(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 398 635**

(51) Int. Cl.:

G05D 3/10 (2006.01)

G01S 3/786 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2010** **E 10710265 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012** **EP 2406694**

(54) Título: **Procedimiento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar, mando para una instalación solar e instalación solar**

(30) Prioridad:

13.03.2009 DE 102009013113

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2013

(73) Titular/es:

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastrasse 27c
80686 München, DE

(72) Inventor/es:

BURGER, BRUNO y
STALTER, OLIVIER

(74) Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 398 635 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

Procedimiento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar, mando para una instalación solar e instalación solar.

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar, a un mando para una instalación solar así como a una instalación solar. La presente invención se refiere particularmente a un suplemento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar con una pluralidad de módulos solares basados en una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares del generador solar.

[0002] En el estado de la técnica son conocidos dispositivos para el seguimiento de la posición actual del sol por parte de un generador solar, los denominados seguidores, en donde en el documento DE20204679U1 se describe un ejemplo. Además de ello se remite al documento DE102006058845B3, que muestra también un seguidor de este tipo. Los accionamientos de este tipo de dispositivos permiten que los generadores solares sigan al sol en dirección acimutal y/o de elevación de tal forma que sobre el generador solar impacte una máxima radiación solar posible. Para ello, los dispositivos conocidos de este tipo comprenden un sensor que genera una señal de intensidad en función de la luz que incide sobre el mismo, que se proporciona a un circuito integrado en la unidad de mando, que retransmite a su vez una señal de mando a un accionamiento del seguidor para efectuar una orientación correspondiente del generador solar al punto más claro del cielo.

[0003] De forma alternativa o adicional al sensor, el mando puede controlar al seguidor sobre la base del cálculo de efemérides solares, para realizar un seguimiento correspondiente del sol por parte del generador solar. En el documento ES2273576B1 se describe por ejemplo un sistema de este tipo.

[0004] Los sistemas de seguimiento conocidos de este tipo intentan de este modo optimizar la potencia de salida del generador solar haciendo que éstos sigan al sol a lo largo del cielo, para obtener una ganancia máxima de la luz solar. Típicamente mediante un seguimiento del generador solar se puede lograr un incremento de la ganancia desde, por ejemplo, +28% en Europa central hasta +54% en el norte de Europa. Del documento US4868379 se conoce un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

[0005] Los suplementos conocidos anteriormente descritos para el seguimiento del sol por parte de un generador solar presentan sin embargo diferentes inconvenientes. La forma de realización que comprende un sensor para la detección de la luz solar resulta desventajosa, puesto que sólo es posible una determinación de la posición suficientemente precisa con el cielo claro y un mando correspondiente del sistema de seguimiento. Cuando está nublado, estos sensores son menos útiles. Además de ello, este tipo de sensores requieren un montaje preciso en el generador solar o respectivamente del generador solar, así como una calibración correspondiente. Además de ello, estos sensores de posición son caros y propensos a la suciedad, de tal forma que incluso con un cielo despejado tampoco se da una determinación de la posición lo suficientemente precisa ni el mando correspondiente del sistema de seguimiento.

[0006] El mando de la orientación del generador solar sobre la base del cálculo de efemérides solares también es desventajoso. Si bien se puede determinar la posición del sol en el cielo con buena precisión en base a las efemérides solares en conjunción con el lugar del seguidor y la hora, la precisión depende de la precisión de los sensores empleados para la determinación de la posición del generador solar y también de la precisión del montaje de los generadores solares y de su ajuste. Además, los sistemas de este tipo emplean (véase, por ejemplo, el documento ES2273576B1) un circuito de regulación abierto que requiere una calibración inicial, en base a, por ejemplo, un sensor o a la corriente de cortocircuito. Sin embargo, el mando real de la orientación del generador solar durante el día sólo se realiza en base a la posición solar calculada, esto es, sin una señal de posición devuelta.

[0007] Partiendo de este estado de la técnica, la presente invención tiene por objeto lograr un suplemento mejorado para el seguimiento del sol por parte de un generador solar, que evitando los inconvenientes anteriormente mencionados de los dispositivos conocidos en el estado de la técnica, garantice con un coste técnico de circuitos reducido que los módulos solares del generador solar estén orientados con respecto al sol de forma sustancialmente óptima.

[0008] Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, un mando de acuerdo con la reivindicación 24 y una instalación solar de acuerdo con la reivindicación 25.

[0009] La presente invención logra un procedimiento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar con una pluralidad de módulos solares, con las siguientes etapas:

detección de al menos una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares del generador solar; y

control de un seguidor en el que está dispuesto el generador solar, de tal forma que la magnitud eléctrica de salida detectada presente un valor predeterminado.

[0010] La presente invención logra además un mando para una instalación solar con:

una entrada para recibir un valor de una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares de un generador solar de la instalación solar;

una salida para proporcionar una señal de mando para un seguidor de la instalación solar; y

una unidad de proceso, que trabaja según el procedimiento de acuerdo con la invención.

[0011] La presente invención logra además una instalación solar con:

un generador solar con una pluralidad de módulos solares;

un seguidor, en el que está dispuesto el generador solar;

un dispositivo de medida para detectar una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares del generador solar; y

un mando de acuerdo con la invención.

[0012] En contraposición al estado de la técnica conocido anteriormente mencionado, la presente invención enseña un suplemento ventajoso y novedoso para el seguimiento del sol por parte de un módulo solar, que evita los inconvenientes anteriormente descritos. De acuerdo con la invención, se puede renunciar a un sensor de posición solar para el seguimiento del sol por parte de un generador solar y de este modo a los problemas anteriormente mencionados en lo que respecta a la precisión. También se puede renunciar a efemérides solares para el seguimiento del generador solar, de tal forma que también se evitan los problemas asociados a ello.

[0013] De acuerdo con las doctrinas de la presente invención, el seguimiento se realiza en base a una señal eléctrica de salida o a una magnitud eléctrica de salida, como, por ejemplo, de la corriente, de la tensión y/o de la potencia, de una parte de los módulos solares del generador solar, preferentemente sobre la base de una magnitud eléctrica de salida que se obtiene de la totalidad de todos los módulos solares del generador solar. El seguidor de la instalación solar se manda preferentemente de tal forma que el valor predeterminado de la magnitud eléctrica de salida adopta un valor máximo, por ejemplo, una potencia máxima. El mando del seguidor provoca de este modo un seguimiento del seguidor de acuerdo con la posición el sol.

[0014] De acuerdo con un ejemplo preferido de realización de la presente invención, el seguidor se sitúa inicialmente en una posición inicial mediante un posicionamiento primario del sistema, en la que el seguidor mueve al generador solar en base a parámetros conocidos relativos a una posición del sol, por ejemplo, a efemérides solares. Durante un movimiento del seguidor durante el seguimiento, por ejemplo partiendo del posicionamiento primario, desde una primera posición a una segunda posición se detecta un valor de la magnitud eléctrica de salida durante una primera fase del movimiento y durante una segunda fase del movimiento, preferentemente durante una primera mitad del proceso de movimiento y durante una segunda mitad del proceso de movimiento. Los valores detectados para la magnitud eléctrica de salida durante las dos fases de movimiento se comparan entre sí, y en base a la comparación se determina que no se alcanzó aún una posición del seguidor, en la que está presente el valor predeterminado para la magnitud eléctrica de salida, cuando los dos valores son diferentes entre sí. En este caso, se continúa moviendo el seguidor en una dirección correspondiente. Alternativamente, en caso de que se determine que la comparación indica que los valores no varían durante las dos fases de movimiento o no varían sustancialmente, se parte del hecho de que la posición del seguidor que se ha alcanzado ahora proporciona el valor predeterminado de salida, por ejemplo, la potencia máxima. Preferentemente se detectan los valores de la magnitud eléctrica de salida durante la primera y segunda fase del movimiento del seguidor. Para este procedimiento se

puede despreciar el movimiento del sol relativamente lento en comparación con el movimiento rápido del seguidor y determinar la posición relativa del seguidor exclusivamente en base al movimiento del seguidor. Una alternativa consiste en detectar los valores de la magnitud eléctrica de salida durante la primera y la segunda fase de la situación de reposo del seguidor. Para este procedimiento sólo es válido el movimiento del sol como criterio para la determinación de la posición relativa del seguidor. También es posible una combinación entre ambos procedimientos.

[0015] Preferentemente se produce un movimiento paso a paso o continuo del seguidor y durante el movimiento siguiendo al sol preferentemente sin variación de la dirección de giro. En el caso de un movimiento paso a paso, los pasos se acortan o alargan o se hacen menos frecuentes o más frecuentes en función del resultado de la comparación. Una señal de mando para el seguimiento del seguidor puede presentar una duración variable de impulso y una frecuencia fija o una duración fija de impulso y una frecuencia variable. En el caso de un movimiento continuo del seguidor se realiza un frenado o una aceleración. De este modo se garantiza que para el caso de que la posición actual del seguidor esté por delante de una posición en la que se puede alcanzar una potencia máxima, la posición de la ganancia máxima de potencia se logra acortando o haciendo menos frecuente la emisión de los impulsos de reloj o frenando, puesto que el sol sigue avanzando más con respecto al seguidor. Asimismo, en el caso de que se determine que la posición del seguidor está por detrás de una posición con la ganancia máxima de potencia, mediante la prolongación de los impulsos de reloj o la emisión más frecuente de los mismos o mediante la aceleración del movimiento se logra que el seguidor alcance la posición en la que está presente la ganancia máxima de potencia.

[0016] El suplemento de acuerdo con la invención se puede emplear con cualquier tipo de generadores solares, si bien se emplea preferentemente junto con generadores solares que comprenden módulos solares de concentración, que presentan un ángulo de aceptancia limitado y en los que se hace claramente perceptible una dependencia angular de la magnitud eléctrica emitida en todas las direcciones de giro del sistema de seguimiento.

[0017] En las reivindicaciones dependientes están definidas otras formas preferidas de realización de la presente invención.

