

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad  
Intelectual  
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional  
**WO 2010/097482 A1**

(43) Fecha de publicación internacional  
2 de septiembre de 2010 (02.09.2010)

PCT

(51) Clasificación Internacional de Patentes:  
F03D 1/00 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:  
PCT/ES2009/000103

(22) Fecha de presentación internacional:  
27 de febrero de 2009 (27.02.2009)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): EOLINCYL, S.L. [ES/ES]; C/ Santiago, 15, 4º dcha., E-47001 VALLADOLID (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): NISTAL RUIZ, Santiago [ES/ES]; C/ Santiago, 15, 4º dcha., E-47001 VALLADOLID (ES). RUIZ ORCAJO, Jorge Teodoro [ES/ES]; C/ Santiago, 15, 4º dcha., E-47001 VALLADOLID (ES).

(74) Mandatario: GÓMEZ-ACEBO, Ignacio; PROPI, S.L., C/ Jorge Juan, 19, E-28001 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))

(54) Title: THREE-BLADED WIND TURBINE DEVICE FOR SMALL SPACES

(54) Título : DISPOSITIVO AEROGENERADOR TRIPALA PARA ESPACIOS REDUCIDOS

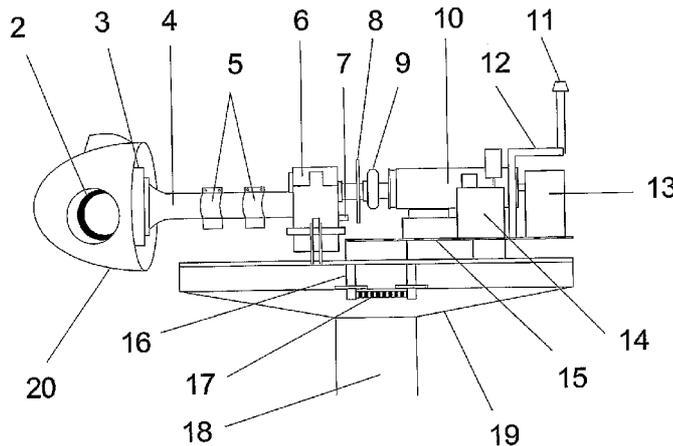


FIG. 2

(57) Abstract: The invention relates to a three-bladed wind turbine device consisting of: a synchronous generator (10) with multipole permanent magnets, which allows a two-stage multiplier (6) to be connected to an output shaft (4) disposed on two bearings and this in turn connected to a hub (3); a hydraulic brake (8); a hydraulic unit (14) which controls the variable-pitch blade system (7) and the system for orientating the nacelle (16), which nacelle includes a ring gear (17) that joins the nacelle to the tower (18); and a control system with software disposed inside a control box (13) so that in order for the variable frequency power transmitted by the generator (10) to be transformed it first passes through a power converter and is transformed in order to be loaded to the grid. According to the invention, the generator can be positioned close to points of consumption, industrial estates, etc. owing to the small size thereof.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2010/097482 A1

---

Dispositivo aerogenerador tripala que comprende un generador (10) síncrono de imanes permanentes multipolar, que permite una conexión al eje de transmisión (4) asentado sobre dos rodamientos, y al buje (3), a partir de una multiplicadora (6) de engranajes de dos etapas, con un freno hidráulico (8), donde una unidad hidráulica (14) controla el sistema de palas de paso variable (7) y el sistema de orientación de la góndola (16), que posee una corona dentada (17) que une la góndola con la torre (18), y donde en el interior de un armario de control (13) se dispone el sistema de control con software, de manera que para transformar la energía de frecuencia variable transmitida por el generador (10) pasa a través de un convertidor de potencia y se transforma para volcarse en la red, donde dicho generador por su reducido espacio puede ser colocado cerca de puntos de consumo, polígonos, etc.

**DISPOSITIVO AEROGENERADOR TRIPALA PARA ESPACIOS**  
**REDUCIDOS**

5 **DESCRIPCIÓN**

Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos

**Objeto de la invención**

10

La presente invención trata de un dispositivo aerogenerador tripala donde la disposición interna de sus partes y el novedoso diseño de sus palas son tal que hacen que el sistema ahorre gran cantidad de espacio en comparación con los aerogeneradores actualmente existentes, logrando

15 aumentar la capacidad de cualquier parque eólico y permitiendo ser utilizado cerca de los puntos de consumo.

**Antecedentes de la invención**

20

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina eólica accionada por el viento. La energía eólica es en realidad energía cinética del aire en movimiento que proporciona energía mecánica a una hélice que a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un

25 generador que convirtiendo energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

30

Existen diferentes tipos de aerogeneradores, dependiendo de su potencia, la disposición de su eje de rotación, el tipo de generador, etc. Los más comunes son los de eje de rotación paralelo al piso, pues son los más eficientes y capaces de adaptarse a diferentes potencias. Sus principales componentes son el rotor (palas, de gran rigidez), caja de engranajes o multiplicadora (que pueden llevarla o no), generador, la torre y el sistema de

control responsable del correcto funcionamiento. Todos los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre. En general, la hélice es emplazada de tal manera que el viento la encuentre antes que la torre, de manera que disminuye las cargas adicionales que genera la turbulencia de la torre en el caso en que el rotor se ubique detrás de la torre.

### Descripción de la invención

El aerogenerador de la presente invención consta de una estructura tal que permite generar energía muy cerca de los puntos de consumo, ya que su distribución interna permite en un espacio reducido captar la energía del viento con un rotor tripala y ser procesada para extraer la máxima energía disponible, esto es: la disposición de los elementos dentro de su estructura interna y la combinación con el diseño del rotor tripala permite un conjunto compacto el cual puede ser colocado cerca de puntos de consumo, polígonos industriales, redes de distribución, etc., causando un reducido impacto ambiental, Por otro lado permite suministrar energía en lugares alejados de la red de transporte eléctrica pudiendo combinarse con otros sistemas de energía renovable, además puede funcionar con vientos moderados

El aerogenerador de la presente invención comprende una turbina eólica de pequeña potencia, con tecnología de última generación, reuniendo todas las ventajas de los últimos avances tecnológicos de la energía eólica.

