



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 355 804**

51 Int. Cl.:  
**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05001820 .9**

96 Fecha de presentación : **28.01.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1559910**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.08.2005**

54 Título: **Turbina eólica de eje horizontal y método para controlar la turbina eólica de eje horizontal.**

30 Prioridad: **29.01.2004 JP 2004-21180**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.03.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.03.2011**

73 Titular/es: **FUJI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA**  
**7-2, Nishishinjuku 1-chome**  
**Shinjuku-ku, Tokyo 160-8316, JP**

72 Inventor/es: **Yoshida, Shigeo**

74 Agente: **Blanco Jiménez, Araceli**

ES 2 355 804 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

Turbina eólica de eje horizontal y método para controlar la turbina eólica de eje horizontal.

## 5 Antecedentes de la invención

## Campo de la invención

La presente invención se refiere a una turbina eólica de eje horizontal de tipo a barlovento y un método para  
10 controlar dicha turbina eólica de eje horizontal.

## Descripción de la técnica relacionada

En los últimos años se han propuesto turbinas eólicas de eje horizontal y el uso práctico para generar energía  
15 eléctrica del viento natural. Esta turbina eólica de eje horizontal está provista de un sensor de orientación, como una  
paleta de orientación, para medir la dirección del viento que sopla contra el rotor (dirección del viento). Un dispositivo  
de control de la turbina eólica de eje horizontal, realiza el “control de orientación” de iniciar la rotación del rotor, así  
como girar el eje del rotor en un plano substancialmente horizontal, de tal manera que el rotor quede dirigido hacia la  
20 dirección del viento medida por el sensor de orientación, es decir, el ángulo de orientación (el ángulo entre la dirección  
del eje del rotor y la dirección del viento) se hace converger en cerca de 0 grados.

Por cierto, la mayoría de las turbinas eólicas comerciales utilizadas hoy en día son turbinas a barlovento en las que  
un rotor 100 se encuentra en la dirección del viento, como se muestra en las Figs. 4A a 4C. Un sensor de orientación  
200 de la turbina a barlovento generalmente se encuentra desde una parte sustancialmente central hasta una parte  
25 posterior de la dirección del eje del rotor de la parte superior de una góndola 300.

Sin embargo, las turbinas eólicas suelen instalarse en una topografía compleja y, en la topografía se suele generar  
un viento de flujo ascendente (soplo hacia arriba). Por lo tanto, cuando el sensor de orientación 200 se encuentra en la  
parte superior de la góndola 300, como se muestra en las Figs. 4A a 4C, las precisiones de medición de la dirección del  
30 viento y del ángulo de orientación se degrada significativamente por efecto de la góndola 300. Como resultado de esto,  
existe el problema de que se produzca un error entre el ángulo de orientación  $\phi$  medido por el sensor de orientación  
200 y la orientación real  $\phi$ , por lo que el control de la orientación del rotor 100 no se realiza correctamente.

La Fig. 5 muestra los errores de medición de un ángulo de orientación causados por dicho ángulo de flujo ascen-  
dente y hay un gráfico que muestra los resultados de una prueba en un túnel de viento de los valores de medición del  
35 ángulo de orientación en el caso de colocar el sensor de orientación 200 en la parte superior de la góndola 300 como  
se muestra en las Figs. 4A a 4C. En la Fig. 5, la coordenada horizontal es un valor de un ángulo de orientación  $\phi$  en  
caso de un ángulo de flujo ascendente de 0 grados (en lo sucesivo llamado “valor del ángulo de orientación real”) y la  
coordenada vertical es la diferencia entre el valor del ángulo de orientación  $\phi$  medido por el sensor de orientación 200  
40 en caso de un ángulo de flujo ascendente de 0 grados a +30 grados y un valor de la orientación  $\phi$  en caso de un ángulo  
de flujo ascendente de 0 grados (en lo sucesivo llamado “error de medición del ángulo de orientación”).

Por ejemplo, en el caso de que un flujo ascendente con un ángulo de flujo ascendente de 30 grados sopla contra  
el rotor 100, el error de la medición del ángulo de orientación (la coordenada vertical) cambia de cerca de -30 grados  
a cerca de +10 grados, en unos 40 grados, correspondiendo a un valor del ángulo de orientación real (la coordenada  
45 horizontal) cambiando de 0 +10 grados en unos + 10 grados (véase la Fig. 5: curva E). Es decir, un valor del ángulo de  
orientación  $\phi$  medido por el sensor de orientación 200 se mide como el cambio en unos +50 grados, correspondiendo  
a un valor del ángulo de orientación  $\phi$  real cambiando en unos 10 grados. Por lo tanto el control de la orientación del  
rotor 100 se repite, aunque el cambio de la dirección del viento sea ligero.

Estos errores de medición de un ángulo de orientación causado por un ángulo de flujo ascendente se pueden  
reducir ligeramente colocando el sensor de orientación 200 en una posición alta para que no le afecte la góndola 300.  
Sin embargo, existe el problema de que el sensor de orientación 200 sea sacudido fácilmente, de que su durabilidad  
se degrade y de que se incurra en mayores costos debido a que se requiere una barra de soporte muy larga 210 para  
50 soportar el sensor de orientación 200.