[0018] A continuación se describen más detalladamente ejemplos preferidos de realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

la fig. 1 un ejemplo de realización para una instalación solar para el seguimiento del sol de acuerdo con la invención con módulos solares CPV (CPV = Concentrator Photo Voltaic = concentradores fotovoltaicos);

la fig. 2 el recorrido típico de la potencia de salida o de la corriente de salida de un generador solar con un seguidor CPV con respecto a la desviación angular entre la dirección de seguimiento y la radiación solar directa;

la fig. 3 un ejemplo para un ciclo de movimiento del sol y seguidor focalizado en dirección acimutal (fig. 3a) con el desarrollo de la potencia a lo largo del tiempo correspondiente (fig. 3b), y para un ciclo de movimiento del sol y seguidor no focalizado en dirección acimutal (fig. 3c) con el desarrollo de la potencia a lo largo del tiempo correspondiente (fig. 3d);

la fig. 4 un diagrama de flujo del procedimiento de acuerdo con la invención para el seguimiento del sol por parte de un generador solar de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención;

la fig. 5 una representación del número de revoluciones por unidad de tiempo del motor o de la posición del seguidor durante un impulso de mando (fig. 5a) con el desarrollo correspondiente de la potencia o de la corriente con puntos simétricos de medición (fig. 5b); y

la fig. 6 un ejemplo de un recorrido a lo largo del tiempo de MPPTe y MPPTm para un seguidor de dos ejes con acimut y elevación (MPPT = Maximum-PowerPoint-Tracker = seguidor de punto de potencia máxima, MPPT eléctrico MPPT, MPPTm = MPPT mecánico).

[0019] A continuación se describe un ejemplo de realización para una instalación solar en base a la fig. 1, cuyo generador solar sigue al sol de la forma de acuerdo con la invención. La instalación solar 100 mostrada en la fig. 1 comprende un generador solar 102, que a su vez comprende una pluralidad de módulos solares 104, preferentemente módulos solares de concentración. El generador solar 102 está dispuesto de una forma conocida sobre una instalación de seguimiento (un seguidor) 106. El seguidor 106 está representado en la fig. 1 tan sólo de forma esquemática y se puede realizar mediante cualquier suplemento conocido en el estado de la técnica. Para una mayor simplicidad, el seguidor 106 sólo está representado esquemáticamente en la fig. 1, tal y como se ha mencionado, si bien el seguidor 106 comprende todos los elementos necesarios para hacer posible un movimiento

del generador solar 102 para un seguimiento del sol, por ejemplo, un movimiento en dirección de la elevación y/o del acimut.

[0020] La instalación solar 100 comprende además un ondulador 108, que está conectado con el generador solar 102 a través de una conexión conductora 110, tal y como está representado esquemáticamente en la fig. 1. A través de la conexión conductora, por ejemplo un cable adecuado o similar, la potencia generada por el generador solar se entrega al ondulador 108, que realiza una conversión de la corriente continua en una corriente alterna, para proporcionar la energía generada a una red 112 a través de otra conexión conductora 114.

[0021] En la fig. 1 están representados esquemáticamente dos puntos de medición 116 y 118. En estos puntos de medición se detecta la magnitud eléctrica de medida necesaria para el mando de acuerdo con la invención para el seguimiento del generador solar 102, una tensión, una corriente y/o una potencia. En el punto de medición 116 está previsto un equipo de medida de corriente continua, que detecta la tensión continua U_{DC}, la corriente continua I_{DC} y/o la potencia continua P_{DC}. En el punto de medición 118 está previsto de forma alternativa o adicional un equipo de medida que detecta una tensión alterna U_{AC}, una corriente alterna I_{AC} y/o una potencia alterna P_{AC} (DC = Direct Current = corriente continua; AC = Alternating Current = corriente alterna).

[0022] La instalación solar 100 de acuerdo con la invención comprende además un mando o una regulación 120, que recibe en una entrada 122 las magnitudes eléctricas determinadas en los puntos de medición 116 y/o 118, esto es, una tensión, una corriente y/o una potencia. El mando 120 comprende una unidad de proceso 124, por ejemplo un microcontrolador o un ordenador, que está en disposición de generar una señal de salida para el mando del seguidor 106 en base a las señales recibidas en la entrada 122, y proporcionar a la salida 126 del mando para una retransmisión al seguidor 106 a través de la conexión 128. El mando forma de este modo un regulador o un regulador de potencia, que hace que la instalación solar trabaje en un intervalo de una potencia máxima, en donde la regulación está dimensionada para posicionar al seguidor de tal forma que se obtenga una potencia máxima o que la potencia entregada por la instalación solar esté comprendida en un intervalo de potencia (ventana) predeterminado.

[0023] El sistema de acuerdo con la invención descrito en base a la fig. 1 hace posible una regulación sin sensores para la maximización de la potencia de un generador solar mediante el uso de un seguidor mecánico, en donde el generador solar es preferentemente una instalación fotovoltaica de concentración, esto es, comprende módulos solares de concentración. De acuerdo con la invención sólo se utilizan las magnitudes eléctricas de la instalación solar 100 (sistema de seguidor fotovoltaico) para el seguimiento del sol, concretamente las tensiones, corrientes y/o potencias mostradas en la fig. 1.

[0024] De acuerdo con un ejemplo preferido de realización, las magnitudes eléctricas de salida recientemente mencionadas, esto es, la tensión, la corriente y/o la potencia, sólo pueden ser empleadas por una parte del generador solar 102, esto es, tan sólo por unos módulos solares 104 individuales o también sólo por uno de ellos. Alternativamente puede esta previsto emplear la magnitud de salida de todo el generador solar 102 para el seguimiento. Es preferida la optimización del seguimiento sobre la base de la magnitud eléctrica de salida entregada por el sistema global 102, puesto que de este modo se hace posible una maximización de la potencia global entregada por el generador solar 102.

[0025] En los puntos de medición 116 y/o 118 se detectan las magnitudes eléctricas mencionadas, en donde para ello se puede utilizar o bien el ondulador 108 en cualquier caso existente. Alternativamente, un equipo independiente de medida puede detectar la magnitud eléctrica de salida en el generador solar, en el ondulador o en cualquier otro lugar adecuado en la instalación solar 100. En realidad se pueden medir las magnitudes eléctricas en cualquier lugar del flujo de potencia, por ejemplo, a la entrada y/o a la salida del ondulador, tal y como se muestra en la fig. 1.

[0026] Una ventaja de la presente invención consiste en que no es necesario ningún sensor de posición solar adicional para el seguimiento. Preferentemente, la información de la posición se obtiene exclusivamente a través de las magnitudes eléctricas. De acuerdo con la presente invención se busca preferentemente una potencia eléctrica máxima P del generador solar 102 en base a su posición relativa con respecto a la radiación solar directa para cualquier eje de giro del sistema de seguimiento PV 106. La corriente I y/o la potencia P se aprovecha para ello preferentemente como criterio de posición. El suplemento de acuerdo con la invención se puede utilizar para cualquier generador solar con todo tipo de módulos solares. Preferentemente, el suplemento de acuerdo con la invención se emplea en generadores solares 102 que presentan células de concentración 104. Puesto que las células de concentración presentan un ángulo de aceptancia limitado, las magnitudes eléctricas I y P (corriente y potencia) se ven muy influenciadas por la posición relativa del generador solar 102 con respecto al sol. Por lo

general, esta dependencia angular de corriente y potencia se hace perceptible en todas las direcciones de giro del sistema de seguimiento. El mando o la regulación de la maximización de potencia se busca por ello preferentemente mediante el uso de varios motores o ejes de giro del seguidor 106, el denominado “máximo mecánico de potencia”. En este punto se debe de indicar que el término “máximo mecánico de potencia” indica que la potencia máxima del generador solar se define en base a la orientación mecánica del generador solar 102 con respecto al sol mediante el uso del seguidor 106.

[0027] El término “máximo mecánico de potencia” se emplea para delimitarlo del término “máximo eléctrico de potencia”, que se logra mediante el uso del denominado MPPT (MPPT = Maximum-PowerPoint-Tracker = seguidor del punto de potencia máxima). En este caso se trata de un seguimiento electrónico, que nada tiene que ver con el movimiento del generador solar 102. En realidad, en el MPPT se realiza una maximización electrónica de la potencia, cuyo objetivo es ajustar la tensión y la corriente del generador solar 102 de tal forma que su producto sea máximo. El MPPT para una maximización eléctrica/electrónica de potencia es conocido en circuitos especializados. La diferenciación entre la maximización mecánica de potencia de acuerdo con la presente invención y la maximización electrónica de potencia de acuerdo con el seguimiento MPP se describirá más adelante con mayor detalle.

[0028] La fig. 2 muestra el recorrido típico de potencia de un seguidor CPV 106 con respecto a la desviación angular entre el dispositivo de seguimiento y la radiación solar directa. Tal y como se puede observar, las células de concentración presentan particularmente el máximo de su potencia eléctrica a 0º de desviación entre la radiación solar directa y la dirección del seguidor, de tal forma que ésta se emplea como objetivo para la regulación de acuerdo con la invención. Otros módulos solares que no emplean ninguna célula de concentración, pueden presentar otros recorridos de potencia, en donde estos son, por ejemplo, más anchos, si bien el máximo de la potencia del generador solar 102 o de un módulo solar correspondiente se encuentra de forma habitual para una desviación angular mínima.

[0029] De acuerdo con la presente invención, la comprobación de si el seguidor y con ello el generador solar 102 se encuentra en una ventana de ángulo de foco permitida, se realiza durante el estado en reposo del seguidor entre fases de movimiento del seguidor y/o durante el movimiento del seguidor. En la ventana permitida de ángulo de foco, la potencia de salida generada por el generador solar se encuentra en un intervalo máximo. En caso de que la regulación de posición trabaje con accionamiento mediante impulsos, se define como objetivo de regulación que cada impulso del seguidor o cada movimiento del seguidor debe de estar situado de forma simétrica con respecto al máximo de la potencia, de tal forma que cada movimiento de giro del seguidor durante el día oscile siempre alrededor del punto de potencia máxima, tal y como se puede observar en la fig. 3, que muestra un ejemplo para un ciclo de movimiento de sol y seguidor focalizado en dirección acimutal (fig. 3a) con el recorrido de potencia a lo largo del tiempo correspondiente (fig. 3b), y un ciclo de movimiento de sol y seguidor no focalizado en dirección acimutal (fig. 3c) con el recorrido de potencia a lo largo del tiempo correspondiente (fig. 3d).

