

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 253**

21 Número de solicitud: 201730057

51 Int. Cl.:

**H02S 40/30** (2014.01)

**H02J 3/24** (2006.01)

**A01G 25/16** (2006.01)

**F04B 17/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**19.01.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**29.03.2017**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
(100.0%)**

**Ramiro de Maeztu 7  
28040 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**FERNANDEZ RAMOS, José;  
NARVARTE FERNANDEZ, Luis;  
HOGAN TEVES DE ALMEIDA, Rita;  
BARATA CARRELO, Isaac;  
CARRASCO MORENO, Luis Miguel y  
LORENZO PIGUEIRAS, Eduardo**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de control para sistemas de bombeo fotovoltaico**

57 Resumen:

Procedimiento y dispositivo de control para sistemas de bombeo fotovoltaico.

Procedimiento y dispositivo de control (4) para sistemas de bombeo que mediante un algoritmo PID regula la frecuencia de operación de los variadores de frecuencia (2) conectados entre un generador fotovoltaico (1) y la unidad de bombeo (3), para mantener la tensión del generador (1) en el entorno de una tensión de consigna y por encima de la tensión mínima de alimentación de los variadores de frecuencia (2). Cuando detecta una caída brusca de la tensión DC del generador (1) por debajo de un primer umbral, el dispositivo de control (4) desactiva el algoritmo PID para establecer una frecuencia inferior a la frecuencia de operación de los variadores de frecuencia (2) y una pendiente mínima de deceleración abrupta para una subida de la tensión de los variadores de frecuencia (2). Cuando se detecta que la tensión DC vuelve por encima de un segundo umbral, se reactiva el controlador PID del dispositivo de control (4).

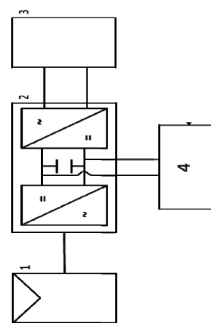


FIG.1

ES 2 607 253 A1

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de control para sistemas de bombeo fotovoltaico

### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra en el campo técnico de tecnologías fotovoltaicas, más concretamente, en lo relativo a procedimientos y sistemas de control para operar con sistemas de bombeo solar fotovoltaico, aplicable en el sector agrícola y de las energías renovables.

Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento y dispositivo de control incorporable en cualquier sistema de bombeo fotovoltaico (FV) para estabilizar su funcionamiento frente a las fluctuaciones en la potencia fotovoltaica producidas por la variación brusca de la radiación solar.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de bombeo fotovoltaico (FV) comprenden múltiples módulos fotovoltaicos para la captación de la radiación solar, conectados a la bomba de extracción a través de uno o varios variadores de frecuencia que produce el bombeo del agua durante las horas de sol. El caudal del bombeo solar directo no es constante ya que la irradiación es variable en función de las horas del día o de los fenómenos meteorológicos.

En los sistemas de bombeo FV actuales, una intermitencia de potencia fotovoltaica provocada, por ejemplo por el paso de una nube, produce una desestabilización del variador de frecuencia del sistema de bombeo, provocando su parada brusca. Esta parada no es simplemente una cuestión estética sino que provoca dos problemas que afectan a la fiabilidad y tiempo de vida del sistema de bombeo FV. El primero es el golpe de ariete, que reduce el tiempo de vida del sistema hidráulico. El segundo es la reflexión de ondas de tensión eléctrica entre la etapa de salida del variador de frecuencia y el motor de la bomba, que produce sobretensiones que pueden dañar ambos componentes.

Un ejemplo de sistema de bombeo FV que pretende estabilizar el bombeo de una bomba extractora de agua para conseguir un riego con presión y caudal constantes es el descrito

en ES 1074806 U. El sistema cuenta con una o más bombas elevadoras de presión que disponen un caudal mayor al máximo de la bomba de extracción y de una válvula de paso o de apertura por presión que impida el paso de agua a través de la bomba elevadora de presión. Además, este sistema de bombeo solar directo cuenta también con un depósito auxiliar de almacenamiento cuya capacidad es de unos minutos de caudal de la bomba o bombas elevadoras de presión y que dispone de sensores de nivel. Ésta es una configuración muy particular de un sistema controlado de bombeo FV que, por tanto, no puede aplicarse a otros sistemas de bombeo con otras configuraciones.