Se trata de un dispositivo aerogenerador tripala de orientación a barlovento y velocidad variable, basado en un generador (10) síncrono de imanes permanentes multipolar que permite una conexión del rotor (20) aerodinámico a partir de una multiplicadora (6) de engranajes muy simple de dos etapas. Posee un sistema de orientación (16) de la góndola (19) y un

sistema de palas de paso variable (7) controlado por medio de actuadores hidráulicos.

Está basado en una arquitectura robusta de PLC industrial de última generación equipado con los sistemas de comunicación adecuados para permitir una monitorización remota de la máquina. La energía generada, en frecuencia variable, es completamente acondicionada a través de un convertidor para ser inyectada en la red en función de los requisitos necesarios por la red de generación de potencia reactiva y está preparada para soportar micro cortes y caídas de red.

La estructura de la góndola (19) es soportada por una torre (18) tubular de acero en su mayoría de sección recta y espesor variable tratada superficialmente para evitar la corrosión.

Las palas (1) son el elemento fundamental del rotor (20) aerodinámico y del aerogenerador en sí, teniendo una incidencia directa sobre el rendimiento de éste. Cada pala (1) está compuesta por dos conchas solapadas de fibra de vidrio reforzadas en su interior por diferentes materiales estructurales de baja densidad. El perfil aerodinámico, definido específicamente para su ensamblaje con la torre (18) ha sido diseñado para captar la máxima energía del viento generando niveles de ruido mínimos. En la base de la pala (1) está situada una brida de acero donde se sitúan los tornillos de T para fijarlas al buje (3). Por el interior de cada pala (1) hay un conductor de aluminio con el objetivo de conducir toda la energía a tierra a través de la estructura de la torre (18), en el caso del impacto directo de un rayo.

El rotor (20) aerodinámico es el encargado de captar la máxima energía del viento y transmitirla a través del eje (4) al generador (10) pasando por la etapa de multiplicación. Comprende tres palas (1) dispuestas a 120°. Las palas (1) están unidas al buje (3) a través de rodamientos de bola auto lubricados,

que permiten el giro de las palas (1) para un control de paso variable. El buje (3) es una estructura mecano-soldada de acero aleado con forma de hexágono irregular de lados iguales dos a dos y un orificio en la parte exterior a la góndola (19) que permite el acceso a los mecanismos de biela del sistema de control. La parte exterior a la góndola (19) se encuentra protegida por una carcasa de fibra, protegida con pinturas resistentes a los rayos UV. Unido al buje (3), por medio de tornillos de alta resistencia se encuentra el eje (4) de transmisión.

El eje (4) es una pieza de acero aleado forjada, mecanizada y tratada superficialmente, asentada sobre dos rodamientos (5). En su extremo más robusto está unido al buje (3), y en el de diámetro menor, por medio de un acoplamiento elástico, a la multiplicadora (6).

El conjunto del rotor (20), unido a la multiplicadora (6) y el generador (10), está apoyado en una bancada (15) cuyo plano forma un ángulo de 4° con el plano de la base de la torre (18).

El sistema de control del paso de pala (7) permite modificar el ángulo de ataque de las palas (1), aumentando el rango de velocidades de viento en las que el aerogenerador es capaz de generar la máxima potencia.

Cada una de las palas (1) está anclada a una corona (2) unida al buje (3), que permite el giro de éstas sin efectos de rozamiento. A su vez, las tres palas (1) están unidas por un sistema de bielas que asegura su movimiento sincronizado en función de la posición de un único servocilindro hidráulico. La transmisión de movimiento del vástago del cilindro al sistema de bielas, se realiza por medio de un vástago ubicado en el interior de la góndola (19). El sistema incorpora un conjunto de válvulas inteligentes y sensores de precisión que permiten al PLC controlar tanto la posición como la velocidad de movimiento del conjunto asegurando una respuesta dinámica lo

suficientemente rápida como para responder al complejo algoritmo de control que determina la posición de las palas (1) en cada instante. En caso de existir algún defecto imprevisto el sistema hidráulico cuenta con un acumulador, dimensionado adecuadamente para permitir el retorno de las palas (1) a su posición de bandera, permitiendo el paso del viento a través de éstas y realizando un efecto de frenado en el rotor (20) de la máquina. El algoritmo es generado a partir del controlador principal en base a las variaciones en la velocidad de giro del eje (4) aerodinámico tomando como estrategia de control principal un sistema PID de ganancia variable.

El sistema de freno del tren aerodinámico, se basa en la modificación del paso de las palas (1). Situando éstas con una orientación adecuada la incidencia del viento sobre ellas no sólo deja de generar un par rotativo al eje (4), sino que se opone a él. Aunque éste es el modo habitual de frenar el aerogenerador en condiciones de funcionamiento habitual, existe un segundo freno de seguridad que asegura el anclaje del eje (4) para las funciones de mantenimiento y actúa como freno de seguridad en el caso de que se produzca alguna anomalía severa en el equipo.

El freno hidráulico (8) se compone de un disco situado en el lado de alta de la multiplicadora (6) y está compuesto por una pinza de freno y un disco. Viene equipado con un sensor que nos informa del estado de bloqueo del mismo para evitar un arranque de la máquina con el freno activado.

Para poder realizar la generación de energía a mayor velocidad de giro, es necesario acoplar una multiplicadora (6) entre el generador (10) y el eje (4). La multiplicadora (6) es sencilla en cuanto a engranajes, con dos etapas en paralelo. El conjunto está encajado en una carcasa de acero con dos orejetas laterales por las que se realiza la sujeción a la bancada (15) a través de amortiguadores adecuados a las vibraciones características de la máquina. Los engranajes están lubricados con aceite, almacenado en un depósito equipado

con detectores de temperatura y nivel. Debido al generador (10) síncrono multipolar, la velocidad de sincronismo es de 350 rpm frente a las 1500 o 3000 rpm de los generadores asíncronos, lo que reduce notablemente el desgaste de la multiplicadora (6). La simplicidad del conjunto mecánico unido a la  
5 reducida velocidad de giro en el rango global, hace innecesaria la existencia de un circuito de refrigeración simplificándose enormemente el mantenimiento del equipo.