[0030] Tal y como se puede deducir de la fig. 3(a) y de la fig. 3(b), el generador solar se encuentra durante los intervalos de tiempo 1 y 2 en una ventana angular correspondiente, y la potencia de salida generada por el generador solar 102 (véase la fig. 3(b)) está en un intervalo admisible alrededor del valor máximo. A la finalización del intervalo de tiempo 2, la potencia desciende hasta un valor que se encuentra fuera del intervalo permitido, de tal forma que durante el intervalo de tiempo 3 se origina un movimiento del seguidor hasta que se alanza una posición del seguidor o del generador solar 102 mostrada en los intervalos 4 y 5, en la que para un determinado intervalo de tiempo del recorrido solar se alcanza una potencia de salida que se encuentra en un intervalo predeterminado alrededor de la potencia máxima.

[0031] En otras palabras, en los intervalos de tiempo 1 y 2 se determina en base a la potencia de salida del generador solar 102 mediante el establecimiento del mando de acuerdo con la invención, que la potencia de salida se encuentra comprendida en un intervalo permitido (determinado por un porcentaje predeterminado de la potencia máxima que se puede alcanzar para la radiación instantánea) entre P_{3_inicio} y P_{max}, de tal forma que no es necesario un seguimiento. En la transición desde el intervalo de tiempo 2 al intervalo de tiempo 3 se determina que la potencia ha abandonado el intervalo permitido, de tal forma que se hace necesario un movimiento del seguidor hasta que la potencia vuelve a alcanzar el intervalo permitido entre P_{3_fin} y P_{max}. A continuación el seguidor queda en la nueva posición encontrada, tal y como está representado en los intervalos de tiempo 4 y 5. Cuando el seguidor oscila simétricamente con respecto al punto de foco, se cumple que $P_{3_inicio} = P_{3_fin}$, tal y como está representado en las figuras 3(a) y 3(b).

[0032] Sin embargo, cuando el seguidor está desenfocado, P_{3_inicio} es diferente de P_{3_fin} ($P_{3_inicio} > P_{3_fin}$), tal y

como está representado. Las figuras 3(c) y 3(d) representan una situación en la que el seguidor está por delante del sol. Sin embargo, cuando se cumple que $P_{3_inicio} < P_{3_fin}$ esto indica que el seguidor está por detrás del sol. El suplemento de acuerdo con la invención realiza en situaciones de este tipo un mando del seguidor, que da lugar a un movimiento del seguidor, de tal forma que se cumpla que $P_{3_inicio} = P_{3_fin}$.

[0033] La fig. 3 muestra una regulación de posición mediante un movimiento paso a paso del seguidor, si bien la regulación de posición también se puede basar en un movimiento continuo. En este caso, la velocidad angular de cada motor del seguidor se debe ajustar de tal forma que éste esté situado en todo momento en el máximo o en el intervalo máximo permitido de la potencia eléctrica, lo que se puede lograr, por ejemplo, mediante la variación correspondiente del número de revoluciones por unidad de tiempo del motor, con lo que se logra un recorrido similar de potencia al de la variante pulsada de acuerdo con la fig. 3. La adquisición de los valores de medición se realiza preferentemente con una resolución muy elevada, de tal forma que en la variante pulsada la amplitud de los impulsos se mantiene por lo general muy corta. Por este motivo, la oscilación relativa de potencia entre la posición parada y el ciclo de seguimiento es muy pequeña y está situada por debajo de 0,1 % de la potencia máxima que se puede alcanzar para la radiación instantánea.

[0034] A continuación se describe más detalladamente en base a la fig. 4 el procedimiento de acuerdo con la invención de acuerdo con un ejemplo preferido de realización en base a un diagrama de flujo. En una primera etapa inicial de inicialización S100 se realiza un posicionamiento primario del seguidor en base a informaciones acerca de la posición del seguidor y de la posición del sol en el instante del posicionamiento primario. Esto se puede realizar por ejemplo mediante un cálculo astronómico de la posición del sol. Puesto que en relación con los generadores solares que comprenden módulos solares de concentración la ventana de aceptancia angular es muy pequeña, este posicionamiento primario debería de ser lo suficientemente preciso en una conformación de este tipo del generador solar, para que estén presentes las magnitudes eléctricas de la célula o del generador solar al completo, de tal forma que se pueda realizar una maximización de potencia de acuerdo con la invención correspondiente, tal y como se describirá más detalladamente a continuación. La precisión del posicionamiento primario debería de permitir alcanzar al menos la ventana de aceptancia angular de los módulos solares, a partir de la cual están presentes las magnitudes eléctricas (por ejemplo, +/-2,5º para CPV sin óptica secundaria, +/-5º para CPV con óptica secundaria, +/-10º para Low CPV).

[0035] El posicionamiento primario está previsto para garantizar el funcionamiento general y también para el seguimiento del sol en el caso de malas condiciones meteorológicas. En general se cumple que cuanto más preciso sea el posicionamiento primario, tanto mayor es la eficacia de seguimiento optimizada para la potencia. Un ejemplo para aumentar el posicionamiento primario consiste en contemplar fenómenos perturbadores tales como, por ejemplo, la basculación de la torre o del mástil del seguidor, en el que está dispuesto el generador solar. Una basculación del mástil de 1 grado repercute sobre la precisión del posicionamiento primario también con 1 grado de amplitud. Una compensación de esta basculación permite un posicionamiento optimizado para la potencia más eficiente, dado que la desviación del posicionamiento primario con respecto al sol es menor y de este modo la ventana mecánica de búsqueda del punto de potencia máxima se hace menor.

[0036] En otros ejemplos de realización en los que un posicionamiento primario de alta precisión es demasiado costoso o no es deseado, también es suficiente un posicionamiento basto del seguidor para poder realizar la maximización de potencia de acuerdo con la invención. Independientemente del seguimiento optimizado para la potencia, el posicionamiento primario también se puede realizar de forma astronómica (cálculo de efemérides) o mediante el uso de un sensor de posición solar. Alternativamente, también se puede trabajar con funciones sencillas de aproximación para interpolar la trayectoria solar. Después de la realización del posicionamiento primario anteriormente descrito se adquiere, de acuerdo con el ejemplo preferido de realización, la potencia entregada por el generador solar durante un movimiento del seguidor desde una primera posición hacia una segunda posición, tal y como se describe en la etapa S102. A continuación se compara la potencia P1 detectada en una primera fase del movimiento con una potencia P2 detectada en la segunda fase del movimiento para determinar si las potencias son iguales o si la potencia P1 es mayor o menor que la potencia P2, tal y como se muestra en la etapa S104.

[0037] Si la potencia P1 es mayor que la potencia P2, la posición del seguidor 106 se encuentra en una posición anticipada con respecto a una potencia máxima, es decir, el seguidor ya pasó por la posición correspondiente a una potencia máxima, tal y como se describe en la etapa S106. En una situación de este tipo se ralentiza el movimiento del seguidor en la etapa S108. Si la potencia P1 es menor que la potencia P2, esto significa que aún no se alcanzó la posición de la potencia máxima, tal y como se muestra en la etapa S110, de tal forma que el movimiento del seguidor se acelera en la etapa S112. Si se determina que las dos potencias son iguales, se

concluye que se ha alcanzado la posición de la potencia máxima, tal y como se representa en la etapa S114. Partiendo de las etapas S108, S112 y S114, el procedimiento vuelve a continuación a la etapa S102. En este punto se debe de hace referencia a que se puede determinar de acuerdo con la invención si la potencia generada por la instalación solar es menor, mayor o igual que una potencia máxima. Sin embargo, alternativamente también puede estar previsto (véase, por ejemplo, la fig. 3), determinar si una potencia generada por la instalación solar se encuentra comprendida en un intervalo o ventana de potencia predeterminada o fuera del intervalo o ventana de potencia predeterminada (por encima o por debajo del intervalo). En tanto que en la descripción ofrecida a continuación se hace referencia a una comparación con un valor de una magnitud de salida, ello comprende siempre también una referencia también a una ventana correspondiente y viceversa.

[0038] De acuerdo con el ejemplo de realización descrito en las etapas S104 – S114 de la fig. 4, durante cada impulso de motor se mide la potencia eléctrica o la corriente del generador solar con una detección de valor de medición de alta resolución a intervalos regulares de tiempo o de posición. La medición de potencia o de corriente se realiza de forma síncrona con el movimiento físico del seguidor y se puede referir o bien al tiempo de funcionamiento del motor del seguidor o bien a la distancia recorrida por el seguidor detectada mediante los generadores de impulsos.

[0039] Un ejemplo para la determinación de la posición relativa de un eje de giro del seguidor con respecto al sol consiste en dividir el impulso de mando del motor en dos intervalos simétricos de tiempo, posición o número de revoluciones por unidad de tiempo del motor, tal y como se muestra en base a la fig. 5, que en la fig. 5a muestra el número de revoluciones por unidad de tiempo del motor o la posición del seguidor durante un impulso de mando, mientras que la fig. 5b muestra la trayectoria de potencia correspondiente con puntos simétricos de medición.

[0040] Tal y como se muestra en la fig. 5, la posición del seguidor cambia de una primera posición POS_1 a una posición POS_2 mediante un accionamiento correspondiente del motor, y el desarrollo del movimiento se divide en dos partes $T_{1/2}$ preferentemente iguales (véase la fig. 5b). Para cada uno de los tramos parciales $T_{1/2}$ se detectan los valores de potencia en diferentes puntos de muestreo, concretamente las potencias $P_{1,1}$ – $P_{1,5}$ para el primer tramo o para la primera mitad del espacio de tiempo del movimiento y $P_{2,1}$ – $P_{2,5}$ para la segunda mitad del espacio de tiempo del movimiento. El producto de valores uniformes de medición de potencia o de corriente por el tiempo transcurrido desde la última medición da un valor medio de energía. Si se forma la suma o la integral de estos valores medios uniformes de energía para cada mitad de impulso (véase la fig. 5), se obtienen dos valores de energía que se pueden comparar entre sí. Preferentemente la potencia o la corriente se mide con una frecuencia constante y de forma síncrona al movimiento del motor, de tal forma que el tiempo anteriormente mencionado se puede simplemente omitir y sólo comparar los valores medios de potencia o de corriente entre sí. En este caso, la suma se puede dividir por el número de los puntos de medición (en la fig. 5, el número de los cinco puntos de medición). Alternativamente se puede medir un primer valor de medición de potencia o de corriente y un segundo valor de medición de potencia o de corriente por cada mitad de impulso, siempre y cuando éstos se detecten de forma simétrica con respecto a la mitad del impulso.