El problema técnico objetivo que se presenta es pues proveer un método y medios de control para estabilizar el funcionamiento de cualquier sistema de bombeo fotovoltaico, incluido, por ejemplo, el que se describe en ES 1074806 U, frente a las intermitencias de potencia FV causadas, por ejemplo, por el paso de una nube.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención sirve para solucionar el problema mencionado anteriormente, resolviendo los inconvenientes que presentan las soluciones comentadas en el estado de la técnica, mediante un dispositivo con un procedimiento de control que evita la desestabilización de los variadores de frecuencia en sistemas de bombeo fotovoltaico (FV) cuando hay fluctuaciones de potencia FV. El dispositivo y procedimiento de control propuestos permiten utilizar el sistema de control estándar de los sistemas de bombeo FV eliminando los problemas que presentan cuando se producen caídas bruscas en la potencia FV disponible, por ejemplo, debidas al paso de una nube.

Un aspecto de la invención se refiere a un procedimiento de control para sistemas de bombeo FV que comprende:

- un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo, PID, que actúa sobre al menos un variador de frecuencia conectado a la salida del generador fotovoltaico y que establece una frecuencia de operación, el algoritmo de control PID configurado para:
  - reducir la frecuencia de operación del variador de frecuencia cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico es inferior a una tensión de consigna establecida,

- aumentar la frecuencia de operación del variador de frecuencia cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico es superior a la tensión de consigna establecida;

donde la tensión de consigna se establece como:

- 5                   - una tensión correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico para sistemas de bombeo a presión y caudal variables; o
- una tensión correspondiente a un punto de potencia demandada al generador fotovoltaico por el sistema de bombeo para sistemas de
- 10                  bombeo a presión y caudal constantes.

El procedimiento de control además comprende los siguientes pasos:

- medir una tensión de salida de un generador fotovoltaico,
- establecer un primer valor de tensión umbral que es superior a una tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia;
- 15               - cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico desciende por debajo del primer valor de tensión umbral, desactivar el algoritmo de control PID y establecer:
- una frecuencia de referencia para el variador de frecuencia inferior a su frecuencia de operación establecida, y
- 20               - una pendiente mínima de deceleración abrupta para hacer entrar dicho variador de frecuencia en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de su tensión de funcionamiento.

Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de control que implementa el

25               procedimiento descrito anteriormente, para su uso en sistemas de bombeo fotovoltaico que comprenden al menos una unidad de bombeo conectada a la salida de uno o más variadores de frecuencia que, a su vez, se conectan a la salida de uno o más generadores fotovoltaicos. El dispositivo de control para sistemas de bombeo fotovoltaico que se propone comprende los siguientes componentes:

- 30               - un controlador proporcional-integral-derivativo, PID, configurado para:
  - reducir la frecuencia de operación del variador de frecuencia cuando en la salida del generador fotovoltaico el controlador PID mide una tensión inferior a una tensión de consigna correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico para sistemas de bombeo a presión y
  - 35               caudal variables y correspondiente a un punto de potencia demandada al

generador fotovoltaico por la unidad de bombeo para sistemas de bombeo a presión y caudal constantes,

- aumentar la frecuencia de operación del variador de frecuencia cuando en la salida del generador fotovoltaico el controlador PID mide una tensión superior a la tensión de consigna;

- medios de procesamiento (por ejemplo, un controlador PLC) configurados para desactivar el controlador PID cuando en la salida del generador fotovoltaico el controlador PID mide una tensión por debajo de un primer valor de tensión umbral, el primer valor siendo superior a una tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia; y, desactivado el controlador PID, establecer una frecuencia de referencia para el variador de frecuencia inferior a su frecuencia de operación, y establecer una pendiente mínima de deceleración abrupta para hacer entrar al variador de frecuencia en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia

Las ventajas de la presente invención con respecto a las soluciones del estado de la técnica anterior son fundamentalmente:

- Robustez frente a intermitencias de potencia fotovoltaica.
- Compatibilidad con los sistemas de control existentes como estándar para los sistemas de bombeo FV.
- Aumento de la fiabilidad y durabilidad de los sistemas de bombeo fotovoltaico al solucionar los problemas asociados a las paradas bruscas del variador de frecuencia causadas por la intermitencia de la potencia fotovoltaica.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

FIGURA 1.- Muestra un diagrama de bloques de un sistema de bombeo fotovoltaico con un dispositivo de control para estabilizar la potencia fotovoltaica, según una realización preferente de la invención.

## REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques de la arquitectura de un sistema de bombeo FV con el control de potencia fotovoltaica que se propone.

5

Desde un punto de vista general los sistemas de bombeo están compuestos de las partes siguientes:

- Al menos un generador fotovoltaico (1), compuesto a su vez, de módulos interconectados eléctricamente hasta constituir una unidad de producción DC con una estructura soporte.

10

- Al menos un variador de frecuencia (2) que actúa como acondicionador de potencia, capaz de variar la frecuencia y la tensión de salida en función de la potencia disponible del generador fotovoltaico (1).

- Al menos un unidad de bombeo (3), por ejemplo, una bomba de agua accionada por un motor eléctrico y que en conjunto constituyen una motobomba.

15

- Un dispositivo de control (4), por ejemplo, un controlador lógico programable o PLC (en inglés, PLC: "Programmable Logic Controller"), como el propio PLC que está integrado en muchos variadores de frecuencia (2), que incorpora funciones de control y seguridad.

El dispositivo de control (4) mide en todo momento la tensión de salida del generador FV (1) así como toma medidas del bus DC de cada variador de frecuencia (2), y mediante un controlador proporcional-integral-derivativo o PID utiliza esas medidas para:

20

- reducir la frecuencia de operación de los variadores (2) cuando la tensión del generador FV (1) es inferior a la tensión de consigna,

25

- aumentar la frecuencia de operación de los variadores (2) cuando la tensión es superior a la tensión de consigna.

El algoritmo de control PID suele estar implementado en el firmware de todos los variadores de frecuencia (2) y de los controladores industriales.

30

La tensión de consigna es establecida por el dispositivo de control (4) mediante cualquier algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia del generador FV (1). La tensión de consigna se establece siendo:

- para el caso de bombeo a presión y caudal variables, la tensión correspondiente al punto de máxima potencia del generador FV (1);

35

- para el caso de bombeo a presión y caudal constantes, la tensión a la que el generador fotovoltaico (1) entrega la potencia demandada por las bombas (3) para trabajar a la presión y caudal requerida por el sistema hidráulico de bombeo/riego.

5

El algoritmo de control PID consigue regular la frecuencia de operación de los variadores de frecuencia (2) y, consecuentemente, su consumo, para que la tensión del generador FV (1) que mide continuamente el dispositivo de control (4) se mantenga en el entorno de la tensión de consigna y por encima de la tensión mínima de alimentación de los variadores de frecuencia (2). Este algoritmo de control PID es, por tanto, de tipo realimentado, siendo: su variable de control de entrada, la tensión de salida del generador FV (1); y su variable de control de salida la frecuencia de operación de los variadores de frecuencia (2).

La configuración de los parámetros de control (también denominada “sintonización”) del controlador PID se realiza de forma que se minimizan las fluctuaciones de frecuencia y, así, se garantiza un funcionamiento estable del sistema. Sin embargo, este tipo de sintonización presenta el problema de que cuando se produce una caída brusca de la potencia FV, provocada, por ejemplo, por el paso de una nube sobre el generador FV (1), la tensión de salida del generador FV (1) presenta una abrupta caída antes de que el algoritmo de control PID de control pueda reaccionar y baje la frecuencia de los variadores de frecuencia (2) para que la tensión del generador FV (1) vuelva a acercarse al valor de consigna. En muchas ocasiones, la reducción de la potencia del variador de frecuencia (2) es lo suficientemente grande como para que la tensión de salida del generador FV (1) requerida a la entrada de los variadores de frecuencia (2) descienda por debajo del nivel mínimo, provocando una señal de alarma y una parada brusca de los variadores de frecuencia (2). Esta parada brusca puede tener consecuencias muy negativas tanto en el sistema hidráulico como en el eléctrico, que pueden reducir dramáticamente su durabilidad.