Los acoplamientos elásticos (9) absorben todos los esfuerzos  
10 producidos por los desvíos temporales en la alineación de los ejes debidos a las vibraciones o esfuerzos transmitidos por las palas (1) a los ejes del rotor (20) aerodinámico.

La unidad hidráulica (14) genera presión suficiente para alimentar todos  
15 los actuadores hidráulicos del sistema que son principalmente el freno de alta, el freno de yaw y el actuador del sistema de control. El grupo hidráulico (14), está equipado con dos depósitos acumuladores de 20 litros y 1 litro que aseguran la actuación de los elementos críticos en el caso de que exista un fallo en el sistema. La presión media del circuito es de 200 bar y se genera a  
20 partir de una bomba de aceite accionada por un motor de 4kw. El sistema está monitorizado por un sensor de presión general, una sonda de temperatura y un detector de nivel en el depósito principal.

El sistema de orientación (16) o sistema de yaw, permite al generador  
25 (10) posicionarse en la dirección predominante del viento para captar en cada momento la máxima energía disponible del viento. Está compuesto por una corona dentada (17) externamente sobre la que actúan de forma sincronizada cuatro moto-reductores eléctricos de 0,37 kw. Los motores de velocidad fija están controlados por el controlador en función de las medidas de viento  
30 recogidas por la estación meteorológica (11) del aerogenerador. La corona dentada (17) es del mismo diámetro que la torre (18) y está anclada a ella por

medio de tornillos de alta resistencia. Los moto-reductores están anclados a un tramo tubular de la bancada (15) por medio de una estructura anular soldada a ella.

5           La góndola (19) está situada en la parte superior de la torre (18) conectada directamente con el rotor (20) aerodinámico. Su función es la de soportar y proteger todos los elementos situados en la parte superior del aerogenerador como el rotor (20), la multiplicadora (6), los acoplamientos, el generador (10) o el armario de control (13). En esencia está formada por una  
10           bancada (15) de funciones estructurales y una carcasa exterior de protección.

          La bancada (15) es una estructura mecano-soldada realizada a partir de elementos estructurales estandarizados capaz de soportar todas las solicitaciones mecánicas de los elementos del sistema, en especial, las  
15           generadas por el par de giro del rotor (20) y los esfuerzos del viento. Está unida a la torre (18) por medio de una corona dentada (17) que permite el movimiento giratorio respecto a ésta en base a los cuatro moto-reductores que componen el sistema de orientación (16). En el centro de la bancada (15) se encuentra la  
20           trampilla de acceso para las operaciones de mantenimiento de los elementos ubicados en el interior de la góndola (19).

          En la parte trasera está soldado un polipasto (12) o grúa auxiliar para elevar desde el suelo cargas ligeras como cajas de herramientas o piezas de repuesto con el fin de evitar que el acceso a los operarios desde la escalera les  
25           obligue a cargar con el peso.

          La góndola (19) está cubierta por una estructura de fibra de vidrio, protegido por pinturas especiales resistente a los rayos solares. Dicha estructura se compone de una base principal que cubre la parte inferior de la  
30           bancada (15) y dos compuertas superiores que cubren el resto. Las compuertas pivotan en sus laterales, permitiendo abrir la góndola (19) en su

parte superior con el doble fin de facilitar la movilidad de los operarios y el acceso de cargas pesadas transportadas por una grúa desde la parte superior de la góndola (19) a la bancada (15).

5 El interior dispone de un sistema de iluminación auxiliar para permitir una operación de mantenimiento en condiciones de baja luminosidad.

10 El conjunto del aerogenerador está soportado por una torre (18) tubular de acero capaz de absorber los esfuerzos transmitidos por el efecto del viento al rotor (20) aerodinámico.

15 La torre (18) está compuesta por tres tramos embriados externamente entre sí por tornillos de alta resistencia. Aunque la sección es cilíndrica en su mayoría, en el último tramo presenta una pequeña conicidad que permite un mejor acople con el sistema de orientación (16). Las bridas están soldadas en ambos extremos de cada tramo.

20 Cada tramo de la torre (18) está tratado superficialmente para resistir ataques de corrosión. Los tramos está compuestos de paños curvados unidos por soldadura en arco sumergido y su altura es inferior a la de los transportes estándares del mercado facilitando enormemente las gestiones logísticas del aerogenerador.

25 Unida a la torre (18) se encuentra la escalera de acceso a la góndola (19). Sobre la escalera existe un raíl de seguridad que permite el acceso a la torre (18) de forma segura y fiable conforme a la normativa en vigor. Al final de la escalera, una pequeña plataforma permite al operario desplazarse hasta la ubicación de la trampilla situada en la góndola (19).

30 La torre (18) está soportada por un tramo de cimentación de hormigón armado capaz de soportar esfuerzos transmitidos por la torre (18) y evitar el

vuelco de ésta. La cimentación es una zapata cuadrangular con una zona cilíndrica elevada en el centro del cuadrado también denominada pedestal. La profundidad y dimensión de la zapata dependen de las propiedades físicas del terreno donde se implante el aerogenerador.

5

El encofrado de la zapata puede realizarse mediante elementos metálicos "Peris". En primer lugar, se vierte una capa de hormigón de limpieza. Después, sobre la capa de hormigón de limpieza y previo al hormigonado del conjunto, se sitúa la virola sobre la que se atornilla la estructura de la torre (18) del aerogenerador. Esta pieza está prevista para permitir el apoyo de la unidad de control del aerogenerador y para que los cables puedan salir del interior de la torre (18). Por último, se coloca el armado de la zapata y se procede al hormigonado, dejando pasatubos que permitan el paso de cables procedentes del interior de la torre (18) una vez haya endurecido el conjunto. Se debe prestar la mayor atención posible al proceso de vibrado durante la operación de vertido de hormigón, ya que de ello dependerá la homogeneidad de la zapata y coincidirá su resistencia final. Una vez curado el hormigón se procede al desencofrado de la zapata y al relleno con material adecuado procedente de la excavación hasta la cota definitiva del suelo y la formación de la plataforma de montaje del aerogenerador.