[0041] Para el ejemplo mostrado en base a la fig. 5 se obtiene como sigue la potencia eléctrica media para cada mitad de impulso: primera mitad de impulso:

$$\overline{P_1} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} P_{1,i}$$

segunda mitad de impulso:

$$\overline{P_2} = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} P_{2,i}$$

[0042] El número de los puntos de medición n de cada mitad de impulso depende de la longitud del impulso y de la frecuencia de medición, en donde en el ejemplo mostrado en la fig. 5 n = 5.

[0043] Durante el impulso de motor mostrado en la fig. 5 se pueden presentar en principio tres casos diferentes, como son:

a. la potencia aumenta:

$$\overline{P_1} < \overline{P_2}$$

b. la potencia disminuye:

$$\overline{P_1} > \overline{P_2}$$

c. la potencia no varía:

$$\overline{P_1} = \overline{P_2}$$

[0044] Según cuál de los tres casos se presente, se puede reconocer si el punto de potencia máxima se encuentra o bien más adelante (a), o bien más atrás (b), o si ya se encuentra en el máximo de la potencia (c). Tal y como se ha mencionado anteriormente, la determinación también se puede basar en cómo se encuentra la potencia con respecto a un intervalo o ventana (véase más arriba).

[0045] Una alternativa a la medición anteriormente descrita consiste en detectar las energías durante las mitades del impulso. La energía de cada mitad de impulso se obtiene como sigue:

primera mitad de impulso:

$$E_1 = \Delta t \sum_1^n P_{1,i}$$

segunda mitad de impulso:

$$E_2 = \Delta t \sum_1^n P_{2,i}$$

donde Δt = duración de la mitad de impulso correspondiente.

[0046] Otra alternativa diferente a la medición anteriormente descrita de la potencia consiste en calcular la derivada de la potencia eléctrica durante el impulso. Si varía el signo de esta derivada durante el impulso de mando, ello significa que se alcanzó el máximo de la potencia. Si el signo de la derivada se mantiene siempre positivo, la potencia aumenta (caso a), o en el caso de que se mantenga siempre negativa, la potencia disminuye (caso b).

[0047] La fig. 5 es una representación ampliada del tramo 3 de la fig. 3. La fig. 5 representa cómo se comportan las magnitudes importantes tales como, por ejemplo, el número de revoluciones por unidad de tiempo del motor, los impulsos del emisor y la potencia PV durante el movimiento del seguidor. Además de ello también están registrados los puntos de medición de potencia o de corriente, en donde en el ejemplo de realización mostrado, cada punto representado es el valor medio de varias mediciones. El punto $P_{1,2}$ es, por ejemplo, el valor medio de 3333 mediciones de potencia o de corriente entre $P_{1,1}$ y $P_{1,2}$ (33,33 kHz de frecuencia de medición durante 100 ms).

[0048] Preferentemente, la adquisición de la potencia se realiza mediante el uso de una medición de potencia de alta resolución. En base al hecho de que la potencia eléctrica del seguidor solar es muy plana con respecto a la desviación angular con respecto al sol (véase la fig. 2) en el máximo de potencia, la potencia sólo varía en unos pocos Watios a lo largo de un determinado intervalo de posición. Para poder garantizar una detección precisa de potencia para cada eje de giro, es necesario medir por lo tanto muy pequeñas variaciones de potencia o de corriente. En consecuencia, el circuito de medición de corriente o de tensión tiene que tener una resolución muy elevada. Como orden de magnitud aplica que es necesario detectar variaciones de potencia comprendidas en el intervalo de entre 1/10.000 y 1/100.000 de la potencia nominal para hacer posible un seguimiento óptimo.

[0049] Un convertidor normal de corriente y el convertidor A/D correspondiente tienen para el caso de una regulación digital una resolución típica de aprox. 10 bits. La potencia nominal de un seguidor solar típico se encuentra situada en aprox. 10 kW, de tal forma que se obtiene una resolución de potencia de aproximadamente 10 W/bit, lo que representa un factor de 100 veces superior a la precisión requerida de 0,1 W. Sin embargo, este problema se puede resolver mediante un sobremuestreo en el tiempo de las magnitudes de medición U, I requeridas, con lo que se puede lograr una mayor resolución. De acuerdo con el teorema de Nyquist-Shannon, la relación de sobremuestreo (Over-Sampling ratio OS) está asociada con el incremento de resolución en bits a través de la siguiente ecuación:

$$OS_{RATIO} = 2^{2\bullet(B_2 - B_1)}$$

en donde:

B_1 = resolución de la medición normal en bits, y

B_2 = resolución resultante en bits de una serie de mediciones individuales con la resolución B_1.

[0050] El número de puntos de medición necesarios para lograr la resolución B_2 viene dado por OS_{RATIO}. En el presente ejemplo, el número máximo de los puntos de medición está limitado a 3333, de tal forma que la resolución de bits resultante se calcula como sigue:

3333 = 2^(2*(x-10)), que da x=15,85 (prácticamente 16 bits).

[0051] Supóngase que la frecuencia de adquisición de los valores de medición es de 33,33 kHz. Bajo la suposición de que se adquieren valores de medición durante un intervalo total de tiempo de 100 ms, se obtienen 3.333 valores de medición. Esto significa que la resolución original de 10 bits a 33,33 kHz se transformó en una nueva resolución de aprox. 16 bits a 10 Hz. Si bien ahora está presente un régimen reducido de actualización de la magnitud de medida, la nueva resolución es de aprox. 0,15 W/bit de acuerdo con el ejemplo anteriormente mencionado, lo que se corresponde aproximadamente con la resolución requerida. Además de ello se debe de mencionar que el régimen de actualización de 100 ms es suficiente, puesto que la constante de tiempo de la variación de potencia a lo largo del tiempo de conexión del motor es típicamente más alta. Existen suficientes puntos de medición durante un impulso de mando para aplicar el principio de regulación anteriormente mencionado según el cual se consideran las dos mitades de movimiento.

[0052] Mediante el procedimiento preferido anteriormente descrito se evita la necesidad de utilizar componentes costosos y caros tales como convertidores de corriente y de tensión con una resolución de medición elevada. De acuerdo con la invención, de este modo se logra una precisión de medición muy elevada a partir de un dispositivo normal de medida de un ondulador, que en el ejemplo anterior se ha incrementado en 65 veces.

[0053] La adquisición anteriormente descrita de la posición relativa del seguidor con respecto al sol a partir de la potencia eléctrica representa un retroacoplamiento con respecto al posicionamiento primario del seguidor, que se puede corregir a partir de las informaciones obtenidas de la forma de acuerdo con la invención. En otras palabras, partiendo del posicionamiento primario, el seguidor se puede mover más lentamente o más rápidamente en función de la proporción entre la potencia P1 en el primer tramo del movimiento y la potencia P2 en el segundo tramo del movimiento, para alcanzar una zona de máxima potencia. En caso de que se renuncie a un posicionamiento primario se conectan directamente las informaciones al regulador de potencia (mando 120) obtenidas a partir de la comparación entre las potencias, y se reduciría o aumentaría por ejemplo la longitud de cada impulso de motor subsiguiente (duración del impulso) en función de qué situación se presente en las etapas S106 y S110.

[0054] En el caso de un retroacoplamiento a partir de una regulación primaria (posicionamiento primario) se realiza una corrección de la posición del seguidor de acuerdo con un algoritmo predeterminado que para cada impulso de motor analiza el resultado obtenido conforme a las etapas S106 y S110 y define un procedimiento correspondiente para la maximización de la potencia. Por ejemplo, se pueden sumar etapas fijas de corrección sobre las posiciones reales o nominales primarias, para que la regulación primaria corrija su retardo o su adelanto. En este caso, la magnitud de la etapa de corrección debe de ser un compromiso entre la duración del procedimiento de búsqueda y la precisión de posición deseada durante el funcionamiento continuo. Cuanto menor sea la etapa de corrección, tanto mejor es la precisión de posición, pero tanto más lenta es la duración de búsqueda hasta encontrar el punto de potencia o el intervalo de potencia máximo.

[0055] Alternativamente también se pueden sumar etapas variables de corrección a las posiciones primarias. En este caso, la magnitud de la etapa de corrección se puede adecuar a la distancia calculada con respecto al punto de potencia máxima. En caso de que la comparación de las potencias mostrase una gran diferencia entre P1 y P2, se originaría una etapa de corrección correspondientemente grande. Preferentemente, en este caso se define la amplitud de la corrección proporcional al valor de la diferencia (P2 – P1). Esto hace posible una regulación fina con pequeñas etapas de corrección en la zona de potencia máxima, para acercarse lo más posible al máximo.

[0056] Independientemente de la amplitud, el signo de la etapa de corrección depende del signo de la

diferencia (P2 – P1). En caso de que esta diferencia sea positiva, el seguidor avanzará más hacia adelante mediante la regulación (mando 120). En este caso, se suma o viene una etapa positiva de corrección a la posición nominal o una etapa negativa de corrección a la posición real. En caso de que la diferencia sea negativa, ocurre exactamente lo contrario.

[0057] Para una mayor fiabilidad del algoritmo se pueden introducir otras etapas de control. Una variante consiste en comprobar una o varias veces las informaciones de posición que se obtuvieron de la forma de acuerdo con la invención, para asegurar que se determinó correctamente la posición relativa del seguidor con respecto al sol, antes de generar la etapa de corrección. Estas correcciones se pueden basar, por ejemplo, en otros parámetros relativos a la posición del sol, por ejemplo en efemérides solares, para, por ejemplo, aportar una comprobación de plausibilidad sobre la posición determinada. Dicho con más precisión, en base a las efemérides solares se puede comprobar si la posición del seguidor permite realmente una radiación solar máxima.

