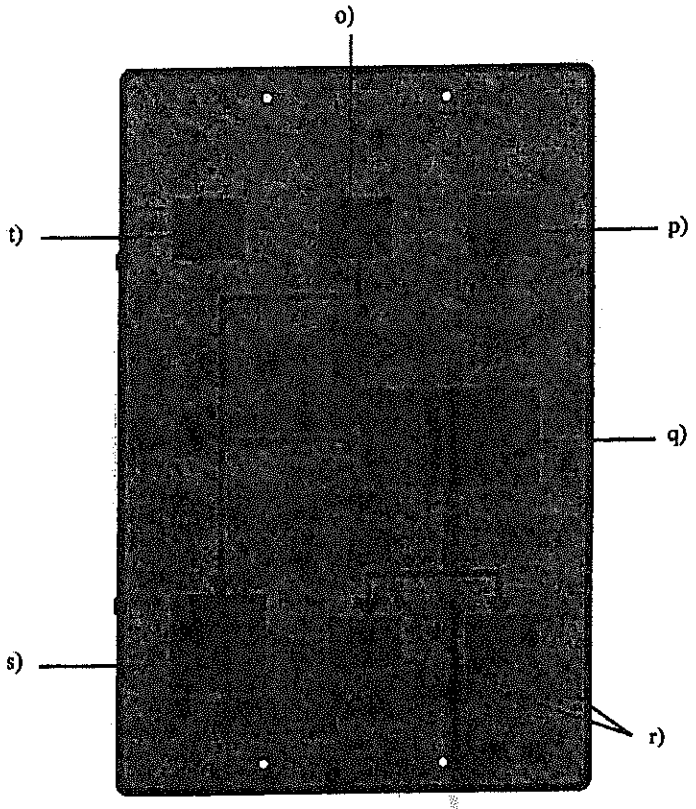

Figura 5.

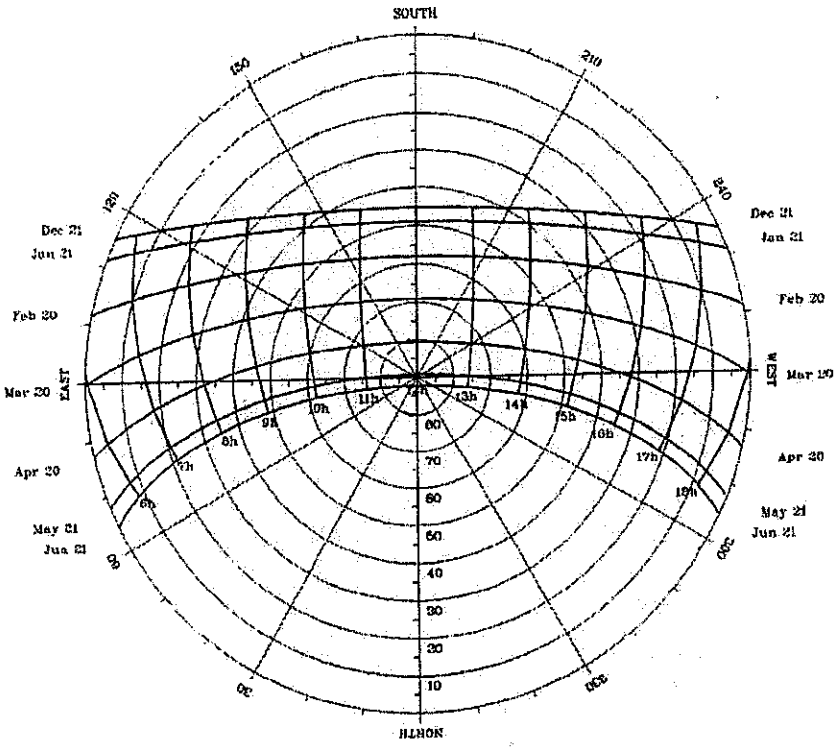
SOUTH
NORTH
EAST
WEST
Dec 21
Jan 21
Feb 20
Mar 20
Apr 20
May 21
Jun 21
6h
7h
8h
9h
10h
11h
12
13h
14h
15h
16h
17h
18h
90
70
60
50
40
30
20
10

Figura 6.

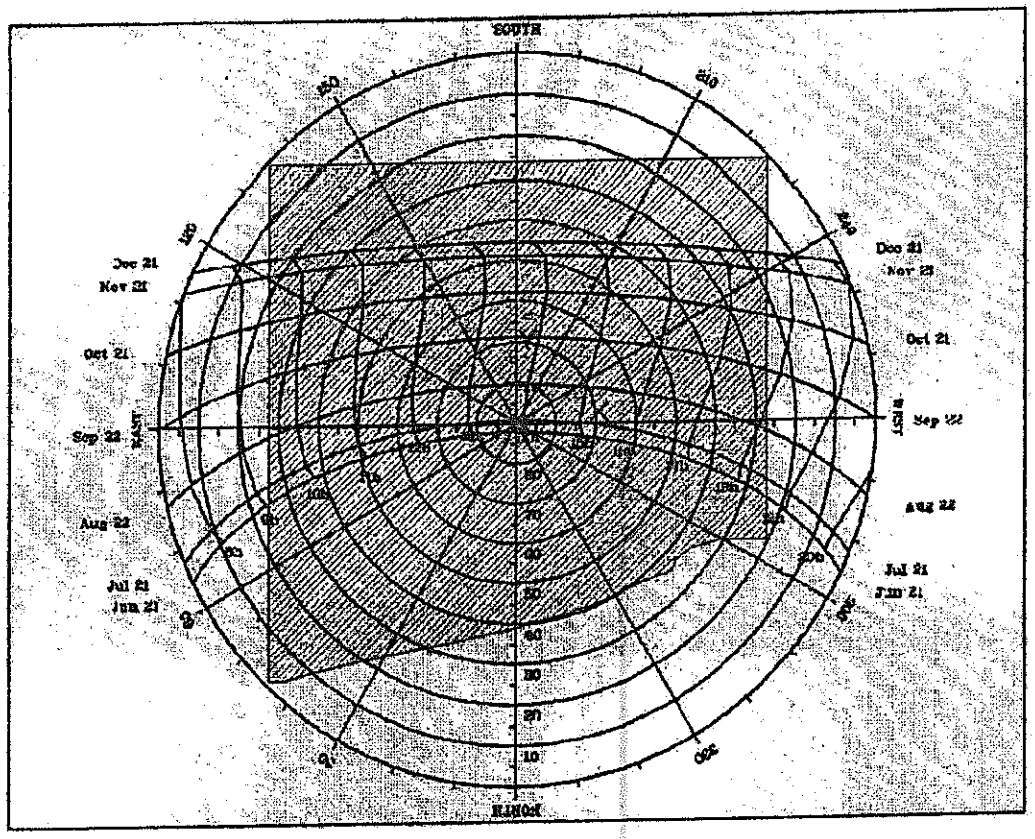
NORTH
Jun 21
Jul 21
Aug 22
Sep 22
Oct 21
Nov 21
Dec 21
EAST
Jun 21
Jul 21
Aug 22
Sep 22
Oct 21
Nov 21
Dec 21
WEST
SOUTH
10
20
30
40
50
60
70
80
90

Figura 7.