El documento EP-A-1 505 299, que es el estado de la técnica según el art. 54 (3) del CPE, describe una turbina  
eólica de eje horizontal de tipo a barlovento, que comprende:

60 un rotor para la rotación, alrededor de un eje de rotor, que se extiende en una dirección horizontal, el rotor  
siendo rotado en un plano horizontal según una dirección del viento;

una góndola, que tiene una forma simétrica con respecto a un plano imaginario, que incluye el eje de rotor y se  
extiende en una dirección vertical;

65 dos anemómetros montados en la góndola; y

un controlador para controlar un ángulo de orientación de un rotor en base a las velocidades del viento medidas  
por los dos anemómetros.

Como puede verse en la descripción en relación a los dibujos de la EP-A-1 505 299, la turbina eólica de eje horizontal comprende los siguientes componentes: una torre, una góndola fijada a la parte superior de la torre; un árbol principal que se extiende en una dirección sustancialmente horizontal, un rotor unido de forma giratoria al árbol principal, un elemento de tipo placa unido a la cara superior de la góndola, un sensor de orientación y anemómetros, que están fijados en las posiciones que atraviesan el elemento de tipo placa.

En las turbinas eólicas convencionales, el elemento de tipo placa tiene la función de escudo contra el viento, y los dos anemómetros se disponen en los lados opuestos del elemento tipo placa o escudo contra el viento unidos a la cara superior de la góndola.

El documento US-A-5 289 041 describe un sistema de control de velocidad para una turbina eólica para viento de velocidad variable. En la turbina convencional se provee un sensor del ángulo de orientación, un sensor de velocidad del rotor y un sensor del ángulo de paso de las palas, cuyas señales de entrada son procesadas por medios observadores de la velocidad del viento para ajustar el rotor para obtener una mejora de la eficiencia de la turbina eólica.

En la turbina convencional según la US-A-5 289 041 no se puede encontrar ninguna enseñanza específica referente a la colocación de un par de anemómetros en posiciones específicas para controlar un rotor sin ningún tipo de sensor de orientación.

## Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es lograr un control exacto de la orientación en una turbina eólica de eje horizontal de tipo a barlovento que esté instalado en un sitio donde se suela generar un flujo ascendente.

Para solucionar este problema, según la invención, se describe una turbina eólica de eje horizontal de tipo a barlovento que comprende:

un rotor, para la rotación alrededor de un eje de rotor, que se extiende en una dirección horizontal, el rotor siendo girado en un plano horizontal según una dirección del viento;

una góndola que tiene una forma simétrica con respecto a un plano imaginario que incluye el eje de rotor y se extiende en una dirección vertical;

dos anemómetros montados en la góndola; y

un controlador para controlar el ángulo de orientación de un rotor en base a las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros.

donde los dos anemómetros se disponen en unas posiciones en las dos partes laterales de la góndola, donde las posiciones están opuestas entre sí a través del plano imaginario.

Según la presente invención, el objeto se resuelve de manera satisfactoria. En particular, no es necesario un sensor de orientación porque el control de la orientación puede ser realizado a través de dos anemómetros, y por lo tanto se facilita el mantenimiento y pueden reducirse los costos al resultar innecesario dicho sensor de orientación.

En una forma de realización específica de la turbina eólica según la invención, el controlador se adapta para comparar las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros y hace rotar el rotor de un anemómetro que mide una velocidad del viento superior a la que mide el otro anemómetro.

En otra forma de realización específica de la turbina eólica según la invención, el controlador se adapta para estimar el ángulo de orientación del rotor en base a la velocidad del viento medida por los dos anemómetros y hace girar el rotor de manera que el ángulo de orientación estimado converja en 0 grados.

En otra forma de realización específica de la turbina eólica según la invención, el controlador se adapta para estimar el ángulo de orientación del rotor en base a, por lo menos, una de entre una diferencia y una ratio de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros y hace girar el rotor de manera que el ángulo de orientación estimado converja en 0 grados.

En un método según la invención, para controlar la turbina eólica según la invención, el método comprende los siguientes pasos:

estimar el ángulo de orientación de un rotor en base a las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros; y

rotar el rotor de modo que el ángulo de orientación estimado converja en 0 grados.

En una forma de realización específica del método según la invención, el método comprende los siguientes pasos:

estimar el ángulo de orientación de un rotor en base a, por lo menos, una de entre una diferencia y una ratio de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros; y

rotar el rotor de modo que el ángulo de orientación estimado converja en 0 grados.

En otra forma de realización específica del método según la invención, el método comprende los siguientes pasos:

determinar si la diferencia de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros no supera un umbral predeterminado;

rotar el rotor para un anemómetro que mide una velocidad del viento que es superior a la que mide el otro anemómetro, cuando la diferencia de las velocidades del viento supera el umbral, y

detener el giro del rotor cuando la diferencia de las velocidades del viento desciende y ya no supera el umbral.