[0058] Otra etapa de control puede consistir en recorrer periódicamente, por ejemplo una vez cada hora, todo el intervalo de aceptancia angular del generador solar, por ejemplo, 2,5ºx2,5º de un generador solar con células solares de concentración, lo que garantiza que un máximo de potencia detectado no es un máximo local. El inconveniente de este procedimiento es en cualquier caso que aquí se produce una breve caída de potencia. Asimismo, un procedimiento de este tipo se debería definir tomando en consideración la sensibilidad del sistema con respecto a fuentes de radiación secundarias.

[0059] De acuerdo con ejemplos preferidos de realización de la presente invención, la ventana de búsqueda para la maximización de potencia se puede limitar en función del tamaño de la ventana de aceptancia angular de las células solares y del posible error de posición de la regulación primaria. De este modo se puede evitar que la corrección (suma de muchas etapas de corrección) alcance valores demasiados elevados para un eje de giro determinado. Si la precisión de posición de la regulación primaria es de +/-1,5º, se puede limitar la ventana de búsqueda con una cierta tolerancia a, por ejemplo, 1º.

[0060] En caso de que la potencia eléctrica o la corriente del sistema fotovoltaico fuera demasiado pequeña, se detendrá el algoritmo descrito hasta este momento. Si la potencia del sistema se encuentra por debajo de un valor mínimo determinado, por ejemplo, 5% de la potencia nominal, cada vez el riesgo es mayor de que informaciones sobre las que se basa el suplemento de acuerdo con la invención, dejen de ser fiables. Valores más pequeños de potencia pueden tener dos causas:

- La radiación es demasiado baja (1% de la radiación nominal). En este caso no aporta nada dejar el algoritmo MPPTm en funcionamiento debido a la elevada relación señal/ruido (precisión de medición).
- La regulación primaria fue mala, de tal forma que apenas se entrega potencia alguna (el generador solar no ha alcanzado la ventana de aceptancia angular).

[0061] En caso de que la potencia eléctrica se tuviera que limitar por motivos técnicos, como, por ejemplo, una sobrecorriente en el ondulador, por ejemplo debido a una sobretemperatura del ondulador o a una carga completa de una batería, también se detiene preferentemente el algoritmo. En este caso no se puede obtener ninguna información fiable a partir de la comparación de potencia, puesto que la potencia se limitó electrónicamente y no es posible obtenerla más a partir del movimiento mecánico del seguidor exclusivamente.

[0062] De acuerdo con un ejemplo preferido de realización de la presente invención, el posicionamiento de cada eje de giro del seguidor en función de la potencia eléctrica máxima se realiza siempre en la misma dirección de movimiento que el sol. Preferentemente, los impulsos de mando del motor se definen o bien más cortos o se emiten con menor frecuencia, en caso de que la posición del seguidor tenga un cierto adelanto con respecto a la posición del sol, o en caso contrario, se definen más largos o se emiten con mayor frecuencia, en caso de que la posición del seguidor esté por detrás de la posición del sol.

[0063] Preferentemente se evitan pasos hacia atrás, de tal forma que las direcciones de la marcha coinciden siempre con la dirección de movimiento del sol. Para un sistema de dos ejes siempre se gira el ángulo acimutal hacia el oeste y el ángulo de elevación se gira correspondientemente en dirección hacia el cénit antes de mediodía y en dirección hacia el horizonte después de mediodía.

[0064] Cuando la regulación de la posición trabaja mediante el uso de motores accionados de forma continua, se frenarían o acelerarían los motores correspondientemente, pero se renunciaría a una variación en la dirección de giro. El hecho de evitar un movimiento hacia atrás es ventajoso para evitar fluctuaciones temporales no deseadas u

oscilaciones continuas alrededor del punto de potencia máxima. Además de ello, de este modo se protege al sistema en su conjunto y sobre todo a los motores de un movimiento hacia adelante y hacia atrás continuo e innecesario, lo que por un lado ahorra energía y por otro lado aumenta el tiempo de vida.

[0065] Sin embargo, por principio, la maximización de potencia no es incompatible con un movimiento bidireccional. En el caso de un adelanto o de un desplazamiento de la posición del seguidor con respecto al sol en el arranque del sistema, puede estar preferentemente previsto un movimiento bidireccional de este tipo, para acelerar el tiempo de respuesta de la búsqueda del punto de potencia máxima. Para ello, el seguidor se mueve de forma bidireccional después de alcanzar por primera vez la ventana de aceptancia angular del generador solar.

[0066] En la descripción se explicó ya con anterioridad brevemente la diferencia entre el MPPT electrónico y el MPPT mecánico. Por lo general, las células solares siempre funcionan con un MPPT que cuida de que éstas siempre trabajen a su máxima potencia, tal y como se indicó anteriormente. Éste se denomina aquí como MPPTe, para evitar una confusión con el MPPTm mecánico descrito de acuerdo con la invención.

[0067] Cuando en el sistema de acuerdo con la invención se emplea tanto un MPPTe como un MPPTm (suplemento de acuerdo con la invención), se varía correspondientemente la tensión del generador solar o la posición mecánica del seguidor. Puesto que cada uno de estos dos procesos de regulación debe de maximizar la potencia eléctrica, está previsto en un ejemplo de realización de este tipo que estos suplementos no se influyan entre sí o se perjudiquen el uno al otro. Puesto que las magnitudes de regulación son diferentes y se influyen entre sí muy poco en condiciones normales, se cuida preferentemente para que ambos reguladores no varíen su magnitud de ajuste al mismo tiempo. Una variación simultánea de la tensión del generador solar y del eje de giro del seguidor tendría consecuencias sobre ambos reguladores, que no se podrían separar sin más entre sí. Además de la variación simultánea de la posición del seguidor y de la tensión continua, tiempos de funcionamiento o intervalos de medición elegidos de forma inadecuada pueden perjudicar la separación de los reguladores, por ejemplo:

- El procedimiento MPPTm puede ser estático y el MPPTe varía la tensión durante el reposo mecánico.
- El MPPTe compara un valor de potencia antes del movimiento mecánico (U=U1) con un valor después del movimiento mecánico (U=U2) y toma una decisión errónea con respecto al comportamiento P=f(U), puesto que P ha variado debido al movimiento mecánico.

[0068] En consecuencia, está preferentemente prevista una separación temporal entre MPPTe y MPPTm, que garantiza que las magnitudes de ajuste no varían al mismo tiempo. Un funcionamiento entrelazado de los dos reguladores con unos tiempos muertos correspondientes entre las variaciones de tensión o de posición es suficiente para evitar una influencia mutua entre los reguladores.

[0069] La fig. 6 muestra un ejemplo del recorrido en el tiempo de MPPTe y MPPTm para un seguidor de dos ejes con acimut y elevación. La fig. 6 muestra el desarrollo en el tiempo que describe el ajuste del acimut y del ángulo de elevación de acuerdo con la doctrina de la presente invención para una ganancia máxima de potencia, en donde se encuentran intercaladas secciones MPPTe correspondientes, para garantizar una operación de los módulos solares a su potencia máxima. La duración global de un ciclo de regulación es de 10 segundos. Durante un primer tramo 140 en el intervalo de tiempo 142 se realiza el ajuste de acimut requerido para el seguidor a lo largo de un intervalo de 0 – 2 segundos, mediante una modulación de anchura de impulsos correspondiente del/de los impulso(s) de accionamiento del motor del seguidor para el seguimiento de la instalación solar de acuerdo con las doctrinas de la presente invención. Después de un tiempo muerto de 0,3 segundos, se realiza el MPPTe, que tiene una duración de 0,5 segundos respectivamente. A continuación se produce de nuevo un tiempo muerto. A continuación del primer tramo 140, le sigue un segundo tramo 144, que se inicia de nuevo con el tramo 146 para el ajuste del seguidor con respecto al sol, en este caso para el ajuste del ángulo de elevación mediante el uso de una modulación de anchura de impulsos correspondiente del/de los impulso(s) de accionamiento del motor de seguimiento para el seguimiento de la instalación solar de acuerdo con las doctrinas de la presente invención, tal y como se muestra en el tramo 146. Enmarcado por dos tiempos muertos, le siguen los tramos MPPTe. Este desarrollo se repite, tal y como se indica mediante la flecha 148.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el seguimiento del sol por parte de un generador solar (102) con una pluralidad de módulos solares (104), con las siguientes etapas:

seguimiento del sol por parte de un seguidor (106); y
durante un movimiento o una parada del seguidor (106), adquisición (S102) de al menos una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares (104) del generador solar (102); y
en base a la comparación entre dos valores de la magnitud eléctrica de salida o en base a una variación de la magnitud eléctrica de salida, determinar si se alcanzó una posición del seguidor (106) en la cual la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo, caracterizado por la siguiente etapa:

en caso de que se determine que no se alcanzó una posición del seguidor (106) en la que la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo, modificar una señal de mando para el seguidor (106) para ralentizar un movimiento del seguidor (106) en caso de que el seguidor (106) hubiera pasado por delante de la posición en la que la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo, y para acelerar un movimiento del seguidor (106) en caso de que el seguidor (106) aún no hubiera alcanzado la posición en la que la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo, de tal forma que el seguidor (106) no cambia de dirección de giro durante el seguimiento del sol.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la adquisición de la magnitud eléctrica de salida comprende las siguientes etapas:

durante un movimiento del seguidor (106) desde una primera posición a una segunda posición, adquirir (S102) un primer valor de la magnitud eléctrica de salida en un primer tramo del movimiento, y determinar un segundo valor de la magnitud eléctrica de medida en un segundo tramo del movimiento;
comparar (S104) el primer valor de la magnitud eléctrica de salida y el segundo valor de la magnitud eléctrica de salida entre sí; y

a partir de la comparación, en caso de que el primer y el segundo valor de la magnitud eléctrica de salida sean diferentes (S106 – S112), determinar que no se alcanzó una posición del seguidor (106) en la que la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo, y en caso de que el primer y el segundo valor de la magnitud eléctrica de salida sean aproximadamente iguales (S114), determinar que se alcanzó una posición del seguidor (106) en la que la magnitud eléctrica de salida se encuentra comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la señal de mando presenta una duración variable de impulso y una frecuencia fija, o en el que la señal de mando presenta una duración fija de impulso y una frecuencia variable, en donde la duración fija de impulso depende de una precisión de posición deseada del generador solar (102) y/o de una duración de búsqueda hasta que la magnitud eléctrica de salida se encuentre comprendida en un intervalo alrededor de un valor máximo.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, con la siguiente etapa:

comprobar en base a efemérides solares o mediante el uso de un sensor de posición del sol, si la posición relativa determinada del seguidor (106) con respecto al sol es correcta.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende la siguiente etapa de control para la comprobación de la posición determinada:

recorrer en instantes de tiempo predeterminados todo el intervalo de aceptancia angular del generador solar (102) en el que se encuentra presente la magnitud eléctrica de salida, y determinar, en base a los valores determinados para la magnitud eléctrica de salida durante el recorrido, si se encuentra presente un máximo local o absoluto para la magnitud eléctrica de salida.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se detectan los valores de la magnitud eléctrica de salida durante un primer y un segundo tramo del movimiento del seguidor, o en el que se detectan los valores de la magnitud eléctrica de salida durante el primer y el segundo tramo de reposo del seguidor, en donde los valores se detectan en posiciones simétricas.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se emplea un valor medio, una suma, una integral, una derivada o cualquier otra función matemática de la magnitud eléctrica de salida.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se interrumpe el procedimiento para el mando del seguidor (106) cuando el valor de la magnitud eléctrica de salida cae por debajo de un umbral predeterminado o cuando la magnitud eléctrica de salida entregada por el generador solar (102) es limitada por otros elementos en el flujo de potencia, en cuyo caso el mando del seguidor (106) se realiza según efemérides solares o según un sensor solar.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el seguidor (106) se mueve paso a paso o de forma continua, en donde en el caso de un movimiento paso a paso, los pasos se acortan o alargan o se proporcionan con menor o mayor frecuencia en función de la comparación, y en donde en el caso de un movimiento continuo se frena o acelera el seguidor (106).

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, con la siguiente etapa:

realización (S100) de un posicionamiento primario del seguidor (106) en base a parámetros en relación con una posición solar.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, con las siguientes etapas:

provisión de un seguidor MPP, de tal forma que los módulos solares (104) trabajan a su potencia máxima, en donde el funcionamiento del seguidor MPP está desacoplado en el tiempo de la determinación de la magnitud eléctrica de salida y del mando del seguidor.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la magnitud eléctrica de salida se determina en el generador solar (102), en un oscilador (108) o a través de un equipo adicional de medida (116, 118).

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que se determina la magnitud eléctrica de salida de todos los módulos solares (104).

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que los módulos solares (104) comprenden módulos solares de concentración.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que no se proporciona ningún sensor de posición solar adicional.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que la magnitud eléctrica de salida comprende una tensión, una corriente, una potencia o una energía o un valor medio, una suma, una integral, una derivada o cualquier otra función matemática de las mismas.

17. Mando (120) para una instalación solar (100) con:
una entrada (122) para la recepción de un valor de una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de módulos solares (104) de un generador solar (102) de la instalación solar (100);
una salida (120) para proporcionar una señal de mando para un seguidor (106) de la instalación solar (100); y
una unidad de proceso (124), que trabaja de acuerdo con el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.

18. Instalación solar (100) con:
un generador solar (102) con una pluralidad de módulos solares;
un seguidor (106) en el que está dispuesto el generador solar (102);
un dispositivo de medida (116, 118) para determinar una magnitud eléctrica de salida de al menos una parte de los módulos solares (104) del generador solar (102); y

un mando de acuerdo con la reivindicación 17.

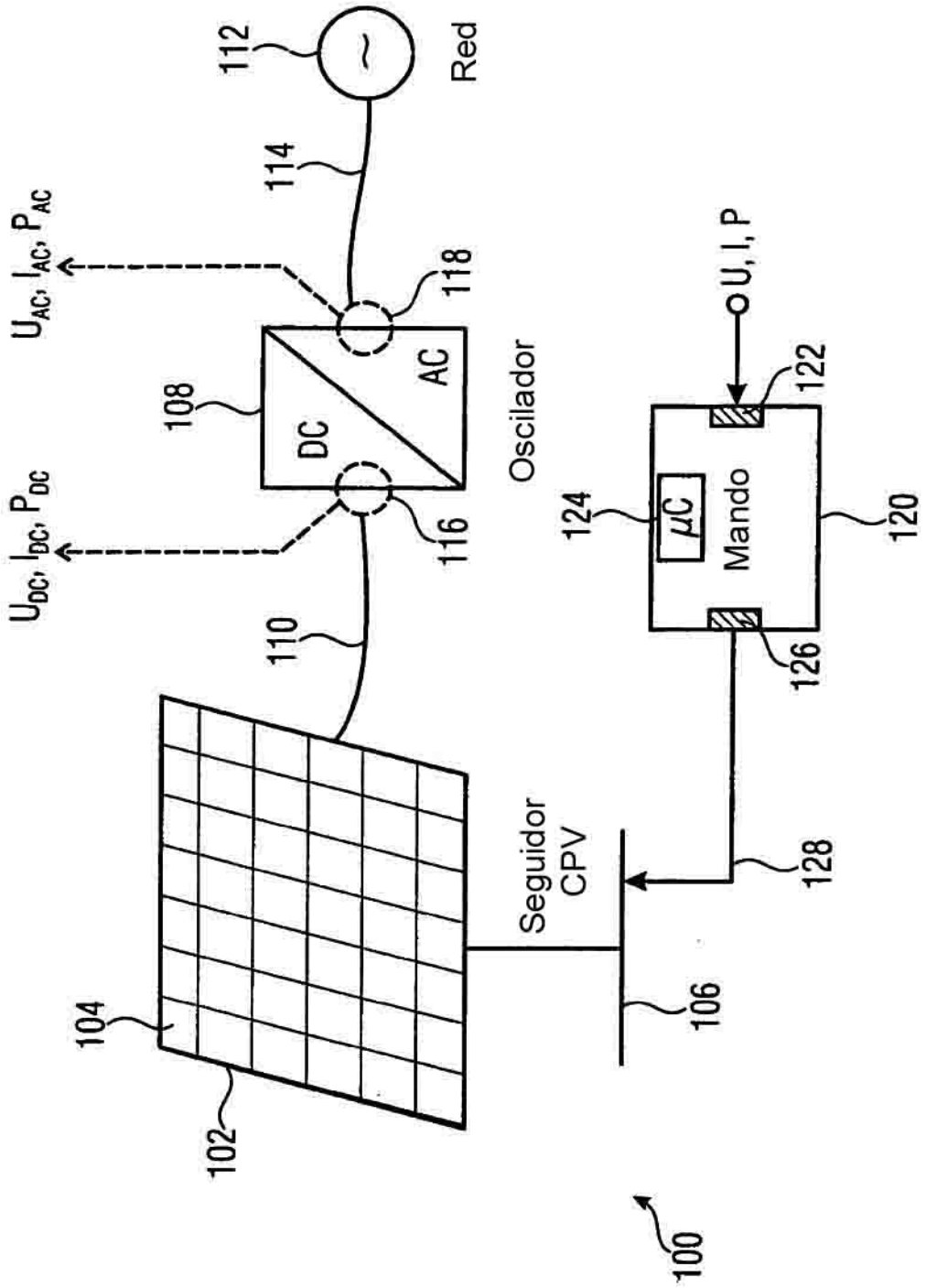
112
Red
114
U_{AC}, I_{AC}, P_{AC}
118
108
DC
AC
Oscilador
U_{DC}, I_{DC}, P_{DC}
116
110
U, I, P
122
124
μC
Mando
120
126
Seguidor
CPV
128
104
106
102
100

FIGURA 1

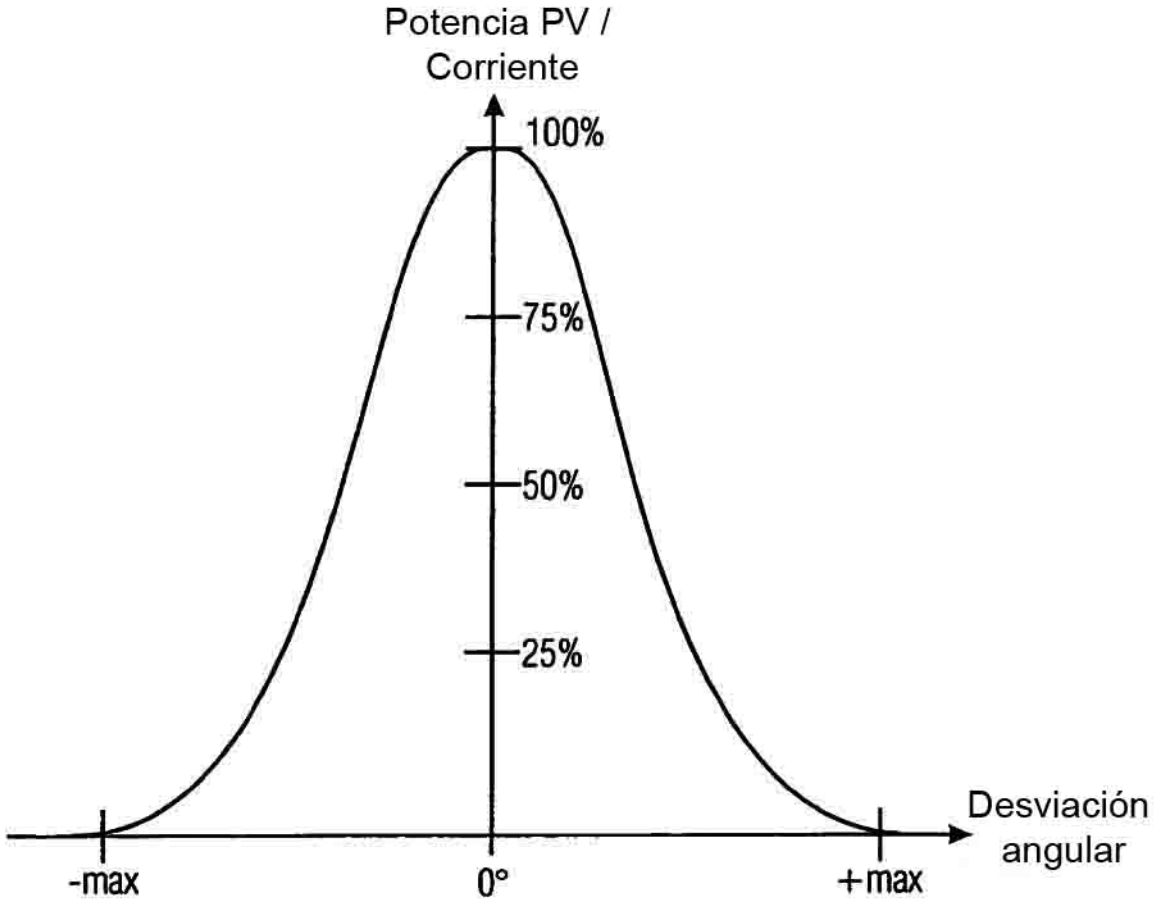
Potencia PV /
Corriente
100%
75%
50%
25%
Desviación
angular
-max
0°
+max

