

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 735**

51 Int. Cl.:

**B63B 39/02** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 13/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2011** **E 11195822 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 2472105**

54 Título: **Conjunto aerogenerador-plataforma flotante y método para la orientación de dicho conjunto**

30 Prioridad:

**29.12.2010 ES 201031996**

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

**25.02.2019**

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY SPAIN, S.A.U. (100.0%)  
Polígono Industrial Barasoain Parcela 2  
31395 Barasoain (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**ARLABÁN GABEIRAS, TERESA;  
GARCÍA SAYÉS, JOSÉ MIGUEL y  
NÚÑEZ POLO, MIGUEL**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 701 735 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Conjunto aerogenerador-plataforma flotante y método para la orientación de dicho conjunto

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se puede incluir dentro del campo técnico del aprovechamiento de la energía eólica, más concretamente, mediante aerogeneradores dispuestos sobre plataformas flotantes.

10 El objeto de la presente invención se refiere a un conjunto formado por un aerogenerador y una plataforma flotante sobre la que se dispone dicho aerogenerador, así como a un procedimiento de orientación de dicho conjunto.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 Los aerogeneradores denominados de eje horizontal, empleados para la transformación de energía eólica en energía eléctrica comprenden, como ya es conocido, una torre, una góndola y un rotor eólico de al menos dos palas. Por acción del viento incidente sobre las palas, el rotor gira en torno a un eje de dirección sustancialmente horizontal respecto a tierra. A su vez, la góndola puede girarse en torno al eje longitudinal de la torre para orientar el eje del rotor hacia barlovento (en aerogeneradores tipo upwind, en los que el viento incide en primer lugar en el rotor y después en la torre que sustenta la góndola) o hacia sotavento (en aerogeneradores tipo downwind, en los que el viento incide en primer lugar en la torre y después en el rotor).

20 Por otro lado se está desarrollando la eólica marina en la que los aerogeneradores se ubican en el mar (o en los lagos), bien sobre estructuras soporte fijadas al fondo marino o bien sustentados sobre plataformas flotantes. Un ejemplo de dicho aerogenerador se muestra en WO2009/131826.

25 Existen las tendencias, en el diseño actual de aerogeneradores, de aumentar la longitud de las palas, para aumentar la potencia nominal de los aerogeneradores y para aumentar la producción anual de energía por aerogenerador, así como de fabricar las palas con materiales más flexibles y ligeros, con el fin de obtener una relación conveniente entre peso y rigidez.

30 Esta última tendencia en diseño implica el problema de que, en aerogeneradores de tipo upwind con eje horizontal, la deflexión de las palas producida por vientos fuertes tiende a llevar la punta de las palas hacia la torre, lo cual produciría daños irreparables en las palas y en la torre en caso de contacto.

35 Para resolver este problema, una solución sería dotar a las palas de la rigidez suficiente para minimizar su deflexión. Sin embargo dotar a las palas de una gran rigidez supone aumentar su peso y por tanto su precio. Además un mayor peso del rotor supone un incremento de costo en otras partes estructurales del aerogenerador y de la plataforma.

40 Otra solución posible consiste en disponer el eje del rotor formando un pequeño ángulo respecto a la horizontal, denominado ángulo de tilt, de tal manera que durante el giro la punta de las palas está más alejada de la torre en su paso frente a dicha torre.

45 Un inconveniente doble de emplear rotores montados con ángulo de tilt mayor que cero es que el rendimiento de la máquina se modifica proporcionalmente al cubo del coseno del ángulo de tilt, debido a que el viento pasa a tener una componente no paralela al eje del rotor, así como dicha componente no paralela produce cargas adicionales sobre el aerogenerador.

50 La tabla 1 a continuación ilustra la relación entre el ángulo de tilt, el coseno al cubo de dicho ángulo de tilt, y la pérdida de potencia que supone disponer de dicho ángulo con respecto a un ángulo igual a cero, a una velocidad de viento en que la potencia captada es menor que la potencia nominal del aerogenerador, obtenida a partir de la ecuación para la potencia captada por el aerogenerador dada por la expresión aproximada:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_1 \cdot C_p \cdot v^3 \cdot \cos^3(\text{tilt})$$

donde P es la potencia captada,  $\rho$  la densidad del aire,  $A_1$  la superficie barrida por las palas,  $C_p$  un coeficiente asociado a las palas y  $v$  la velocidad del viento.

Tilt	$\text{Cos}^3(\text{tilt})$	Pérdida
2	0.998173594	0.18%
4	0.992709938	0.73%
6	0.983655551	1.63%
8	0.971087416	2.89%
10	0.955112166	4.49%
12	0.935864949	6.41%
14	0.913508001	8.65%

5

Tabla 1: relación entre la pérdida de captación de potencia y el ángulo de tilt.