En otra forma de realización específica del método según la invención, el método comprende el siguiente paso:

rotar el rotor para igualar las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros.

Por lo tanto, el objeto en el que se basa la presente invención se resuelve de una manera ventajosa, y el control de la orientación puede ser facilitado considerablemente mediante el uso de una lógica de control sencilla utilizando los valores de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros.

## Descripción breve de los dibujos

La presente invención se comprenderá mejor a partir de la descripción detallada que se da a continuación y de los dibujos anexos que se dan solo a modo de ilustración, y por lo tanto no están provistos como una definición de los límites de la presente invención, y en donde:

Fig. 1A es una vista superior que muestra una turbina eólica de eje horizontal según una forma de realización de la presente invención;

Fig. 1B es una vista posterior que muestra la turbina eólica de eje horizontal según la forma de realización de la presente invención;

Fig. 1C es una vista desde el lado izquierdo que muestra la turbina eólica de eje horizontal según la forma de realización de la presente invención;

Fig. 2 muestra los datos de la correlación de una diferencia de las velocidades del viento (con un gráfico mostrando la relación entre la diferencia de las velocidades del viento y el ángulo de orientación) guardados en una memoria de la turbina eólica de eje horizontal que se muestra en las Figs. 1A a 1C.

Fig. 3 muestra los datos de la correlación de una ratio de las velocidades del viento (con un gráfico mostrando la relación entre una ratio de las velocidades del viento y el ángulo de orientación) guardados en una memoria de la turbina eólica de eje horizontal que se muestra en las Figs. 1A a 1C.

Fig. 4A es una vista superior que muestra una turbina eólica de eje horizontal convencional de tipo a barlovento;

Fig. 4B es una vista posterior que muestra la turbina eólica de eje horizontal convencional de tipo a barlovento;

Fig. 4C es una vista desde el lado izquierdo que muestra la turbina eólica de eje horizontal convencional de tipo a barlovento; y

Fig. 5 es un gráfico que muestra los errores de medición de un ángulo de orientación causados por un flujo ascendente.

## Descripción detallada de las formas de realización preferidas

A continuación se describirá una forma de realización de la presente invención en detalle haciendo referencia a los dibujos. En la presente forma de realización se toma como ejemplo una turbina eólica de eje horizontal a barlovento mostrada en las Figs. 1A a 1C de una turbina eólica de eje horizontal.

## ES 2 355 804 T3

En primer lugar, se describirá una configuración de la turbina eólica de eje horizontal según la presente forma de realización. Como se muestra en las Figs. 1A a 2, la turbina eólica de eje horizontal 1 comprende: una torre 2 instalada en un sitio predeterminado, una góndola 3 unida a la parte superior de la torre 2 de forma giratoria en un plano substancialmente horizontal, un árbol principal (no mostrado) que se extiende en una dirección sustancialmente horizontal dentro de la góndola 3; un rotor 4 unido al árbol principal, un anemómetro L y un anemómetro R conectados a las dos partes laterales de la góndola 3; un dispositivo de control (no mostrado) para integrar y controlar toda la turbina eólica de eje horizontal 1, y similares.

La góndola 3 tiene, como se muestra en las Figs. 1A a 1C, una forma simétrica con respecto a un plano imaginario V que incluye el eje de rotor X de un rotor 4 que se extiende en dirección vertical; El anemómetro L se dispone en la parte izquierda de la góndola 3 y el anemómetro R se dispone en la parte derecha. El anemómetro L y el anemómetro R se disponen en las posiciones que sustancialmente se oponen entre sí con el plano imaginario V entre ellas.

En la presente forma de realización se adoptan los anemómetros de rotación, en los que una pluralidad de semiesferas capturan el viento que sopla contra el centro del rotor de la turbina eólica de eje horizontal 1 y la velocidad del viento se mide a partir de la velocidad captada por el anemómetro L y el anemómetro R. El tipo del anemómetro L y del anemómetro R no se limita en particular. Por tanto, se puede adoptar el tipo utilizado convencionalmente (por ejemplo, el tipo de anemómetro fabricado por Vaisala o Thies).

El dispositivo de control realiza un proceso de cálculo para calcular una diferencia (en lo sucesivo, denominada “diferencia de las velocidades del viento”) o una ratio (en lo sucesivo, denominada “ratio de las velocidades del viento”) entre un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R, con un proceso de estimación para estimar el ángulo de orientación  $\phi$  utilizando los datos de correlación de la diferencia de las velocidades del viento o los datos de correlación de la ratio de las velocidades del viento, que se explica más adelante, mediante la ejecución de los programas predeterminados. Adicionalmente, el dispositivo de control controla el ángulo de orientación  $\phi$  del rotor 4 en base a las velocidades del viento medidas por el anemómetro L y el anemómetro R. Es decir, el dispositivo de control es el controlador de la presente invención.

En segundo lugar de describirá la relación entre los valores de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (el anemómetro L y el anemómetro R) de la turbina eólica de eje horizontal 1, según la forma de realización de la presente invención, y el ángulo de orientación  $\phi$  con las Figs. 1A a 3.