FIGURA 2

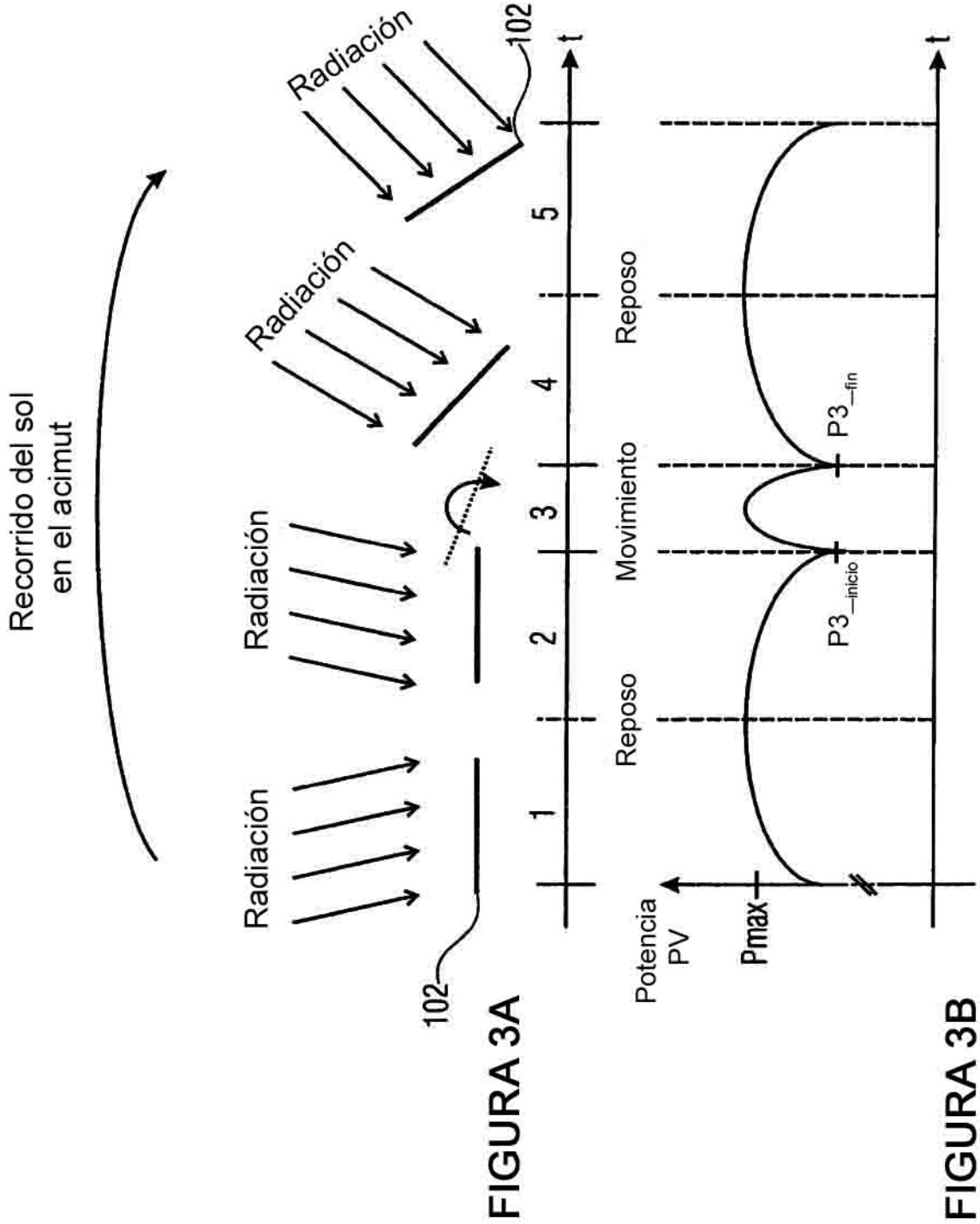

FIGURA 3A

FIGURA 3B

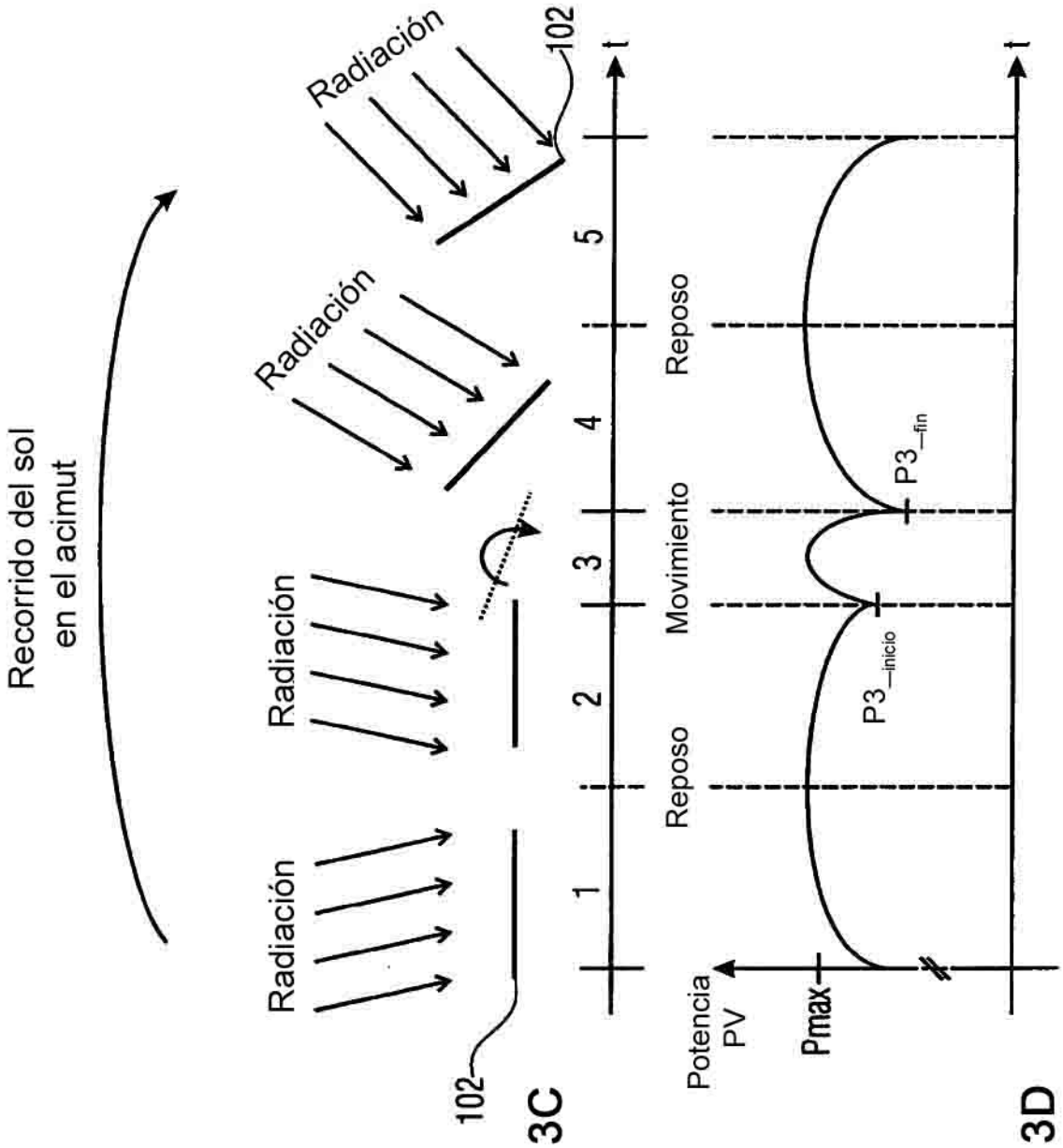

FIGURA 3C

FIGURA 3D

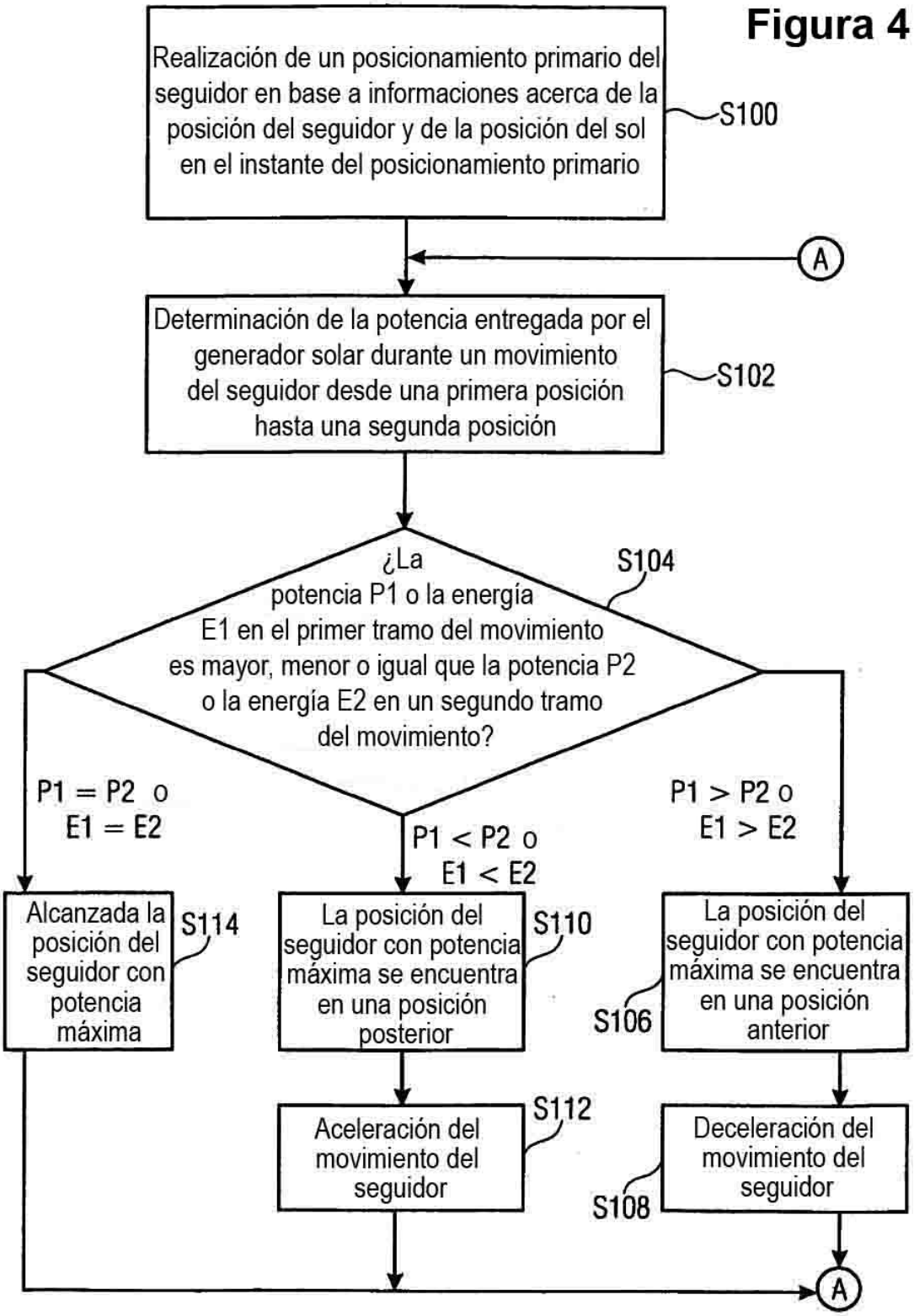
Figura 4
Realización de un posicionamiento primario del seguidor en base a informaciones acerca de la posición del seguidor y de la posición del sol en el instante del posicionamiento primario
S100
A
Determinación de la potencia entregada por el generador solar durante un movimiento del seguidor desde una primera posición hasta una segunda posición
S102
¿La potencia P1 o la energía E1 en el primer tramo del movimiento es mayor, menor o igual que la potencia P2 o la energía E2 en un segundo tramo del movimiento?
S104