10 Por otra parte, tal como se aprecia en la figura 1, el viento incidente sobre las palas de un aerogenerador dispuesto sobre una plataforma flotante produce un empuje que tiene como efecto una inclinación de la torre hacia sotavento según un ángulo de pitch de torre, que, en el caso de generadores upwind, aumenta el ángulo de orientación del eje del rotor, pasando de valer el ángulo de tilt a la suma de dicho ángulo de tilt más el ángulo de pitch de torre, con la consiguiente pérdida adicional de rendimiento, según se acaba de exponer anteriormente.

15 El problema técnico que se plantea consiste en describir un dispositivo y un método de control de la orientación de la plataforma flotante para un aerogenerador tipo upwind dotado de un eje de rotor con ángulo de tilt mayor que cero, que permita maximizar el rendimiento del aerogenerador.

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

20 La presente invención resuelve el problema por medio de, según un primer aspecto de la invención, un conjunto aerogenerador - plataforma flotante, que comprende un aerogenerador de tipo upwind (en el que el viento incide en primer lugar en el rotor y después en la torre, por oposición a un aerogenerador de tipo downwind, en el que el viento incide primero en la torre y después en el rotor), dispuesto sobre una plataforma flotante, donde el aerogenerador comprende:

- 25 - una torre fijada a la plataforma;
- una góndola, dispuesta sobre la torre para soportar un rotor, y dotada de un mecanismo de guiñada para orientar el rotor hacia barlovento, dicho mecanismo de guiñada proporcionando a la góndola un giro respecto a la torre en torno al eje longitudinal de dicha torre; comprendiendo el rotor al menos dos palas capaces de hacer girar el rotor en torno a un eje de giro por accionamiento del viento incidente sobre dichas palas, estando el eje de giro dotado de un ángulo de tilt ( $\theta$ ), formado entre dicho eje de giro y un plano perpendicular al eje longitudinal de la torre, distinto de cero.

30 El conjunto de la invención se caracteriza porque comprende además:

- unos primeros sensores para detectar un ángulo efectivo ( $\square$ ) del eje de giro, formado entre el eje de rotor y un plano horizontal;
- unos segundos sensores para detectar la dirección del viento;
- 35 - unos medios de orientación de la plataforma para modificar el ángulo efectivo ( $\square$ ) de eje de giro, y
- una unidad de control adaptada para recibir una primera entrada, procedente de los primeros sensores y una segunda entrada procedente de los segundos sensores y, en función de dichas entradas, transmitir órdenes a los medios de orientación de la plataforma y al mecanismo de guiñada.

40 El conjunto de la invención opera de acuerdo con, según un segundo aspecto de la invención, un método para la

orientación de dicho conjunto que comprende los siguientes pasos:

- captar la primera entrada mediante los primeros sensores;
- comunicar la primera entrada a la unidad de control;
- captar la segunda entrada mediante los segundos sensores;
- comunicar dicha segunda entrada a la unidad de control; y
- ordenar a los medios de orientación, a través de la unidad de control, la orientación de la plataforma en función

5 de la primera entrada y la segunda entrada de manera que el ángulo efectivo del eje de giro es, en valor absoluto, menor que el ángulo de tilt ( $\theta$ ).

10 Según la invención, la unidad de control, tras recibir la primera entrada y la segunda entrada, envía una señal al mecanismo de guiñada en función de la segunda entrada para disponer el rotor enfrenteado a la dirección de viento, así como envía una señal a los medios de orientación en función de la primera y la segunda entrada para inclinar la torre hacia barlovento (en contra del viento) un valor igual a  $\theta$ , de modo que el eje de giro queda dispuesto en posición horizontal, es decir, según un ángulo efectivo ( $\square$ ) sustancialmente igual a cero. Esta es la orientación preferente de

15 máximo rendimiento. Alternativamente, la orientación de máximo rendimiento puede ser un valor distinto de cero y menor que el ángulo de tilt ( $\theta$ ), en el caso de que las cargas en la torre se vean aumentadas por una exposición prolongada a una inclinación elevada, buscándose en ese caso una solución de compromiso entre el rendimiento en la obtención de potencia y el valor de dichas cargas que minimice el costo de la energía producida.

20 Como es lógico sería equivalente emplear una primera unidad de control para el control del mecanismo de guiñada, y una segunda unidad de control para el control de los medios de orientación de la plataforma.

Por otro lado, una vez el rotor está correctamente enfrenteado a la dirección del viento, la detección de la posición del mecanismo de guiñada proporciona una señal equivalente a la dirección del viento que puede ser enviada como señal de

25 entrada a los medios de orientación.

De acuerdo con una realización preferente de la invención, las palas comprenden adicionalmente unos medios de limitación para limitar la potencia obtenida a velocidades de viento superiores a una determinada velocidad umbral. Ejemplos conocidos de dichos medios de limitación se refieren a unos medios de control del ángulo de paso de pala, para proporcionar a dichas palas un giro respecto de su eje longitudinal con el fin de modificar el ángulo de ataque del viento sobre las palas, o alternativamente, los medios de limitación pueden comprender una determinada configuración de las palas adaptada para que en vientos elevados al menos una parte de la pala entre en pérdida produciéndose una

30 disminución de la potencia obtenida.