El anemómetro L y el anemómetro R se disponen en las dos partes laterales de la góndola 3. Por lo tanto, se genera una diferencia entre un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R en el caso de que el viento sople en diagonal desde la parte frontal del rotor 4. Lo mismo ocurre en el caso de que un flujo ascendente que tenga un ángulo ascendente sople contra el rotor 4.

Por ejemplo, cuando se definen ángulos de orientación  $\phi$  positivos y negativos, como se muestra en la Fig. 1A, el efecto de la góndola 3 hace un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L superior a un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R en el caso de que el ángulo de orientación  $\phi$  sea positivo (+), es decir, que el viento sople del lado izquierdo del eje de rotor X del rotor 4. Por otro lado, el efecto de la góndola 3 hace un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L inferior a un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R en el caso de que el ángulo de orientación sea negativo (-), es decir, que el viento sople del lado derecho del eje de rotor X del rotor 4.

Por lo tanto se forma una cierta relación entre: la diferencia (diferencia de velocidades) o la ratio (ratio de velocidades) entre un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R, y el ángulo de orientación  $\phi$ . En la presente forma de realización, los datos según la relación entre la diferencia de las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  (los datos de correlación de la diferencia de las velocidades del viento) y los datos según la relación entre la ratio de las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  (los datos de correlación de la ratio de las velocidades del viento) se obtienen por medio de experimentos realizados antes en tierra. Los datos de correlación de la diferencia de las velocidades del viento y los datos de correlación de la ratio de las velocidades del viento se guardan en la memoria de la góndola 3.

El gráfico que muestra la relación entre la diferencia en las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  mostrado en la Fig. 2 puede ser empleado como los datos de correlación de la diferencia de velocidades del viento. En el gráfico de la Fig. 2, la coordenada vertical es “la velocidad del viento” y la coordenada horizontal es el “ángulo de orientación  $\phi$  (grados)”. Los valores de “la velocidad del viento” de la coordenada vertical en la Fig. 2 son relaciones (valores no dimensionales) de los valores medidos de la velocidad del viento.

En la Fig. 2 se forma una curva L mediante el trazado de un punto en un gráfico en el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L, respectivamente cuando el ángulo de orientación  $\phi$  es de “-30 grados”, “-15 grados”, “0 grados”, “15 grados”, y “30 grados” y uniendo esos puntos con una curva de aproximación. El valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L se convierte en el mínimo en un ángulo de orientación  $\phi$ , de “-30 grados”, aumenta gradualmente a medida que el ángulo de orientación  $\phi$  cambia de un signo negativo a un signo positivo y converge en “1” (un flujo uniforme) en el ángulo de orientación  $\phi$  aproximándose a unos “15 grados” (ver la Fig. 2). La razón de esto es que el viento está bloqueado porque el anemómetro L se encuentra detrás de la góndola 3 en el caso de que el ángulo de orientación  $\phi$  sea negativo.

En la Fig. 2 se forma una curva R mediante el trazado de un punto en un gráfico en el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R, respectivamente cuando el ángulo de orientación  $\phi$  es de “-30 grados”, “-15 grados”, “0 grados”, “15 grados”, y “30 grados” y uniendo esos puntos con una curva de aproximación. El valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R se convierte en el mínimo en un ángulo de orientación  $\phi$  de “30 grados”, aumenta gradualmente a medida que el ángulo de orientación  $\phi$  cambia de un signo positivo a un signo negativo y converge en “1” (un flujo uniforme) en el ángulo de orientación  $\phi$  aproximándose a unos “-15 grados” (ver la Fig. 2). La razón de esto es que el viento está bloqueado porque el anemómetro R se encuentra detrás de la góndola 3 en el caso de que el ángulo de orientación  $\phi$  sea positivo.

Es decir, la curva L y la curva R son mutuamente simétricas con respecto a la línea del “ángulo de orientación  $\phi = 0$  (grados)” (ver la Fig. 2).

En la Fig. 2 se forma una curva A mediante el trazado de un punto en un gráfico en un valor que es el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L menos el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R (diferencia de las velocidades del viento), respectivamente cuando el ángulo de orientación  $\phi$  es de “-30 grados”, “-15 grados”, “0 grados”, “15 grados”, y “30 grados” y uniendo esos puntos con una curva de aproximación. La diferencia de velocidad del viento se corresponde con el ángulo de orientación  $\phi$  debido a la curva A. El ángulo de orientación  $\phi$  se puede estimar utilizando la curva A y la diferencia de las velocidades del viento calculada a partir de la medición de los valores de la velocidad del viento por el anemómetro L y el anemómetro R. Por ejemplo, si la diferencia de las velocidades del viento es “0,5”, el ángulo de orientación  $\phi$  se estima en “cerca de 15 grados o más” (ver la Fig. 2).