10

15

20

El generador (10) se encarga de transformar la energía cinética del rotor (20) en energía eléctrica. Se trata de un generador (10) síncrono de imanes permanentes, por lo que no requiere excitación del rotor (20) y la tensión producida se genera con frecuencia variable, lo cual implica que el generador (10) es capaz de producir a velocidades de viento muy bajas sin la necesidad de arrancar el equipo como motor para llegar para llegar a una velocidad de sincronismo, ya que su curva de generación parte de las 0 rpm. Por otro lado, es necesario convertir toda la energía para adaptarla a frecuencia de red por medio de una electrónica de potencia compleja. Aunque en el pasado esto podía suponer un problema, hoy en día la tecnología ha evolucionado lo

25

30

suficiente como para cambiar la situación, dotando a la máquina de otra serie de ventajas añadidas como es la regulación de potencia reactiva, la resistencia a huecos de tensión, etc.

5 El generador (10), de concepto multipolar de polos salientes, genera a una velocidad nominal tal que permite el uso de una etapa de multiplicación muy sencilla. El conjunto del rotor (20) y estator está protegido por una carcasa metálica con estructura de patas para su fijación a la bancada (15). Está refrigerado por ventilación forzada e incorpora sensores de temperatura en  
10 devanados y cojinetes para monitorizar el calentamiento del equipo. Un encoder incremental, trabajando como tacómetro, monitoriza la velocidad de giro del eje (4) para realimentar el lazo de control que genera el par resistivo del rotor (20). La unión del generador (10) con la multiplicadora (6) se realiza a partir de un acoplamiento elástico (9) específico.

15 La energía transmitida por el generador (10), debido a su topología, es de frecuencia variable y por tanto, no permite su aprovechamiento en una red de consumo habitual. Para poder volcar toda la energía a red, es necesario convertirla a unos valores de frecuencia y tensión compatibles con el punto de  
20 conexión del transformador. El convertidor de potencia, no sólo es capaz de adaptar esta energía a un formato compatible, sino que además puede adaptarse a las necesidades de la red para compensar ciertos desequilibrios producidos por el consumo.

25 La transformación de potencia se realiza básicamente en cuatro etapas. Las tres primeras son realizadas por el convertidor de potencia. En primer lugar, se rectifica la onda de energía de frecuencia variable, convirtiendo la señal senoidal en corriente continua. Una vez rectificada se invierte para crear una señal de frecuencia constante similar a la requerida por la red y por último  
30 se filtra para eliminar posibles armónicos producidos en el proceso de conversión. Ésta onda, que podría ser aprovechada como un punto de

consumo habitual de una red industrial, es transformada en valores de media tensión por medio de un transformador de alta para su volcado en la red de distribución o transporte.

5 El convertidor está conectado al PLC a través de un bus de comunicaciones de campo que permite una actuación sincronizada y un acceso total para diagnóstico desde el controlador principal. Adicionalmente está conectado a la cadena de seguridad para asegurar el detenimiento de la maquina en caso de una anomalía en la conexión de red. Con opción a la  
10 monitorización remota, el convertidor está equipado con un módulo de comunicación de Ethernet.

El transformador depende básicamente del punto de conexión a red ya que, debido a la baja potencia del equipo, podemos volcar energía en redes de  
15 alta, media o incluso baja tensión. A diferencia de la mayoría de los aerogeneradores convencionales, el transformador está ubicado en el centro de transformación y no en el interior de la góndola (19) lo que facilita tremendamente su mantenimiento y accesibilidad.

20 El transformador es de baño de aceite de silicona y está ubicado en una caseta prefabricada acondicionada especialmente para la instalación de éste tipo de transformadores respetando las medidas adecuadas para una correcta ventilación e incluyendo cubetas de recogida de aceites conforme a las recomendaciones UNESA 1303A.

25 El sistema de control de la máquina es un elemento fundamental en el funcionamiento del equipo ya que gestiona todas las señales provenientes de los diferentes subsistemas actuando en consecuencia con cada uno de ellos. Los objetivos del controlador principal son:

30

- Suavizar las actuaciones mecánicas para atenuar al máximo las cargas mecánicas sobre los elementos estructurales.
- Asegurar la robustez y fiabilidad del sistema ante cualquier condición climática.
- 5 - Captar y tratar las señales externas e internas para una mayor optimización del rendimiento de la máquina.
- Controlar los actuadores en función de las señales externas para optimizar la captación de energía proveniente del viento.
- Adaptar la energía generada a las necesidades solicitadas por la red eléctrica modificando parámetros como el factor potencia.
- 10 - Actuar sobre los sistemas eléctricos para soportar los fenómenos característicos de la red eléctrica como los huecos de tensión, armónicos, etc.
- Supervisar, diagnosticar y actuar ante cualquier posible avería del sistema.
- 15

El sistema de control se compone principalmente de tres componentes. El controlador principal, basado en una arquitectura API (Autónoma Programable Industrial) o PLC, está situado en la base del aerogenerador. En él se encuentra la memoria principal de programa donde reside la rutina de control principal, encargada de coordinar todos los elementos del aerogenerador y las rutinas de regulación específicas como el sistema de control o el yaw. A través de una comunicación en bus de campo, el controlador principal se comunica con un dispositivo de E/S descentralizadas ubicado en la góndola (19) donde se centralizan todas las señales provenientes de los sensores y se distribuyen las órdenes a los diferentes actuadores de la góndola (19).

- 20
- 25

El convertidor de potencia, equipado con un control independiente, se comunica con el PCL a través de un bus y en función de las órdenes recibidas por él, gestiona la conversión de energía proveniente del generador (10) para

- 30

adaptarla a la red principal. Por otro lado, el convertidor envía todas las mediciones tomadas de la red al PLC, y en caso de existir alguna anomalía puede actuar enviando un mensaje de error al controlador o directamente sobre la cadena de seguridad.