La invención puede incorporar adicionalmente unos terceros sensores para medir al menos una magnitud seleccionada entre: la velocidad del viento incidente sobre la torre, la velocidad de giro del rotor, el ángulo de orientación de las palas respecto de su eje longitudinal y la potencia momentánea generada; además, la unidad de control está adaptada para recibir una tercera entrada, procedente de los terceros sensores y, en función de dichas primera, segunda y tercera

35 entradas, transmitir órdenes a los medios de orientación.

Para el caso en que el conjunto de la invención comprende los terceros sensores, el método de la invención puede incorporar los pasos adicionales de previamente captar la tercera entrada mediante los terceros sensores; comunicar la tercera entrada a la unidad de control; comparar el valor de la tercera entrada con un valor umbral previamente definido y, cuando se cumple la condición de que el valor de la tercera entrada no supera el valor umbral, proceder a orientar la torre hacia barlovento tal como se ha explicado anteriormente.

40

45

En una realización, el ángulo de inclinación de la torre puede darse en función de los valores de la tercera entrada, por ejemplo, en función de los valores de la velocidad de viento. Dicha relación puede ser una determinada función o bien una tabla con valores discretos, como se explicará más adelante.

50

De manera preferente, los medios de orientación comprenden medios activos de control de la posición del centro de flotación del conjunto, mediante la modificación de unos volúmenes sumergidos. En particular, los medios de orientación pueden comprender una pluralidad de flotadores dispuestos en la parte inferior de la plataforma; unas cámaras dispuestas en la parte inferior de los flotadores; y unos primeros medios de impulsión para impulsar aire a las cámaras a través de unos conductos, donde los conductos pueden de manera preferente comunicar la pluralidad de cámaras entre sí. Asimismo, los primeros medios de impulsión pueden comprender al menos un compresor.

55

El empleo del conjunto y del dispositivo de la invención permite mantener el eje de giro en una orientación tal que maximiza el rendimiento del aerogenerador teniendo en cuenta la configuración de la torre, el ángulo de tilt y, eventualmente, la velocidad del viento, el ángulo de paso de pala o la potencia generada.

5 La invención permite una modificación más rápida de la posición relativa del centro de gravedad y el de flotación, de modo que mediante la transferencia del aire entre cámaras puede amortiguarse las oscilaciones de la plataforma, siendo el periodo típico de estas oscilaciones de 15-40s. Para ello las opciones serían: un sistema pasivo (el dimensionamiento de cámaras y conductos produciría el amortiguamiento), semiactivo (mediante el control con válvulas de la transferencia de aire entre cámaras) o activo (mediante el control de los medios de impulsión).

10 Mediante el empleo del dispositivo y el método de la invención, se permite el empleo de aerogeneradores con mayor ángulo de tilt, lo cual permite emplear palas más largas y flexibles, con el consiguiente ahorro en peso y en costes y el consiguiente aumento en la potencia nominal y en la producción anual. De igual manera, posibilita el empleo de una torre con una distribución de diámetros mayores a lo largo de toda su longitud, siendo esto aconsejable para optimizar el coste de la misma.

15 Asimismo, al inclinar el plano del rotor se maximiza la captura energética, al minimizar la componente del viento que induce cargas en el aerogenerador que no resultan en generación de potencia.

20 Adicionalmente, el empuje que ejerce el viento sobre el rotor introduce un momento de vuelco en la base de la torre que es compensado por el momento asociado al peso de la góndola, ya que la góndola está adelantada respecto a la base de la torre.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, 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:

30 Figura 1.- Muestra una vista de un conjunto aerogenerador - plataforma flotante incluido en el estado de la técnica.

Figura 2.- Muestra un conjunto aerogenerador - plataforma flotante de acuerdo con la invención que ilustra el funcionamiento de los medios de orientación.

35 Figura 3.- Muestra una gráfica que representa la evolución del ángulo efectivo ( $\alpha$ ) del eje de giro en función de la velocidad de viento según una realización preferente del método de la invención.

Figura 4.- Muestra un diagrama esquemático ilustrativo del método de acuerdo con la invención.

40 Figura 5.- Muestra una vista de los medios de orientación según la primera realización.

Figura 6.- Muestra un esquema del funcionamiento del método según una realización preferente.

#### 45 REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCION

El conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la invención mostrado en la figura 2 comprende un aerogenerador (16) de tipo upwind dispuesto sobre una plataforma (1) flotante, donde el aerogenerador comprende:

- una torre (3) fijada a la plataforma (1);
- 50 - una góndola (4), dispuesta sobre la torre (3) para soportar un rotor (6), y dotada de un mecanismo de guiñada (no mostrado) para orientar el rotor (6) hacia barlovento, dicho mecanismo de guiñada proporcionando a la góndola (4) un giro respecto a la torre (3) en torno al eje longitudinal de dicha torre (3); comprendiendo el rotor (6) al menos dos palas (7) capaces de hacer girar el rotor (6) en torno a un eje de giro (2) por accionamiento del viento incidente sobre dichas palas (7), estando el eje de giro (2) dotado de un ángulo de tilt ( $\theta$ ), formado entre el eje de giro (2) y un plano perpendicular al eje longitudinal de la torre (3), distinto de cero.