Para resolver este problema, el dispositivo de control (4) implementa un método de control que actúa cuando detecta una caída brusca de la tensión del generador FV (1) medida por dicho dispositivo de control (4). Esta caída brusca detectada en la tensión del generador FV (1) está, a su vez, causada por una caída brusca de la potencia fotovoltaica provocada, por ejemplo, por el paso de una nube. Para solucionar la posible desestabilización del variador de frecuencia (2) y su consecuente parada brusca debido a la repentina caída de la potencia

FV, el dispositivo de control (4) está configurado para ejecutar los siguientes pasos de control:

- Se desactiva el algoritmo de control PID cuando la tensión del generador FV (1) desciende por debajo de un primer valor de cierta tensión umbral. Dicho primer valor de tensión umbral se establece como una tensión superior a la tensión mínima de funcionamiento de los variadores de frecuencia (2).
- Se establece una frecuencia de referencia o de consigna para los variadores de frecuencia (2) mucho más baja que la actual, así como una pendiente mínima de deceleración abrupta. La combinación de una frecuencia menor y una pendiente de deceleración muy abrupta provoca que el variador de frecuencia (2) entre en modo de frenado regenerativo, cuya consecuencia es una subida abrupta en la tensión de su bus DC. Esta subida de tensión compensa la bajada de tensión producida en el generador FV (1).
- Cuando la tensión en el generador FV (1) vuelve a superar un segundo valor de tensión umbral, se vuelve a activar el algoritmo de control PID. De esta manera se evita la desestabilización del variador de frecuencia (2), su parada brusca, y los efectos perniciosos de la misma. Reactivado el algoritmo de control PID, el variador de frecuencia (2) vuelve a pasar a ser controlado por controlador PID y no sufre ninguna parada por alarma. La duración total del proceso puede ser menor de un segundo, por lo que el impacto en el sistema de bombeo hidráulico es imperceptible.

## REIVINDICACIONES

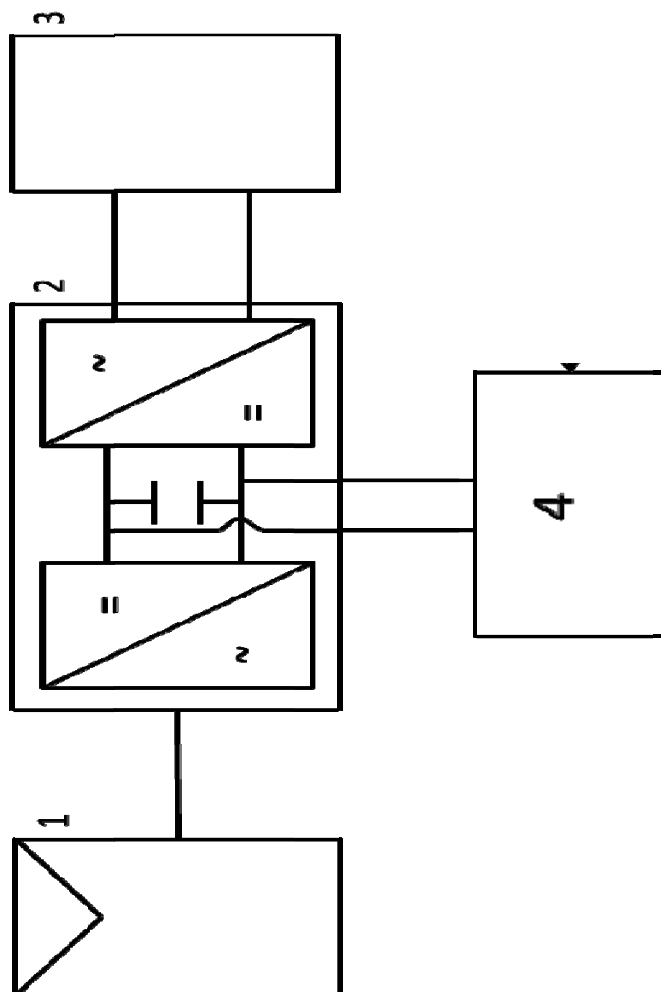
1. Un procedimiento de control para sistemas de bombeo fotovoltaico, que comprende:
  - medir una tensión de salida de un generador fotovoltaico (1),
  - establecer una tensión de consigna correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico (1) para sistemas de bombeo a presión y caudal variables y correspondiente a un punto de potencia demandada al generador fotovoltaico (1) por el sistema de bombeo para sistemas de bombeo a presión y caudal constantes,
  - un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo, PID, que actúa sobre al menos un variador de frecuencia (2) conectado a la salida del generador fotovoltaico (1) y que establece una frecuencia de operación, el algoritmo de control PID configurado para:
    - reducir la frecuencia de operación del, al menos un, variador de frecuencia (2) cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico (1) es inferior a la tensión de consigna establecida,
    - aumentar la frecuencia de operación del, al menos un, variador de frecuencia (2) cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico (1) es superior a la tensión de consigna establecida;