P1 = P2 o E1 = E2
P1 < P2 o E1 < E2
P1 > P2 o E1 > E2
Alcanzada la posición del seguidor con potencia máxima
S114
La posición del seguidor con potencia máxima se encuentra en una posición posterior
S110
La posición del seguidor con potencia máxima se encuentra en una posición anterior
S106
Aceleración del movimiento del seguidor
S112
Deceleración del movimiento del seguidor
S108
A

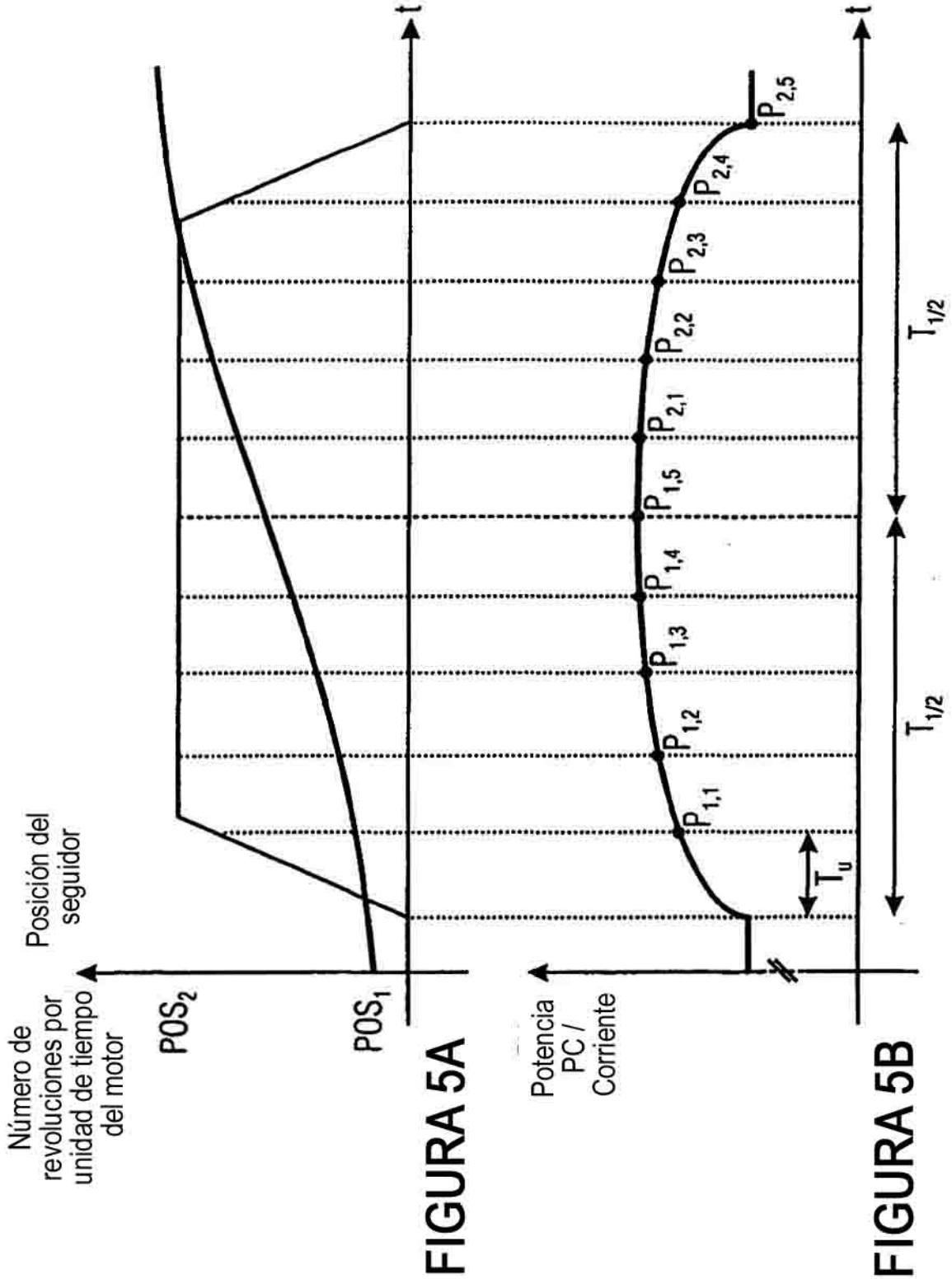

FIGURA 5A

FIGURA 5B

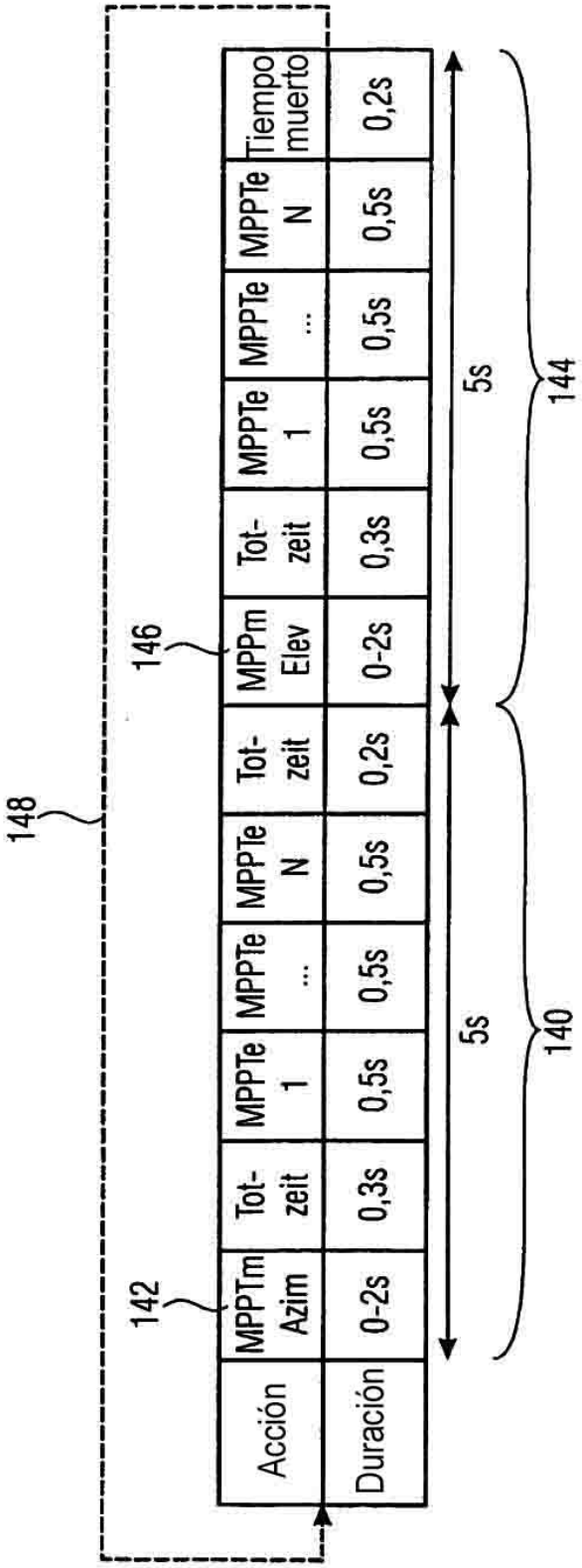
148
142
146
Acción
MPPTm Azim
Tot-zeit
MPPTe 1
MPPTe ...
MPPTe N
Tot-zeit
MPPm Elev
Tot-zeit
MPPTe 1
MPPTe ...
MPPTe N
Tiempo muerto
Duración
0-2s
0,3s
0,5s
0,5s
0,5s
0,2s
0-2s
0,3s
0,5s
0,5s
0,5s
0,2s
5s
5s
140
144

Figura 6