55 El conjunto comprende adicionalmente:

- unos primeros sensores (8) para detectar un ángulo efectivo ( $\square$ ) del eje de giro, formado entre el eje de giro (2) y un plano horizontal (24);

- unos segundos sensores (9) para detectar la dirección del viento (23);

- unos medios de orientación (11) para modificar el ángulo efectivo ( $\square$ ) del eje de giro (2), y

5 - unos medios de limitación para limitar la potencia obtenida a velocidades de viento superiores a una determinada velocidad umbral, donde dichos medios de limitación comprenden unos medios de control del paso de las palas (7), para proporcionar a dichas palas (7) un giro respecto de su eje longitudinal con el fin de variar la superficie de las palas (7) ofrecida al viento.

10 El conjunto incorpora adicionalmente:

- unos terceros sensores (10) para medir al menos una magnitud seleccionada entre: la velocidad del viento incidente sobre la torre (3), la velocidad de giro del rotor (6), el ángulo de orientación de las palas (7) respecto de su eje longitudinal y la potencia momentánea generada; así como porque la unidad de control (12) está adaptada para recibir una tercera entrada (15), procedente de los terceros sensores (10) y, en función de dichas entradas (13, 14, 15), transmitir órdenes a los medios de orientación (11), y

15 - una unidad de control (12) adaptada para recibir una primera entrada (13), procedente de los primeros sensores (8) y una segunda entrada (14) procedente de los segundos sensores (9) y, en función de dichas entradas (13, 14), transmitir órdenes a los medios de orientación de la plataforma (11) y al mecanismo de guiñada.

20 Los medios de orientación (11), ver figura 5, comprenden medios activos de control de la posición del centro de flotación mediante la modificación de unos volúmenes sumergidos, preferentemente de unos flotadores (17) vinculados a la plataforma (1). En una realización preferente, se modifican los volúmenes sumergidos sin modificar la distribución de las masas de la plataforma. Esto puede hacerse modificando la forma de la parte sumergida de los flotadores (17) o

25 alternativamente puede hacerse modificando la cantidad de aire confinada en una cámara (18) inferior de dichos flotadores (17). En particular, en una realización preferente de la segunda alternativa anteriormente expuesta los medios de orientación (11) comprenden: una pluralidad de flotadores (17) dispuestos en la parte inferior de la plataforma (1); unas cámaras (18) dispuestas en la parte inferior de los flotadores (17); unos medios de impulsión (20) para impulsar aire a las cámaras (18) a través de unos conductos (19) y modificar así la cantidad de aire confinada entre dichas cámaras y la superficie de agua (22), donde los conductos (19) comunican la pluralidad de cámaras (18) entre sí. Los medios de

30 impulsión (20) comprenden al menos un compresor (20).

De acuerdo con una primera realización de la invención, se presenta un método para la orientación del conjunto de la invención que comprende los siguientes pasos, tal como se muestra en la figura 4:

- captar la primera entrada (13) mediante los primeros sensores (8);

35 - comunicar la primera entrada (13) a la unidad de control (12);

- captar la segunda entrada (14) mediante los segundos sensores (9);

- comunicar dicha segunda entrada (14) a la unidad de control (12); y - ordenar a los medios de orientación (11), a través de la unidad de control (12), la orientación de la plataforma (1) en función de la primera entrada (13) y la segunda entrada (14) de manera que el ángulo efectivo del eje de giro (2) es, en valor absoluto, menor que el ángulo de tilt ( $\theta$ ).

40

De acuerdo con una segunda realización, el método de la invención comprende los pasos adicionales de:

- captar una tercera entrada (15) mediante los terceros sensores (10), - comunicar dicha tercera entrada (15) a la unidad de control (12); y

45 - comparar el valor de la tercera entrada (15) con un valor umbral previamente definido y, cuando se cumple la condición de que el valor de la tercera entrada (15) no supera el valor umbral, proceder a ordenar a los medios de orientación la orientación de la plataforma en función de la primera entrada (13), la segunda entrada (14) y la tercera entrada (15).

50 En una tercera realización preferente de la invención se emplea una tercera señal de entrada para el control de la inclinación, siendo dicha señal elegida de entre las siguientes: velocidad de viento, velocidad de giro del rotor, potencia eléctrica generada, o ángulo de paso de la pala.