Debido a que es difícil proporcionar los medios para medir la velocidad del viento real, se puede utilizar el valor medido por el anemómetro L o el anemómetro R como la velocidad del viento. En este caso, el dispositivo de control se realiza para guardar los datos con los valores medidos por el anemómetro L o el anemómetro R como la velocidad del viento. También se puede utilizar el valor mayor de los valores medidos por el anemómetro L y el anemómetro R como un sustituto de la velocidad del viento.

El gráfico que muestra la relación entre la ratio de las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  mostrado en la Fig. 3 puede ser empleado como los datos de correlación de la ratio de velocidad del viento. En el gráfico de la Fig. 3, la coordenada vertical es “la velocidad del viento” y la coordenada horizontal es el “ángulo de orientación  $\phi$  (grados)”. Los valores de “la velocidad del viento” de la coordenada vertical en la Fig. 3 son ratios (valores no dimensionales) de los valores medidos de la velocidad del viento inalterados por la turbina eólica. La curva L y la curva R de la Fig. 3 son las mismas que la curva L y la curva R de la Fig. 2 (sólo cambia la escala de la coordenada vertical).

En la Fig. 3 se forma una curva B mediante el trazado de un punto en un gráfico en un valor que iguala el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L dividido por el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R (ratio de las velocidades del viento), respectivamente cuando el ángulo de orientación  $\phi$  es de “-30 grados”, “-15 grados”, “0 grados”, “15 grados”, y “30 grados” y uniendo esos puntos con una curva de aproximación. La ratio de las velocidades del viento se corresponde con el ángulo de orientación  $\phi$  debido a la curva B. El ángulo de orientación  $\phi$  se puede estimar utilizando la curva B y la ratio de velocidades del viento calculada a partir de la medición de los valores de la velocidad del viento por el anemómetro L y el anemómetro R. Por ejemplo, si la ratio de las velocidades del viento es “2”, el ángulo de orientación  $\phi$  se estima en “cerca de 15 grados” (ver la Fig. 3).

A continuación se describirá un método para el control de la orientación de la turbina eólica de eje horizontal 1.

El dispositivo de control de la turbina eólica de eje horizontal 1 calcula la diferencia (diferencia de las velocidades del viento) entre un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R (paso para calcular la diferencia de las velocidades del viento). Luego el dispositivo de control estima el ángulo de orientación  $\phi$  utilizando la curva A del gráfico que muestra la relación entre la diferencia de las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  (ver Fig. 2) guardados en la memoria y la diferencia de velocidades del viento calculada en el paso para calcular la diferencia de velocidades del viento (paso para estimar el ángulo de orientación).

El dispositivo de control hace girar el rotor 4 en un plano sustancialmente horizontal en función del ángulo de orientación  $\phi$  estimado en el paso para estimar el ángulo de orientación. Concretamente hablando, en el caso de que el ángulo de orientación  $\phi$  sea positivo (+), es decir, en el caso de que un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L sea mayor que el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R, dado que el viento sopla del lado izquierdo de la góndola 3, el eje del rotor X del rotor 4 es rotado hacia el anemómetro L de tal manera que el ángulo de orientación  $\phi$  pasa a ser de 0 grados. Así, cuando el ángulo de orientación se aproxima a alrededor de 0 grados (cuando el rotor 4 casi encara la dirección del viento), el rotor se detiene.

Por otro lado, en el caso de que el ángulo de orientación  $\phi$  sea negativo (-), es decir, en el caso de que un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R sea mayor que el valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L, dado que el viento sopla del lado derecho de la góndola 3, el eje de rotor X del rotor 4 es rotado hacia el anemómetro L de tal manera que el ángulo de orientación  $\phi$  converja en 0 grados. Así, cuando el ángulo de orientación  $\phi$  se acerca a aproximadamente 0 grados, el rotor se detiene (paso para controlar el ángulo de orientación).

Se podrá adoptar un paso para calcular la ratio (ratio de las velocidades del viento) entre los valores de la velocidad del viento medida por los anemómetros L y R (paso para calcular la ratio de las velocidades del viento) en lugar del paso para calcular una diferencia de las velocidades del viento. En este caso, el dispositivo de control estima el ángulo de orientación  $\phi$  utilizando la curva B del gráfico que muestra la relación entre la ratio entre las velocidades del viento y el ángulo de orientación  $\phi$  (ver Fig. 3) guardados en la memoria y con la ratio de velocidades del viento calculada en el paso para calcular la ratio de velocidades del viento.

La turbina eólica de eje horizontal 1, según la forma de realización descrita anteriormente, comprende la góndola 3 que tiene una forma simétrica con respecto a un plano imaginario V incluyendo el eje de rotor X de un rotor 4 y extendiéndose en dirección vertical, y los dos anemómetros (anemómetro L y anemómetro R) dispuestos en las posiciones de los dos lados de la góndola 3, que sustancialmente están opuestas la una con respecto a la otra con el plano imaginario V entre ellas. En consecuencia, se genera una diferencia en las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros sin importar la presencia o ausencia de un flujo ascendente cuando el rotor no está orientado opuesto a la dirección del viento. El dispositivo de control puede estimar el ángulo de orientación  $\phi$  en base a la diferencia (o la ratio) entre las velocidades del viento medidas así por los dos anemómetros (el anemómetro L y el anemómetro R), y rotar el rotor 4 en el plano sustancialmente horizontal de tal manera que el ángulo de orientación  $\phi$  converja en 0 grados (el rotor 4 está orientado opuesto a la dirección del viento).