el procedimiento de control **caracterizado por que** además comprende los siguientes pasos:

  - establecer un primer valor de tensión umbral que es superior a una tensión mínima de funcionamiento del, al menos un, variador de frecuencia (2);
  - cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico (1) desciende por debajo del primer valor de tensión umbral, desactivar el algoritmo de control PID y establecer una frecuencia de referencia para el, al menos un, variador de frecuencia (2) inferior a la frecuencia de operación, y establecer una pendiente mínima de deceleración abrupta para hacer entrar al, al menos un, variador de frecuencia (2) en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de la tensión de funcionamiento del, al menos un, variador de frecuencia (2).
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** además comprende establecer un segundo valor de tensión umbral que es superior al primer valor de tensión umbral y, cuando la tensión en el generador fotovoltaico (1) supera el segundo valor de tensión umbral, activar el algoritmo de control PID.

3. Un dispositivo de control (4) para sistemas de bombeo fotovoltaico que comprenden al menos una unidad de bombeo (3) conectada a la salida de al menos un variador de frecuencia (2) que, a su vez, está conectado a la salida de al menos un generador fotovoltaico (1), el dispositivo de control comprendiendo un controlador proporcional-integral-derivativo, PID, configurado para:
  - reducir la frecuencia de operación del variador de frecuencia (2) cuando en la salida del generador fotovoltaico (1) el controlador PID mide una tensión inferior a una tensión de consigna correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico (1) para sistemas de bombeo a presión y caudal variables y correspondiente a un punto de potencia demandada al generador fotovoltaico (1) por la unidad de bombeo (3) para sistemas de bombeo a presión y caudal constantes,
  - aumentar la frecuencia de operación del variador de frecuencia (2) cuando en la salida del generador fotovoltaico (1) el controlador PID mide una tensión superior a la tensión de consigna;el dispositivo de control (4) **caracterizado por que** además comprende medios de procesamiento configurados para desactivar el controlador PID cuando en la salida del generador fotovoltaico (1) el controlador PID mide una tensión por debajo de un primer valor de tensión umbral, el primer valor siendo superior a una tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia (2); y, desactivado el controlador PID, establecer una frecuencia de referencia para el variador de frecuencia (2) inferior a su frecuencia de operación, y establecer una pendiente mínima de deceleración abrupta para hacer entrar al variador de frecuencia (2) en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia (2).
4. El dispositivo de control (4) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** los medios de procesamiento están configurados además para activar el controlador PID cuando en la salida del generador fotovoltaico (1) el controlador PID mide una tensión superior a un segundo valor de tensión umbral que, a su vez, es superior al primer valor de tensión umbral.
5. El dispositivo de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-4, **caracterizado por que** es un controlador lógico programable, PLC.