55 Es típico en los aerogeneradores el control del ángulo de paso de la pala (ángulo de pitch de la pala) hacia bandera para controlar la velocidad de giro del rotor en el rango de viento nominal. La variación del ángulo de paso de la pala limita la captura energética del viento, a partir del momento en que el aerogenerador ha llegado a sus límites nominales de velocidad de giro y potencia. En este caso, cuando la tercera entrada (15), que proporciona una medida de velocidad de

viento, o de paso de pala o de potencia nominal o de régimen de giro del rotor, alcanza un valor umbral predeterminado, la unidad de control (12) no transmite instrucciones a los medios de orientación (11), dejando que la torre (3) adopte la inclinación hacia sotavento que le imprima la fuerza del viento, y dejando en manos de los medios de limitación el control de la potencia generada.

5 Esta situación no incrementa el momento en la base de la torre, ni las cargas a fatiga que dicho momento produce. Las cargas a fatiga son resultado de la magnitud de la fuerza y de la ocurrencia de la misma. En un sistema con control del ángulo de paso de la pala hacia bandera el empuje del viento disminuye cuando dicho control de paso comienza a actuar y la ocurrencia de vientos altos es baja.

10 De acuerdo con una realización preferente, el ángulo efectivo ( $\alpha$ ) del eje de giro (2) depende de la tercera entrada, en particular, de una serie de valores de la velocidad de viento, tal como se explicará seguidamente.

15 En la figura 3 se observa cómo a partir de un umbral de velocidad de viento ( $V_{v-off}$ ) los medios de orientación (11) dejan de recibir indicaciones, y para vientos mayores que dicha velocidad  $V_{v-off}$  el ángulo  $\alpha$  resultante de inclinación del eje de giro (2) evoluciona libremente, primero aumentando y luego reduciéndose, debido a que el empuje del viento disminuye al estar ya activo el control de paso de la pala.

20 En una zona de transición entre un valor de referencia ( $V_{v-t}$ ) y  $V_{v-off}$ , el ángulo efectivo ( $\alpha$ ) del eje de giro (2) se va incrementando de manera gradual (o rampeando), de manera que en  $V_{v-off}$  alcanza el valor  $\alpha_{off}$  o ángulo de desactivación. Dicho valor es aquel en el que el aerogenerador genera potencia nominal con una velocidad de viento igual a  $V_{v-off}$  y un ángulo de paso de pala igual a  $\beta_{off}$ . La velocidad  $V_{v-2}$  marca la velocidad de viento a la que se alcanza la potencia nominal, en la que preferentemente comienza la actuación del control de paso de la pala hacia bandera. Dicha velocidad  $V_{v-2}$  está comprendida dentro del rango [ $V_{v-t}$ ,  $V_{v-off}$ ], pudiendo tomar cualquier valor. En  $V_{v-off}$  se alcanza un umbral de ángulo de paso de la pala ( $\beta_{off}$ ) que alternativamente marca que los medios de orientación (11) dejan de recibir indicaciones.

25 En un rango de velocidades de viento comprendidas entre el valor  $V_{v-cut-in}$  y  $V_{v-t}$ , el ángulo ( $\alpha$ ) resultante es aproximadamente igual a cero en valor medio.

30 La tabla 2 a continuación muestra un esquema simplificado de lo que se acaba de explicar.  $V_{v-med}$  representa la medida de la velocidad de viento.

<b>Vv_med</b>	$\alpha$
$V_{v-cut-in} < V_{v-med} < V_{v-t}$	0
$V_{v-t} \leq V_{v-med} < V_{v-off}$	>0
$V_{v-med} > V_{v-off}$	Los medios de orientación no reciben indicaciones

35 Tabla 2: relación entre el ángulo  $\alpha$  y la velocidad de viento  $V_{v-med}$ .

De esta forma, se controla la evolución del ángulo efectivo del eje de giro (2) mediante la actuación de los medios de orientación de la plataforma de manera conveniente, de tal forma que:

- 40 - el ángulo efectivo del eje de giro es sustancialmente igual al ángulo de máximo rendimiento a vientos bajos y medios (menores que  $V_{v-t}$ ), maximizando la producción;
- el ángulo efectivo del eje de giro evoluciona libremente a vientos altos (mayores que  $V_{v-off}$ ) en que la energía del viento es superior a la que el aerogenerador puede convertir en potencia eléctrica, reduciendo las cargas sobre el aerogenerador y la actuación del mecanismo de regulación de paso de la pala, así como la actuación del mecanismo de orientación de la plataforma;
- 45 - el ángulo efectivo del eje de giro evoluciona suavemente desde el ángulo de máximo rendimiento hasta el ángulo de desactivación, de manera que se evitan transiciones bruscas.