Por consiguiente, es posible lograr un control exacto de la orientación utilizando los dos anemómetros (anemómetro L y anemómetro R) en el caso de la turbina eólica de eje horizontal 1 instalada en un sitio donde se suele generar un flujo ascendente. Además, no es necesario un sensor de orientación porque el control de la orientación se puede realizar mediante dos anemómetros, y, en consecuencia, se facilita el mantenimiento y es posible economizar el costo que sería necesario para la producción y el acoplamiento de un sensor de orientación.

La forma de realización descrita anteriormente adopta la lógica de control de estimar el ángulo de orientación  $\phi$  utilizando los datos de correlación de la diferencia o la ratio entre las velocidades del viento y la rotación del eje de rotor X de tal manera que el ángulo de orientación  $\phi$  converja en 0 grados. Mientras tanto, también es posible realizar el control del ángulo de orientación  $\phi$  del rotor 4 tomando como referencia solo los valores de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y el anemómetro R.

Por ejemplo, se determina si la diferencia (diferencia de velocidad de viento) entre un valor medido por el anemómetro L y un valor medido por el anemómetro R no supera un umbral predeterminado (un paso para determinar la diferencia de las velocidades del viento). Si la diferencia de las velocidades del viento no supera el umbral, se determina que el rotor 4 está dirigido en la dirección del viento, y entonces termina el control. Mientras tanto, si la diferencia de las velocidades del viento supera dicho umbral, el eje de rotor X es rotado hacia el anemómetro que mide un valor más alto que el otro anemómetro. Entonces la diferencia de las velocidades del viento no supera el umbral, se determina que el rotor 4 está dirigido en la dirección del viento, y entonces se detiene el rotor 4 (paso para el control de la orientación).

En cuanto al control descrito anteriormente, se determina si el eje de rotor X está rotado o no en base a la diferencia de las velocidades del viento. Sin embargo, un valor para determinar si el eje de rotor X está rotado o no, que se conoce como un valor de determinación de control, no se limita a la diferencia o ratio de las velocidades del viento.

La adopción de la lógica de control permite el control de la orientación con una lógica de control muy sencilla utilizando los valores de las velocidades del viento medidas por dos anemómetros (el anemómetro L y el anemómetro R), sin utilizar datos de correlación de la diferencia entre las velocidades del viento o datos de correlación de la ratio entre las velocidades del viento, y sin un paso para estimar el ángulo de orientación. También se puede hacer que el rotor 4 sea orientado opuesto a la dirección del viento, rotando el rotor 4 para igualar un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro L y un valor de la velocidad del viento medida por el anemómetro R. Esta lógica de control corresponde al caso de que el umbral descrito anteriormente de la diferencia de las velocidades del viento esté configurada en “cero”.

Además, en cuanto a la forma de realización de la presente invención, la diferencia o la ratio de las velocidades del viento podrá ser sustituida por un valor calculado a partir de las velocidades del viento por una función adecuada tal como una función logarítmica o una combinación adecuada de funciones.

## Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citadas por el solicitante sirve sólo como ayuda al lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha prestado mucha atención en la compilación de las mismas no se puede evitar incurrir en errores u omisiones, declinando la OEP toda responsabilidad a este respecto.

## Documentos de patente citados en la descripción

- EP 1505299 A [0008] [0009]
- US 5289041 A [0011]

## REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica de eje horizontal de tipo a barlovento, compuesta por:

- un rotor (4) para la rotación alrededor de un eje de rotor X que se extiende en una dirección horizontal, el rotor (4) siendo girado en un plano horizontal según una dirección del viento;
- una góndola (3) que tiene una forma simétrica con respecto a un plano imaginario (V) que incluye el eje de rotor X y extendiéndose en dirección vertical;
- dos anemómetros (L, R) montados en la góndola (3), y
- un controlador para controlar un ángulo de orientación ( $\phi$ ) de un rotor (4) en base a las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (L, R).
- en la que los dos anemómetros (L, R) se disponen en posiciones en las dos partes laterales de la góndola (3), donde las posiciones están opuestas entre sí a través del plano imaginario (V).

2. Turbina eólica según la reivindicación 1,

en la que el controlador se adapta para comparar las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (L, R) y gira el rotor (4) hacia un anemómetro (L, R) que mide una velocidad del viento superior a la que mide el otro anemómetro (R, L).

3. Turbina eólica según la reivindicación 1,

en la que el controlador se adapta para estimar el ángulo de orientación ( $\phi$ ) del rotor (4) en base a la velocidad del viento medida por los dos anemómetros (L, R) y gira el rotor (4) de manera que el ángulo de orientación ( $\phi$ ) estimado converja en 0 grados.