6. El dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** está conectado al control del variador de frecuencia (2).
  7. El dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** está integrado en el variador de frecuencia (2).
- 5



**FIG.1**



- ②① N.º solicitud: 201730057  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.01.2017  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X         | Fernandez-Ramos J et al. IMPROVEMENT OF PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS BASED ON STANDARD FREQUENCY CONVERTERS BY MEANS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS. 01/01/2010, Vol. 84, Páginas 101 - 109 [en línea][recuperado el 09/03/2017]. Recuperado de Internet <URL:http://astro.ft.uam.es/old/TJM/tjm/webpaginas/practicass/manuales/ccd.html>, ISSN 0038-092X, <DOI: 10.1016/j.solener.2009.10.013 | 1-7                        |
| X         | ES 1074806U U (DE CASTRO ALFREDO ANTONIO et al.) 13/06/2011, resumen; figuras; columna 2, líneas 14-27; columna 3, Líneas 1-11 y columna 4, líneas 2-57.                                                                                                                                                                                                                                          | 1-7                        |
| A         | CN 203575261U U (UNIV TARIM) 07/05/2014, Resumen EPODOC; resumen WPI; figuras.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1-7                        |
| A         | Dilsad Engin and Mustafa Engin. AUTO-TUNING OF PID PARAMETERS WITH PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER. 07/08/2013 [en línea] [Recuperado el 09/03/2017]. Recuperado de Internet <URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=6618130>. Todo el documento.                                                                                                                                    | 1-7                        |

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
13.03.2017

Examinador  
A. López Ramiro

Página  
1/7



- ②① N.º solicitud: 201730057  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.01.2017  
③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| A         | C. Gopal, M.Mohanraj, P.Chandramohan, P.Chandrasekar.<br>RENEWABLE ENERGY SOURCE WATER PUMPING SYSTEMS ?A<br>LITERATURA REVIEW. 30/05/2013 [en línea] [recuperado el 09/03/2017].<br>Recuperado de Internet <URL:<br><a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113002633">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113002633</a> >. todo el documento | 1-7                        |
| A         | CN 203952015U U (INST AGRICULTURAL ENVIRONMENT &<br>RESOURCES YUNNAN ACADEMY AGRICULTURAL SCIENCES et al.) 26/11/2014,                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1-7                        |

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la  
misma categoría  
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación  
de la solicitud  
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha  
de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
13.03.2017

Examinador  
A. López Ramiro

Página  
2/7

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H02S40/30** (2014.01)**H02J3/24** (2006.01)**A01G25/16** (2006.01)**F04B17/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02S, H02J, F04B, A01G

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.03.2017

**Declaración**

|                                                 |                      |           |
|-------------------------------------------------|----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>            | Reivindicaciones 1-7 | <b>SI</b> |
|                                                 | Reivindicaciones     | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b> | Reivindicaciones     | <b>SI</b> |
|                                                 | Reivindicaciones 1-7 | <b>NO</b> |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación                                                                                                                                                                                                                                                               | Fecha Publicación |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| D01       | Fernandez-Ramos J et al. IMPROVEMENT OF PHOTOVOLTAIC PUMPING SYSTEMS BASED ON STANDARD FREQUENCY CONVERTERS BY MEANS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS. SOLAR ENERGY, 20100101 PERGAMON PRESS. OXFORD, GB. Vol. 84, Nº 1, Páginas 101 – 109; ISSN 0038-092X, <DOI: 10.1016/j.solener.2009.10.013> | 01.01.2010        |
| D02       | ES 1074806U U (DE CASTRO ALFREDO ANTONIO et al.)                                                                                                                                                                                                                                                  | 13.06.2011        |
| D03       | CN 203575261U U (UNIV TARIM)                                                                                                                                                                                                                                                                      | 07.05.2014        |
| D04       | Dilsad Engin and Mustafa Engin. AUTO-TUNING OF PID PARAMETERS WITH PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER. Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation                                                                                                                | 07.08.2013        |
| D05       | C. Gopal, M.Mohanraj, P.Chandramohan, P.Chandrasekar. RENEWABLE ENERGY SOURCE WATER PUMPING SYSTEMS -A LITERATURA REVIEW. Elsevier; Renewable and Sustainable Energy Reviews 25 (2013) 351                                                                                                        | 30.05.2013        |
| D06       | CN 203952015U U (INST AGRICULTURAL ENVIRONMENT & RESOURCES YUNNAN ACADEMY AGRICULTURAL SCIENCES et al.)                                                                                                                                                                                           | 26.11.2014        |