50 En la figura 6 se muestra que cuando los medios de orientación están activos, es decir, para velocidades de viento menores a  $V_{v-off}$ , la unidad de control ordena la actuación de los medios de orientación (11) en función de la diferencia entre un valor de consigna  $\alpha_{ref}$  y el valor de la inclinación ( $\alpha_{med}$ ) del eje de giro (2) detectada por los primeros sensores

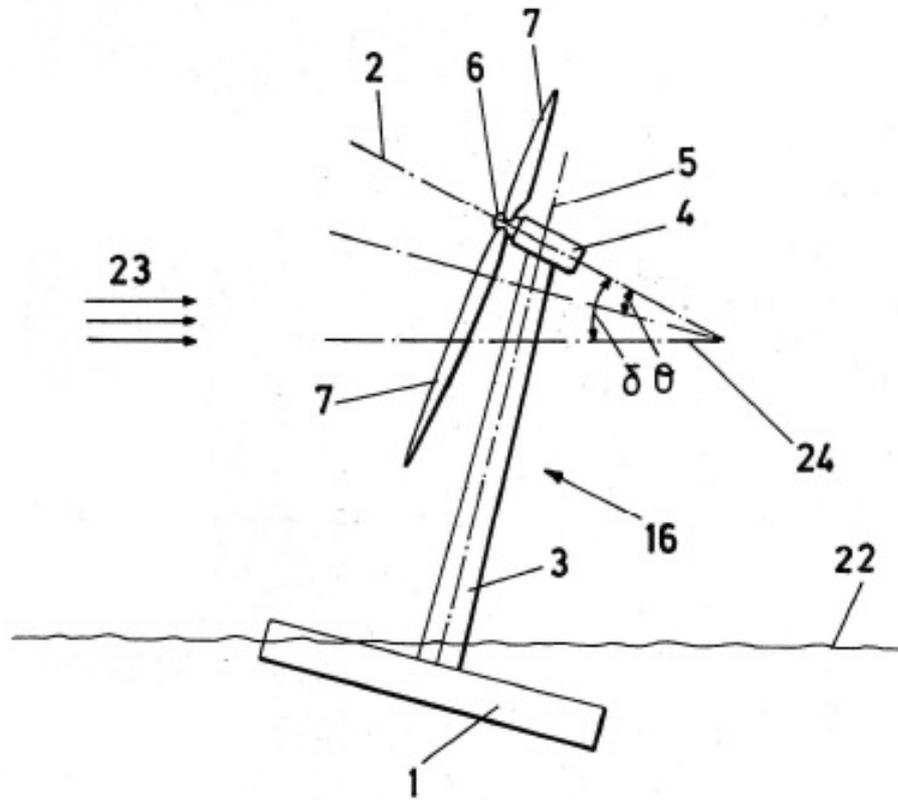
(8). A partir de dicha diferencia y empleando un regulador o cualquier medio equivalente conocido en el estado de la técnica, se calcula la orden (Y) transmitida a los medios de orientación. Dicho valor de consigna ( $\square_{ref}$ ) se calcula a partir de la velocidad de viento medida (Vv-med) por los terceros sensores (10) mediante una función o una tabla de valores predefinida.