5

Los sensores de vibración, incorporan un software básico de mantenimiento predictivo, capaz de informar los desequilibrios producidos por desgastes en diferentes puntos de la máquina.

10

Las características del controlador son las siguientes:

- Sistema abierto y parametrizable en función de los requisitos de cada emplazamiento.
- Sistema de monitorización sencillo de forma local y/o remota.
- No requiere la existencia de un PC de control externo para su correcto funcionamiento.
- La electrónica de potencia del sistema de conversión está respaldada por fabricantes de primera línea con varios años de experiencia en el sector de la eólica y la conversión de potencia.

15

20 En la parte superior de la góndola (19), existe una estación de medidas meteorológicas (11) compuesta por un par anemométrico y una veleta redundantes que nos informan de la velocidad y dirección predominante del viento así como un higrómetro que nos da lecturas de temperatura y humedad.

25

El conjunto está instalado sobre un soporte metálico plano a unos 500 mm del techo de la góndola (19). Cada sensor está rodeado de un arco de metal de aproximadamente 20 mm de radio con la misión de captar los rayos cercanos y evitar un impacto directo sobre los sensores. Tanto anemómetro como veleta, están provistos de unas resistencias de caldeo que previenen la formación de hielo en los elementos rodantes la cual podría impedir el

30

movimiento libre de los sensores y por tanto su fiabilidad en la medida. La medida de ambos sensores es contrastada en tiempo real por las lecturas proporcionadas por un sensor ultrasónico. En la base del soporte se encuentra el higrómetro. Debido a la influencia de la incidencia directa del sol en las  
5 medidas de humedad y temperatura se encuentra protegido por un conjunto de platos resistentes a los rayos UV. En la parte superior central del soporte, se encuentra una baliza de señalización aérea.

Las señales provenientes de la estación, son conectadas al armario E/S  
10 descentralizadas y enviadas al PLC por el bus de comunicaciones para que éste las analice y pueda enviar órdenes a los actuadores en función de las lecturas.

En cuanto a sistemas de seguridad, el aerogenerador contempla tres  
15 posibilidades de parada. La parada controlada en funcionamiento normal se produce cuando las condiciones climáticas no son adecuadas para el funcionamiento del aerogenerador, como por ejemplo la ausencia de viento. El aerogenerador se detiene de forma controlada y espera a que las condiciones sean adecuadas para entrar en funcionamiento. La parada se realiza por el  
20 cambio de las palas (1) a su posición de bandera.

La parada controlada acelerada se produce ante la detección de una anomalía ligera que pueda poner el equipo en peligro (exceso de temperatura en algún equipo, falta de presión, exceso de velocidad en el rotor (20),  
25 anomalía en la red eléctrica). Una vez recuperados los parámetros de funcionamiento correctos, el aerogenerador se pondrá en marcha de forma automática. La parada se realiza por el cambio de las palas (1) a su posición de bandera de una forma acelerada.

30 En la parada de emergencia el aerogenerador está provisto de un sistema de seguridad de actuación independiente al controlador que asegura

su parada en caso de emergencia. No obstante, el controlador sí puede abrir la cadena de seguridad y detener el aerogenerador de forma intempestiva ante una anomalía severa. Esta parada se realiza por el cambio de las palas (1) a su posición de bandera de una forma muy acelerada, la actuación del freno motor y transcurrido un tiempo determinado, por la actuación del freno hidráulico (8) del tren aerodinámico.

La cadena de seguridad está compuesta por dos módulos de seguridad normalizados existiendo una cadena de seguridad duplicada conforme a una parada de emergencia en categoría III.

Los parámetros supervisados por el PLC que pueden activar alguno de los modos de parada anteriores son principalmente:

- Estado del PLC
- Estado del Convertidor de Potencia
- Estado de la red eléctrica
- Protecciones eléctricas en
  - o Los armarios de control
  - o El convertidor
  - o El transformador de Alta
  - o El generador
- Límites de velocidad de giro del rotor
- Límites de posición del Yaw
- Límites de vibración en la góndola
- Estado el sistema hidráulico
- Estado de los frenos mecánicos
- Setas de parada de emergencia

En cuanto al funcionamiento del aerogenerador, sus principales estados son los siguientes:

5 - Estado inicial o de parada. El generador (10) se encuentra completamente detenido y aislado de la red. Las palas (1) se encuentran en posición de bandera para evitar que el viento pueda mover el rotor (20). Todos los motores están inactivos, no hay tensión sobre los elementos de maniobra y la cadena de seguridad permanece abierta. Este es el estado típico en el que se encuentra el generador (10) tras una operación de mantenimiento o en su puesta en marcha pro primera vez.

10 - Estado de transición. Antes de entrar en funcionamiento normal, deben seguirse unos protocolos de chequeo y una apertura de protecciones, como las siguientes:

15       Teste inicial. El aerogenerador realiza una comprobación de todos los sistemas para asegurar su correcto funcionamiento.

      Conexión a red. El aerogenerador se conecta a la red eléctrica de evacuación, para permitir el volcado de la energía que genere o alimentar sus sistemas a través de un transformador auxiliar.

20       Apertura de frenos. Se desbloquean todos los sistemas mecánicos de retención del aerogenerador para permitir el movimiento de las palas (1), el rotor (20) y la orientación de la máquina.

25 - Estado de espera. El aerogenerador, permanece activo con las palas (1) en posición de bandera. En función de las medidas de la estación meteorológica (11), la góndola (19) comienza a orientarse para buscar la dirección predominante del viento pero las palas (1) no comienzan a variar su posición hasta que se registren velocidades de viento superiores a los 2 m/s. Permanece activo el sistema de orientación (16) pero no el del paso de la pala (7).

- Estado de producción. En el momento en que se registren vientos superiores a los 2 m/s, el aerogenerador comienza a modificar la posición de las palas (1) y debido a la incidencia del viento, el rotor (20) empieza a girar. El generador (10), que no requiere excitación, comienza a producir energía de forma instantánea controlado por el convertidor de potencia. En este estado, permanecen activos el sistema de orientación (16) de la góndola (19) y de paso de pala (7) que permiten la optimización en la captación de energía.