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

**Reivindicación 1**

De los documentos encontrados, el documento más próximo es D01, dicho documento presenta (todo el documento) un procedimiento de control para sistemas de bombeo fotovoltaico, con los siguientes pasos: medir una tensión de salida de un generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ); establecer una tensión de consigna correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico ( $V_{SP}$  que es igual a  $V_{MPP}$ ) para sistemas de bombeo a presión y caudal variables y correspondiente a un punto de potencia demandada al generador fotovoltaico ( $V_{SP}$ ) por el sistema de bombeo para sistemas de bombeo a presión y caudal constantes; un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo, PID, que actúa sobre al menos un variador de frecuencia (columna 2) conectado a la salida del generador fotovoltaico y que establece una frecuencia de operación ( $F_{OUT}$ ), el algoritmo de control PID configurado para:

- reducir la frecuencia de operación del variador de frecuencia cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) es inferior a la tensión de consigna establecida ( $V_{SP}$ ), indicado en columna 2-3;
- aumentar la frecuencia de operación ( $F_{OUT}$ ) del variador de frecuencia cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) es superior a la tensión de consigna establecida ( $V_{SP}$ ), indicado en columna 2;
- establecer un primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ) que es superior a una tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia ( $V_{DCmin}$ ), indicado en páginas 102 y 104;
- cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) desciende por debajo del primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ), modificar los parámetros del controlador PID y establecer una frecuencia de referencia para el variador de frecuencia (página 104) inferior a la frecuencia de operación ( $F_{OUT}$ ), y establecer una pendiente mínima de deceleración abrupta para hacer entrar al variador de frecuencia en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia.

La diferencia entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basa en desactivar el algoritmo de control PID en vez de alterar los parámetros PID ( $K_P$  y  $T_i$ ).

Se considera que dicha diferencia es una alternativa de diseño para llevar a cabo la bajada de la frecuencia de operación del variador de frecuencia que lleva al mismo resultado que es subir la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia por encima de la tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia ( $V_{DCmin}$ ) y por encima del primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ).

No se considera que dicha diferencia implique una actividad inventiva a la vista de D01.

El documento del mismo campo técnico D02 presenta (resumen; figuras; columna 2, líneas 14-27; columna 3, líneas 1-11 y columna 4, líneas 2-57) un dispositivo y procedimiento de control para un sistema de bombeo fotovoltaico, con una unidad de bombeo (8, 13), un variador de frecuencia (2, 3, 4) y un generador fotovoltaico (1). Además hace uso de un controlador lógico programable, PLC (18) y el variador de frecuencia dispone de un controlador PID (columna 4, línea 3). Se indica que el dispositivo de control PLC puede encender o apagar los variadores de frecuencia, y por lo tanto se contempla que se desactive el algoritmo de control PID. También se indica que el control PID es el encargado de regular la frecuencia del variador de la bomba de extracción; por lo tanto se puede observar que como se ha indicado, desactivar el algoritmo de control PID es una alternativa de diseño.

También el documento del mismo campo técnico D03 presenta (resumen EPODOC; resumen WPI; figuras) un dispositivo y procedimiento de control para un sistema de bombeo fotovoltaico, con una unidad de bombeo (4), un variador de frecuencia (3) y un generador fotovoltaico (6). Además hace uso de un controlador lógico programable, PLC (7) y un controlador PID.

Se considera también relevante el documento D04 (todo el documento) donde se indica el uso de PLCs para regular los algoritmos de control PI.

El documento D05 (todo el documento) hace a su vez un repaso a todos los procedimientos de bombeo de agua por medio de energías renovables; en especial habla del uso de energías fotovoltaicas (SPWPSs) y se observa que es conocido el uso de PLCs (página 359) y algoritmos de control PID.

También el documento D06 (resumen EPODOC; resumen WPI; figuras) presenta estos elementos. Sistema de bombeo fotovoltaico, con una unidad de bombeo (5), un variador de frecuencia (14, 15) y un generador fotovoltaico (1) y controlador de la unidad de bombeo (16).

Por lo mencionado, la reivindicación 1 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicación 2

En D01 (página 104, paso 4) se observa que cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) asciende por encima del primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ), los parámetros del controlador PID vuelven a restablecerse a los valores originales.