5

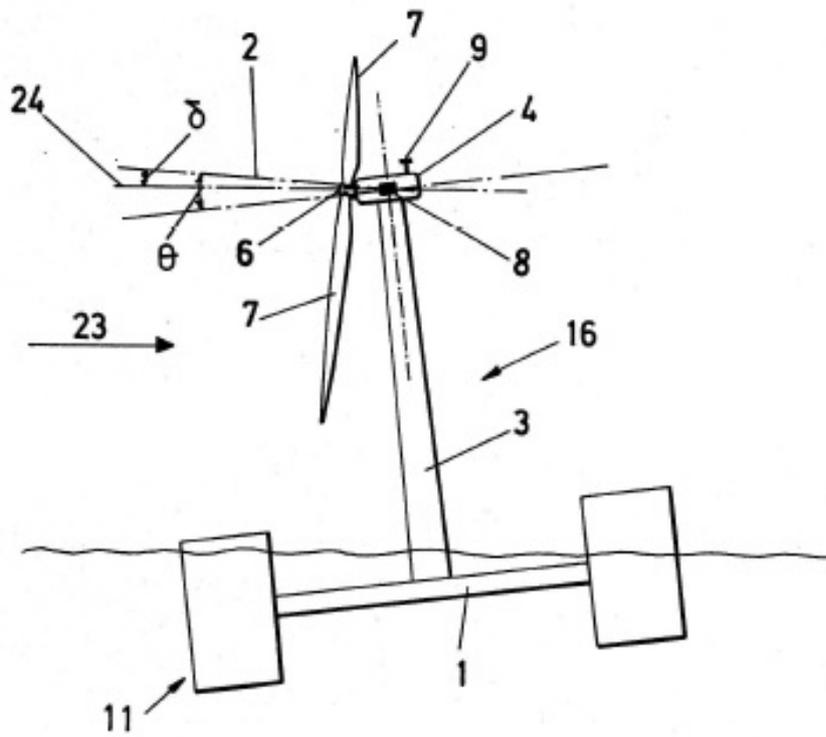
REIVINDICACIONES

- 1.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante, que comprende un aerogenerador (16) de tipo upwind dispuesto sobre una plataforma (1) flotante, donde el aerogenerador comprende:
- 5                   - una torre (3) fijada a la plataforma (1);
- una góndola (4), dispuesta sobre la torre (3) para soportar un rotor (6), y dotada de un mecanismo de guiñada para orientar el rotor (6) hacia barlovento, dicho mecanismo de guiñada proporcionando a la góndola (4) un giro respecto a la torre (3) en torno al eje longitudinal de dicha torre (3); comprendiendo el rotor (6) al menos dos palas (7) capaces de hacer girar el rotor (6) en torno a un eje de giro (2) por accionamiento del viento incidente sobre dichas palas (7), estando el eje de giro (2) dotado de un ángulo de tilt ( $\theta$ ), formado entre el eje de giro (2) y un plano perpendicular al eje longitudinal de la torre (3), distinto de cero y comprendiendo:
- 10                   - unos primeros sensores (8) para detectar un ángulo efectivo ( $\square$ ) de eje de giro (2), formado entre el eje de giro (2) y un plano horizontal (24);
- 15                   - unos segundos sensores (9) para detectar la dirección del viento (23);
- unos medios de orientación de la plataforma (11) para modificar el ángulo efectivo ( $\square$ ) del eje de giro (2); caracterizado porque comprende además:
- 20                   - al menos una unidad de control (12) adaptada para recibir una primera entrada (13), procedente de los primeros sensores (8) y una segunda entrada (14) procedente de los segundos sensores (9) y transmitir órdenes a los medios de orientación de la plataforma (11) en función de la primera entrada (13) y de la segunda entrada (14), además de transmitir órdenes al mecanismo de guiñada, en función de la segunda entrada (14).
- 2.- Conjunto aerogenerador - plataforma flotante de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de orientación (11) comprenden unos volúmenes sumergidos vinculados a la plataforma, así como medios activos de control de la posición del centro de flotación de la plataforma (1) capaces de modificar dichos volúmenes sumergidos.
- 25
- 3.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque los volúmenes sumergidos son una pluralidad de flotadores (17) dispuestos en la parte inferior de la plataforma (1), así como porque los medios de orientación (11) comprenden adicionalmente:
- 30                   - unas cámaras (18) dispuestas en la parte inferior de los flotadores (17); y
- unos primeros medios de impulsión (20) para impulsar aire a las cámaras (18) a través de unos conductos (19).
- 4.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque los conductos (19) comunican la pluralidad de cámaras (18) entre sí.
- 35
- 5.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque los primeros medios de impulsión (20) comprenden al menos un compresor (20).
- 6.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las palas (7) comprenden adicionalmente unos medios de limitación para limitar la potencia obtenida a velocidades de viento superiores a una determinada velocidad umbral.
- 40
- 7.- Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque los medios de limitación comprenden unos medios de control del paso de las palas (7), para proporcionar a dichas palas (7) un giro respecto de su eje longitudinal con el fin de variar la superficie de las palas (7) ofrecida al viento.
- 45
8. Conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1, 6 ó 7, caracterizada porque comprende además unos terceros sensores (10) para medir al menos una magnitud seleccionada entre: la velocidad del viento incidente sobre la torre (3), la velocidad de giro del rotor (6), el ángulo de orientación de las palas (7) respecto de su eje longitudinal y la potencia momentánea generada; así como porque la unidad de control (12) está adaptada para recibir una tercera entrada (15), procedente de los terceros sensores (10) y, en función de dichas entradas (13, 14, 15), transmitir órdenes a los medios de orientación (11).
- 50
- 9.- Método para la orientación del conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 8, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:
- 55                   - captar la primera entrada (13) mediante los primeros sensores (8);
- comunicar la primera entrada (13) a la unidad de control (12);