El generador (10), puede necesitar detenerse debido a los motivos que van desde la propia ausencia de viento hasta averías, pasando por tormentas eléctricas, averías en la red de conexión o maniobras de mantenimiento. En función de la urgencia que provoca la orden de parada, el sistema actúa de tres formas diferentes:

Parada normal. La parada normal, se produce por motivos climatológicos o anomalías ligeras, normalmente transitorias, que pueden llevar al aerogenerador a un estado peligroso. Esta parada se produce con el aerogenerador completamente controlado, sin necesidad de actuación de los elementos de bloqueo mecánicos y manteniendo la conexión a red. Para detener el movimiento, las palas (1) pasan a posición de bandera dejando pasar el viento a través de ella y oponiéndose al movimiento del rotor (20). Esta forma de parada es lo que se denomina freno aerodinámico. El rearme de la parada es automático entrando el equipo en producción una vez se han alcanzado las condiciones óptimas de funcionamiento.

Parada acelerada. La parada acelerada se produce por una anomalía de carácter más agresivo que las anteriores o por la salida de rango de algunos parámetros de funcionamiento del aerogenerador. Este tipo de parada es similar a la anterior pero se ejecuta de forma acelerada imprimiendo mayor velocidad al movimiento de las palas (1) hacia su posición de bandera.

Tampoco requiere la actuación de los sistemas mecánicos ni la desconexión de la red y su rearme también es automático.

5 Parada de emergencia. Se produce tras la apertura de la cadena de seguridad por la actuación de los sensores de seguridad conectados a ella. Cuando se produce la apertura, la máquina se desconecta de la red eléctrica, se abren los circuitos eléctricos y los actuadores se quedan sin tensión, las palas (1) pasan a su posición de bandera a gran velocidad debido a la actuación de los acumuladores hidráulicos y los frenos mecánicos actúan  
10 frenando el rotor (20) por medio de una rampa de presión. Los eventos que permiten la apertura de ésta están relacionados con al seguridad de los operarios y la integridad física de la máquina. Cuando actúa la cadena de seguridad se considera que la avería ha sido lo suficientemente severa como para requerir una supervisión humana del sistema por lo que se requiere un  
15 rearme manual.

Dentro del programa del controlador, existen dos rutinas que se encargan de controlar y regular el comportamiento de los sistemas de optimización de la captación de energía de la máquina, el sistema de  
20 orientación (16) o sistema de Yaw, que orienta la posición de la góndola (19) para enfrentarla con la dirección predominante del viento con el objetivo de captar la máxima energía, supervisando la posibilidad de una rotura de cable por sobreesfuerzos de torsión; y el sistema de control de paso (7) de la pala (sistema de Pitch), que se encarga de modificar el ángulo de pala (1)  
25 disminuyendo la resistencia presentada por la máquina al viento y permitiendo por tanto, la captación de potencia en vientos de velocidades superiores a la nominal.

El dispositivo aerogenerador puede presentar intervalos de desconexión  
30 antes situaciones climáticas adversas como pueden ser vientos racheados superiores a los valores especificados para su funcionamiento, condiciones de

formación de viento abundante, altas temperaturas fuera de rango o condiciones de estabilidad de red fuera de rango. Además, está protegido frente a impactos de rayos según la normativa en vigor. Puede reducir su producción de potencia nominal para asegurar la integridad de algunos componentes asegurando su funcionamiento en rangos de temperatura permitidos en combinación con fuertes vientos, altas temperaturas, baja densidad o bajo voltaje.

El sistema de puesta a tierra del dispositivo aerogenerador es un anillo cuadrado exterior enterrado a profundidad adecuada. Éste anillo está conectado a otro interior circular integrado en la cimentación y electro-soldado a la armadura. Por último, sobre la cimentación se encuentra un anillo unido a los anteriores. En ambos lados de los anillos cuadrados están soldadas dos picas verticales.

15

### **Descripción de los dibujos**

Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de la realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

20

Figura 1- Es una vista externa lateral del aerogenerador

25

Figura 2- Es una vista de la disposición interna de los elementos que componen el dispositivo.

## REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos, siendo de  
5 aquellos de velocidad variable, con una torre (18) de sección cilíndrica en su  
mayoría, compuesta de tres tramos embriados externamente entre sí por  
tornillos de alta resistencia, donde en el último tramo presenta una pequeña  
conicidad que permite un mejor acople de la góndola (19), estando dicha torre  
(18) soportada por un tramo de cimentación de hormigón armado,  
10 encontrándose unida a la torre (18) una escalera de acceso a la góndola (19)  
con un raíl de seguridad, y donde la góndola (19) se sitúa en la parte superior  
de la torre (18) conectada directamente con el rotor (20) aerodinámico,  
soportando y protegiendo todos los elementos situados en la parte superior,  
formada por una bancada (15) estructural y una carcasa de protección de fibra  
15 de vidrio, de manera que una base principal cubre la parte inferior de la  
bancada (15) y dos compuertas superiores cubren el resto, y comprendiendo  
en la parte trasera un polipasto (12) o grúa auxiliar, y existiendo en la partes  
superior de la góndola (19) una estación de medidas meteorológicas (11), con  
un sistema de iluminación auxiliar interior, **caracterizado porque** su  
20 disposición comprende: un generador (10) síncrono de imanes permanentes  
multipolar, que permite una conexión al eje (4) de transmisión asentado sobre  
dos rodamientos (5), y éste a su vez al buje (3), a partir de una multiplicadora  
(6) de engranajes de dos etapas; un freno hidráulico (8) basado en la  
modificación del control del paso de las palas (1) situado en el lado de alta de  
25 la multiplicadora (6), con un sensor que informa del estado de bloqueo del  
mismo; un segundo freno de seguridad que asegura el anclaje del eje (4) para  
las funciones de mantenimiento y actúa como freno de seguridad en el caso de  
que se produzca alguna anomalía severa en el equipo; una unidad hidráulica  
(14) que controla por medio de actuadores hidráulicos el sistema de palas de  
30 paso variable (7) y el sistema de orientación (16) de la góndola (19), la cual  
posee una corona dentada (17) que une la góndola (19) con la torre (18); un

armario de control (13), en cuyo interior dispone del sistema de control con software capaz de gestionar todas las señales provenientes de los diferentes subsistemas, de manera que para transformar la energía de frecuencia variable transmitida por el generador (10) pasa a través de un convertidor de potencia y luego a un transformador donde la energía es transformada para ser volcada en la red de distribución o transporte.