4. Turbina eólica según la reivindicación 1,

en la que el controlador se adapta para estimar el ángulo de orientación ( $\phi$ ) del rotor (4) en base a por lo menos una diferencia y una ratio de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (R, L) y gira el rotor (4) de manera que el ángulo de orientación ( $\phi$ ) estimado converja en 0 grados.

5. Método para controlar la turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, el método comprendiendo los siguientes pasos:

- estimar el ángulo de orientación ( $\phi$ ) de un rotor (4) en base a las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (L, R); y
- girar el rotor (4) de modo que el ángulo de orientación ( $\phi$ ) estimado converja en 0 grados.

6. Método según la reivindicación 5, el método comprendiendo los siguientes pasos:

- estimar el ángulo de orientación ( $\phi$ ) de un rotor (4) en base a por lo menos una de entre una diferencia y una ratio de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (R, L); y
- girar el rotor (4) de modo que el ángulo de orientación ( $\phi$ ) estimado converja en 0 grados.

7. Método según la reivindicación 5, el método comprendiendo los siguientes pasos:

- determinar si la diferencia de las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (L, R) no supera un umbral predeterminado;
- girar el rotor (4) hacia un anemómetro (L, R), que mide una velocidad del viento superior a la que mide el otro anemómetro (R, L), cuando la diferencia de las velocidades del viento excede el umbral, y
- detener el giro del rotor (4) cuando la diferencia de las velocidades del viento se reduce y ya no supera el umbral.



## ES 2 355 804 T3

8. Método según la reivindicación 5, el método comprendiendo el siguiente paso:

- girar el rotor (4) para igualar las velocidades del viento medidas por los dos anemómetros (L, R).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