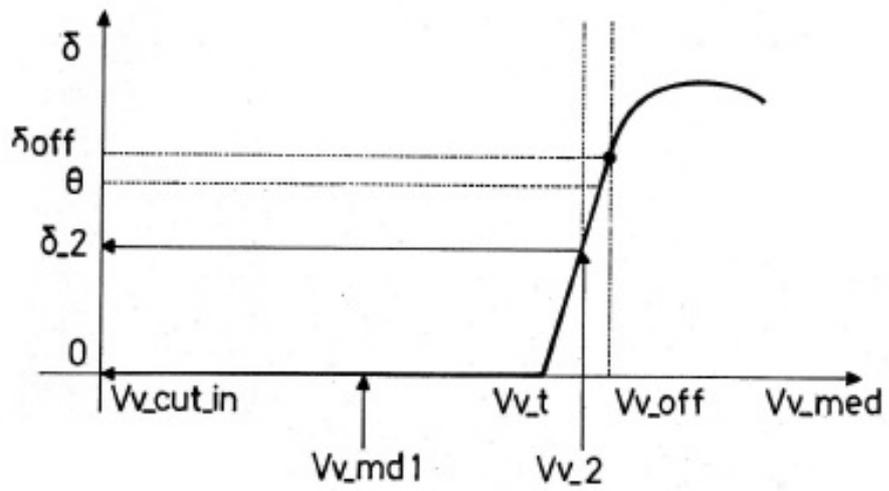
- 5                   - captar la segunda entrada (14) mediante los segundos sensores (9);  
                  - comunicar dicha segunda entrada (14) a la unidad de control (12); y                   - ordenar a los medios de orientación (11), a través de la unidad de control (12), la orientación de la plataforma (1) en función de la primera entrada (13) y la segunda entrada (14) y ordenar al mecanismo de guiñada, a través de la unidad de control (12), para permitir que la góndola gire con respecto a la torre alrededor del eje longitudinal de dicha torre en función de la segunda entrada (14), de manera que el ángulo efectivo del eje de giro (2) es, en valor absoluto, menor que el ángulo de tilt ( $\theta$ ).
- 10           10.-       Método para la orientación del conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque la plataforma (1) se orienta inclinando la torre hacia barlovento.
- 15           11.-       Método para la orientación del conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque comprende los pasos previos de:  
                  - captar una tercera entrada (15) mediante los terceros sensores (10),  
                  - comunicar dicha tercera entrada (15) a la unidad de control (12),  
20           - comparar el valor de la tercera entrada (15) con un valor umbral previamente definido y,  
                  - cuando se cumple la condición de que el valor de la tercera entrada (15) no supera el valor umbral, ordenar a los medios de orientación (11) y al mecanismo de guiñada, a través de la unidad de control (12), la orientación de la plataforma (1) en función de las entradas (13, 14, 15), de manera que el ángulo efectivo ( $\theta$ ) del eje de giro (2) es, en valor absoluto, menor que el ángulo de tilt ( $\theta$ ).
- 25           12.-       Método para la orientación del conjunto aerogenerador (16) - plataforma (1) flotante de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque los medios de orientación (11) disponen la plataforma (1) de tal manera que el ángulo efectivo ( $\theta$ ) del eje de giro (2) tiene un valor promedio sustancialmente igual a cero.
- 13.-       Método para la orientación de una plataforma (1) flotante para un aerogenerador (16) de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque el control de los medios de orientación (11) se realiza a partir de la diferencia entre un valor de consigna ( $\theta_{ref}$ ) y el valor de la primera entrada (13), siendo el valor de consigna ( $\theta_{ref}$ ) calculado a partir de la tercera entrada (15).



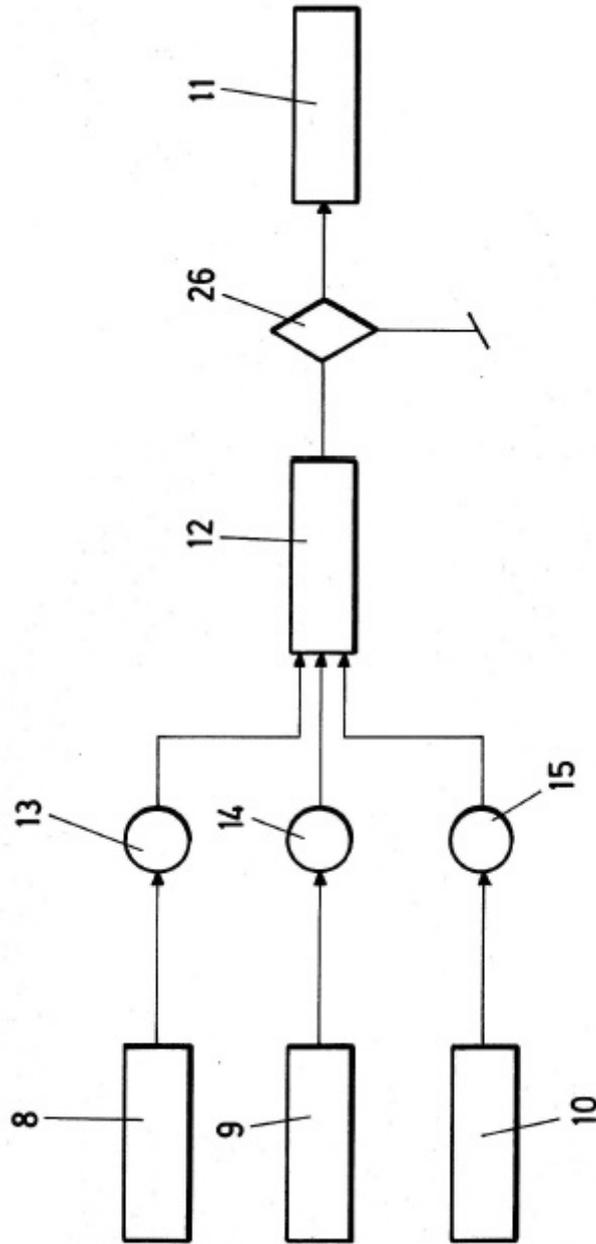
**FIG.1**  
ESTADO DE LA TECNICA



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG.4**