No se establece un segundo valor de tensión umbral superior al primer valor de tensión umbral; sin embargo, se considera que el efecto es el mismo, ya que en la reivindicación 2 se indica que al subir por encima de este valor se vuelve a activar el algoritmo de control PID. Por lo tanto este paso no tiene efecto técnico adicional y no implica una actividad inventiva.

Por lo mencionado, la reivindicación 2 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicación 3

Como se ha indicado, D01 es el documento más cercano, dicho documento presenta (todo el documento) un dispositivo de control para sistemas de bombeo fotovoltaico con una unidad de bombeo (water pump) conectada a la salida de al menos un variador de frecuencia (frequency converter) que, a su vez, está conectado a la salida de al menos un generador fotovoltaico (PV array, photovoltaic system), el dispositivo de control con un controlador proporcional integral-derivativo, PID, configurado para:

- reducir la frecuencia de operación ( $F_{OUT}$ ) del variador de frecuencia cuando en la salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) el controlador PID mide una tensión inferior a una tensión de consigna correspondiente a un punto de máxima potencia del generador fotovoltaico ( $V_{SP}$  que es igual a  $V_{MPP}$ ) para sistemas de bombeo a presión y caudal variables y correspondiente a un punto de potencia demandada al generador fotovoltaico por la unidad de bombeo para sistemas de bombeo a presión y caudal constantes (página 101-102),

- aumentar la frecuencia de operación del variador de frecuencia (página 101) cuando en la salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) el controlador PID mide una tensión superior a la tensión de consigna ( $V_{SP}$ );

el dispositivo de control con medios de procesamiento configurados para modificar los parámetros del controlador PID cuando en la salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) el controlador PID mide una tensión por debajo de un primer valor de tensión umbral ( $V_{DCmin}$ ), el primer valor siendo superior a una tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia ( $V_{CR}$ ); y, hecho esto, establecer una frecuencia de referencia para el variador de frecuencia inferior a su frecuencia de operación (se indica que se reduce  $F_{OUT}$ ), y hacer entrar al variador de frecuencia en un modo de frenado regenerativo que produce una subida de la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia (pasos 2 y 3 página 104).

La diferencia entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basa en que en la reivindicación 1, hay medios de procesamiento configurados para desactivar el controlador PID cuando en la salida del generador fotovoltaico el controlador PID mide una tensión por debajo de un primer valor de tensión umbral y en D01, cuando esto sucede, los medios de procesamiento se encargan de alterar los parámetros PID ( $K_P$  y  $T_i$ ) en vez de desactivarlo.

Como se ha indicado para la reivindicación 1, se considera que dicha diferencia es una alternativa de diseño para llevar a cabo la bajada de la frecuencia de operación del variador de frecuencia que lleva al mismo resultado que es subir la tensión de funcionamiento del variador de frecuencia por encima de la tensión mínima de funcionamiento del variador de frecuencia ( $V_{DCmin}$ ) y por encima del primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ).

No se considera que dicha diferencia implique una actividad inventiva a la vista de D01.

Se considera de aplicación a esta reivindicación lo indicado para la reivindicación 1 respecto a los documentos D02-D05.

Por lo mencionado, la reivindicación 3 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 4-7

Como se ha indicado para la reivindicación 2, en D01 (página 104, paso 4) se observa que cuando la tensión medida de salida del generador fotovoltaico ( $V_{DC}$ ) asciende por encima del primer valor de tensión umbral ( $V_{CR}$ ), los parámetros del controlador PID vuelven a restablecerse a los valores originales.

No se establece un segundo valor de tensión umbral superior al primer valor de tensión umbral; sin embargo, se considera que el efecto es el mismo, ya que en la reivindicación 4 se indica que al subir por encima de este valor se vuelve a activar el algoritmo de control PID. Por lo tanto este paso no tiene efecto técnico adicional y no implica una actividad inventiva.

En D01, el dispositivo de control es un controlador lógico programable, PLC (resumen).

Se consideran alternativas de diseño que no implican actividad inventiva que el dispositivo de control esté o bien conectado al control del variador de frecuencia o bien esté integrado en el variador de frecuencia.

Por lo mencionado, las reivindicaciones 4-7 presentan novedad (Artículo 6 LP) pero carecen de actividad inventiva (Artículo 8 LP).