2.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada pala (1) está compuesta por dos conchas solapadas de fibra de vidrio reforzadas en su interior por diferentes materiales estructurales de baja densidad.

3.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las palas (1) están unidas al buje (3) a través de rodamientos de bola auto lubricados, que permiten el giro de las palas (1) para un control de paso variable.

4.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la estructura de fibra de vidrio de la góndola (19), se encuentra protegida con pinturas resistentes a los rayos UV.

5.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el conjunto del rotor (20), unido a la multiplicadora (6) y el generador (10), está apoyado en una bancada (15) cuyo plano forma un ángulo de a lo mas 4° con el plano de la base de la torre (18).

6.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el control del paso de pala (7) permite modificar el ángulo de ataque de las palas (1), aumentando el rango de velocidades de viento en las cuales el aerogenerador es capaz de generar la máxima potencia.

7.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el generador (10) síncrono presenta una velocidad de sincronismo de al menos 350 rpm.

5

8.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el transformador está ubicado externo a la góndola (19) y en el centro de transformación de energía.

10

9.- Dispositivo aerogenerador tripala para espacios reducidos según la reivindicación 1, **caracterizado porque** acopla una multiplicadora (6) entre el generador (10) y el eje (4) con el fin de aumentar la velocidad de giro estando el conjunto inserto en una carcasa de acero con dos orejetas laterales por las que se realiza la sujeción a la bancada (15) a través de amortiguadores adecuados a las

15 vibraciones características de la máquina.

1 / 2

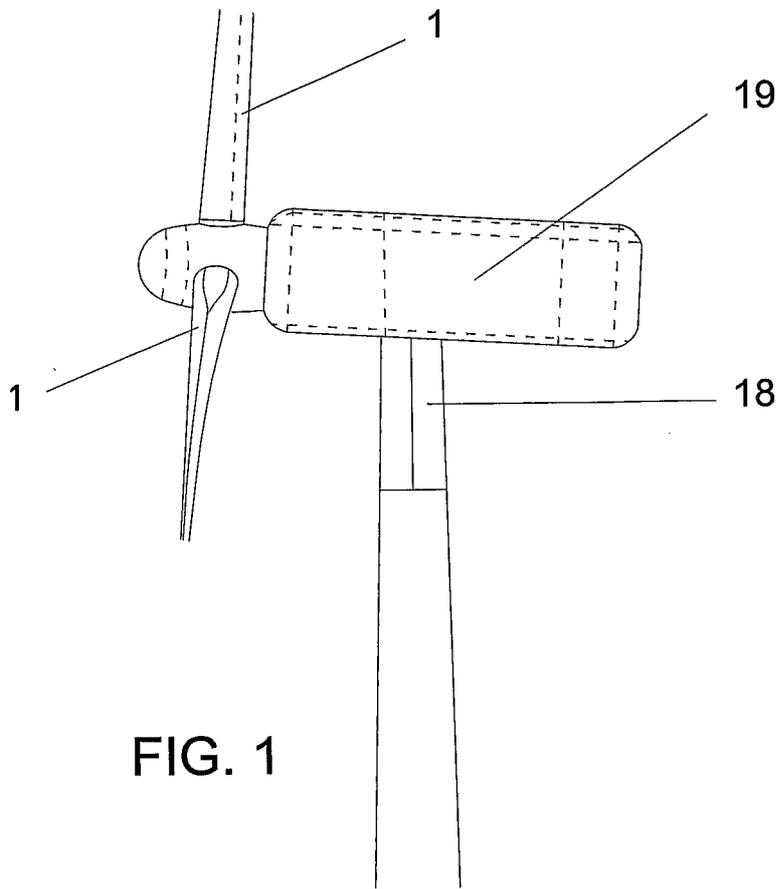


FIG. 1

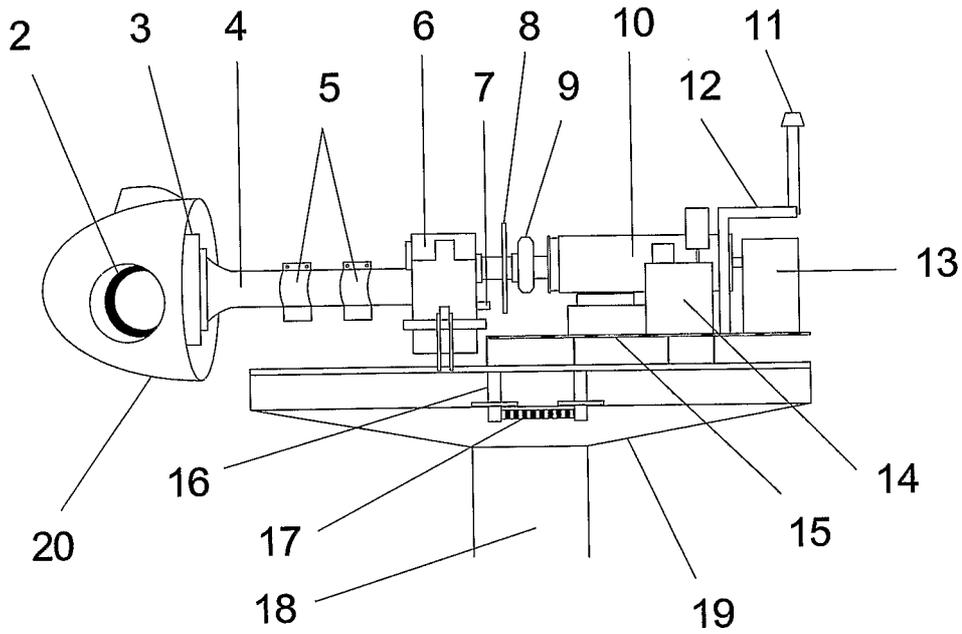


FIG. 2

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**F03D 1/00** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INVENES,EPODOC,WPI,PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2005103489 A2 (NORTHERN POWER SYSTEMS INC ; BYWATERS G ; DANFORTH W ;) 03.11.2005, the whole document.	1-9
X	US 2002047275 A1 (WOBBEN et al.) 25.04.2002, the whole document.	1-9
X	ES 2160499 A1 (FERNANDEZ GUAZA AUGUSTO) 01.11.2001, the whole document.	1-9
X	US 2007108776 A1 (SIEGFRIEDSEN et al.) 17.05.2007, the whole document.	1-9
X	US 4533297 A (BASSETT et al.) 06.08.1985, the whole document.	1-9

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T”	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.		
“E” earlier document but published on or after the international filing date		
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“X”	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“O” document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means	“Y”	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
	“&”	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29.June.2009 (29.06.2009)

Date of mailing of the international search report

(03/07/09)

Name and mailing address of the ISA/  
O.E.P.M.Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.  
Facsimile No. 34 91 3495304

Authorized officer

M<sup>a</sup> A. López Carretero

Telephone No. +34 91 349 84 30

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
ES 2160499 A B	01.11.2001	NONE	-----
US 2007108776 A	17.05.2007	WO 2006032236 A DE 102004046563 AB EP 20050797969 CN 1997825 A	30.03.2006 06.04.2006 06.09.2005 11.07.2007 11.07.2007
WO 2005103489 A	03.11.2005	----- US 2005230979 A US 7075192 B CA 2563531 A US 2006152016 A US 7183665 B US 2006152015 A US 7119453 B US 7109600 B CN 101427023 A	20.10.2005 11.07.2006 03.11.2005 13.07.2006 27.02.2007 13.07.2006 10.10.2006 19.09.2006 06.05.2009 -----
US 2002047275 A	25.04.2002	----- DE 19731918 AB CA 2295185 AC WO 9905414 A AU 8628498 A NO 20000346 A NO 323071 B EP 0998634 AB EP 19980937523 TR 200000029 T BR 9811036 A AU 727051 B NZ 502243 A JP 2001511497 T JP 3626906 B US 6361275 B EP 1243790 AB EP 20020012133 AT 253688 T DK 998634 T PT 998634 E ES 2209172 T AT 295477 T EP 1544458 A EP 20050101832 PT 1243790 E DK 1243790 T ES 2240605 T	28.01.1999 04.02.1999 04.02.1999 16.02.1999 23.03.2000 27.12.2006 10.05.2000 20.06.1998 21.07.2000 01.08.2000 30.11.2000 27.04.2001 14.08.2001 09.03.2005 26.03.2002 25.09.2002 20.06.1998 15.11.2003 15.03.2004 31.03.2004 16.06.2004 15.05.2005 22.06.2005 20.06.1998 29.07.2005 05.09.2005 16.10.2005 -----
US 4533297 A	06.08.1985	----- NONE	----- -----

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**F03D 1/00** (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

F03D

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

INVENES, EPODOC, WPI, PAJ

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	WO 2005103489 A2 (NORTHERN POWER SYSTEMS INC ; BYWATERS G ; DANFORTH W ;) 03.11.2005, todo el documento.	1-9
X	US 2002047275 A1 (WOBBEN et al.) 25.04.2002, todo el documento.	1-9
X	ES 2160499 A1 (FERNANDEZ GUAZA AUGUSTO) 01.11.2001, todo el documento.	1-9
X	US 2007108776 A1 (SIEGFRIEDSEN et al.) 17.05.2007, todo el documento.	1-9
X	US 4533297 A (BASSETT et al.) 06.08.1985, todo el documento.	1-9

 En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos  Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	“T” documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
“A” documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	“X” documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
“E” solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	“Y” documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
“L” documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	“&” documento que forma parte de la misma familia de patentes.
“O” documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
“P” documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

29.Junio.2009 (29.06.2009)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

03 DE JULIO DE 2009 (03/07/09)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M.

Funcionario autorizado

M<sup>a</sup> A. López Carretero

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

N° de fax 34 91 3495304

N° de teléfono +34 91 349 84 30

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
ES 2160499 A B	01.11.2001	NINGUNO	-----
US 2007108776 A	17.05.2007	WO 2006032236 A DE 102004046563 AB EP 20050797969 CN 1997825 A	30.03.2006 06.04.2006 06.09.2005 11.07.2007 11.07.2007
WO 2005103489 A	03.11.2005	----- US 2005230979 A US 7075192 B CA 2563531 A US 2006152016 A US 7183665 B US 2006152015 A US 7119453 B US 7109600 B CN 101427023 A	20.10.2005 11.07.2006 03.11.2005 13.07.2006 27.02.2007 13.07.2006 10.10.2006 19.09.2006 06.05.2009 -----
US 2002047275 A	25.04.2002	----- DE 19731918 AB CA 2295185 AC WO 9905414 A AU 8628498 A NO 20000346 A NO 323071 B EP 0998634 AB EP 19980937523 TR 200000029 T BR 9811036 A AU 727051 B NZ 502243 A JP 2001511497 T JP 3626906 B US 6361275 B EP 1243790 AB EP 20020012133 AT 253688 T DK 998634 T PT 998634 E ES 2209172 T AT 295477 T EP 1544458 A EP 20050101832 PT 1243790 E DK 1243790 T ES 2240605 T	28.01.1999 04.02.1999 04.02.1999 16.02.1999 23.03.2000 27.12.2006 10.05.2000 20.06.1998 21.07.2000 01.08.2000 30.11.2000 27.04.2001 14.08.2001 09.03.2005 26.03.2002 25.09.2002 20.06.1998 15.11.2003 15.03.2004 31.03.2004 16.06.2004 15.05.2005 22.06.2005 20.06.1998 29.07.2005 05.09.2005 16.10.2005 -----
US 4533297 A	06.08.1985	----- NINGUNO	----- -----