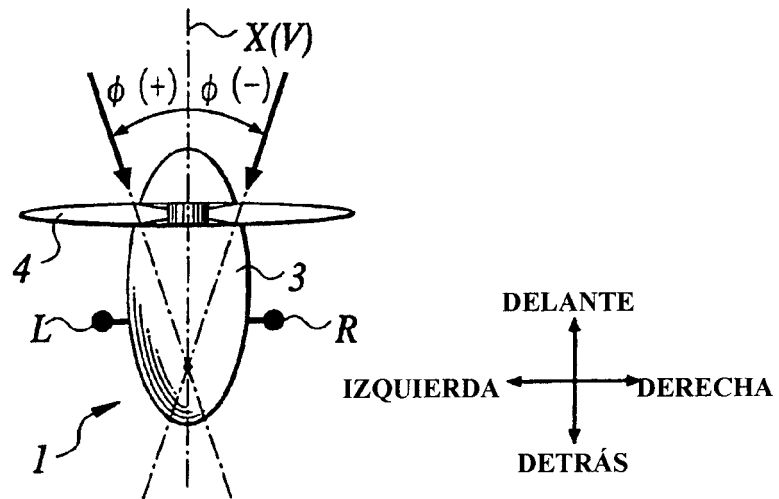
50

55

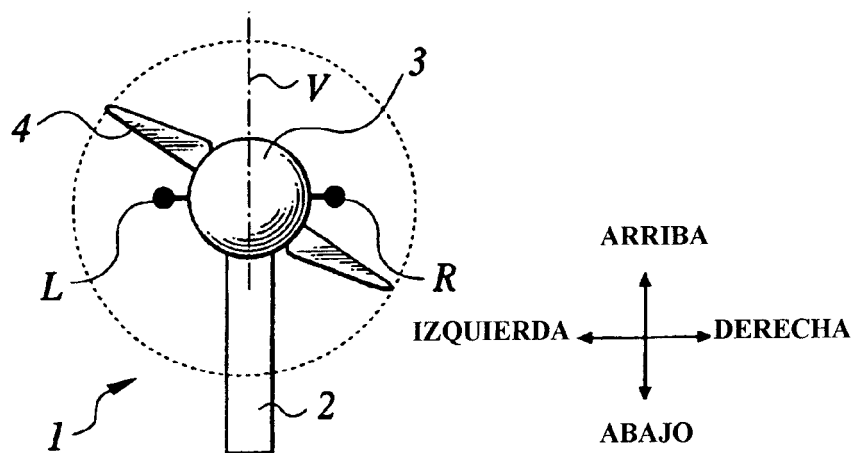
60

65

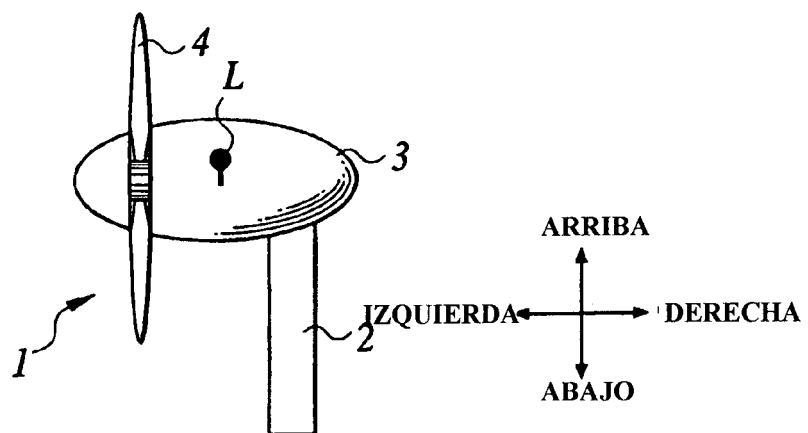
**FIG.1A**



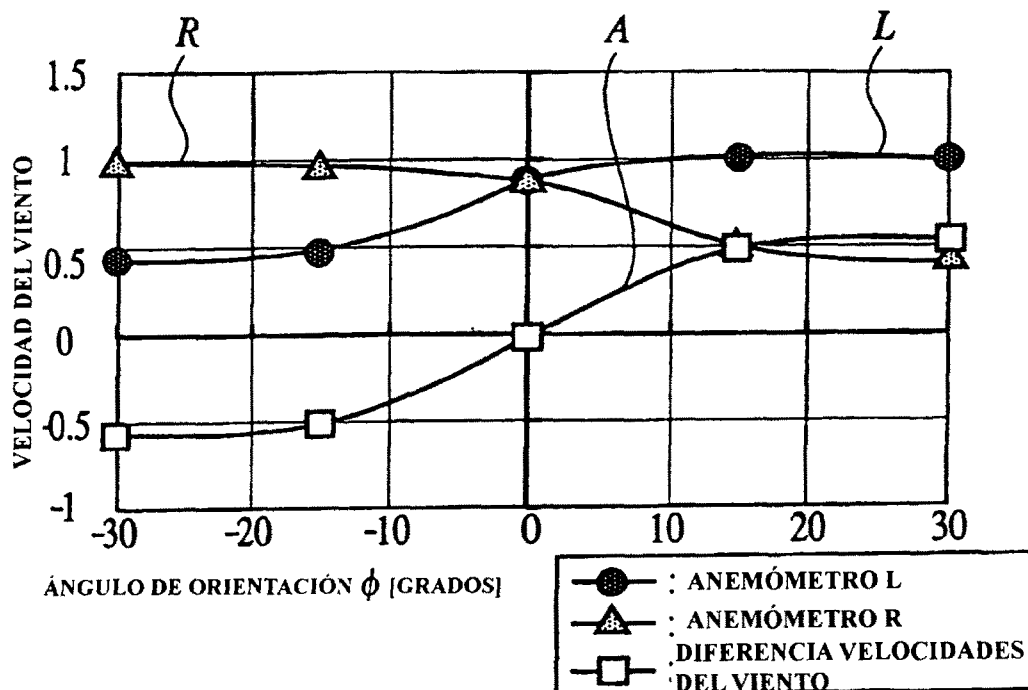
**FIG.1B**



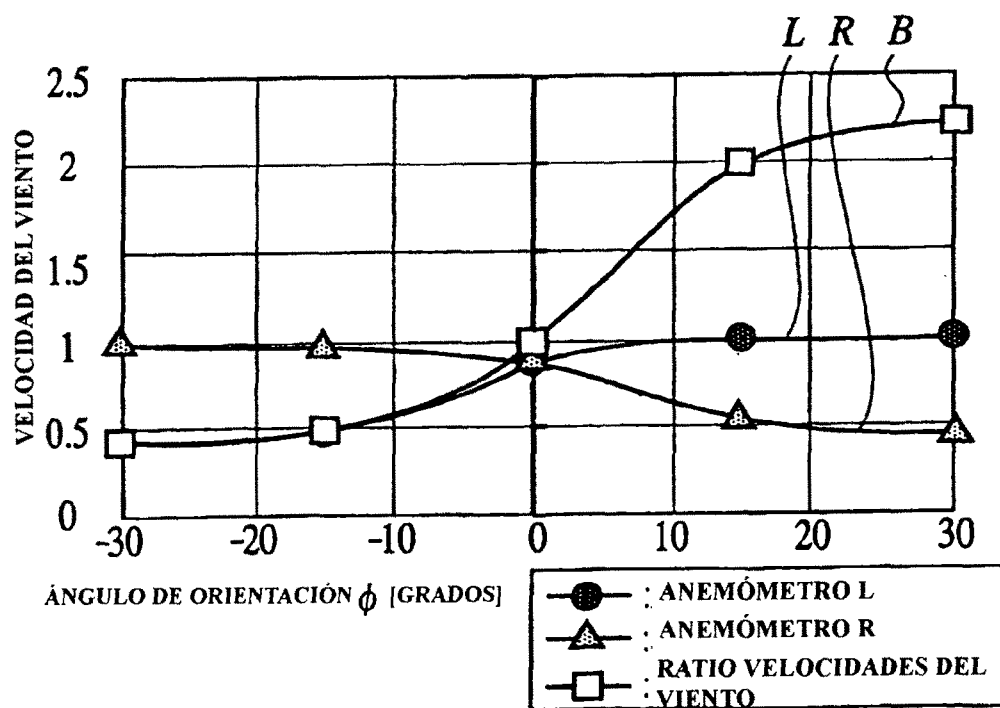
**FIG.1C**



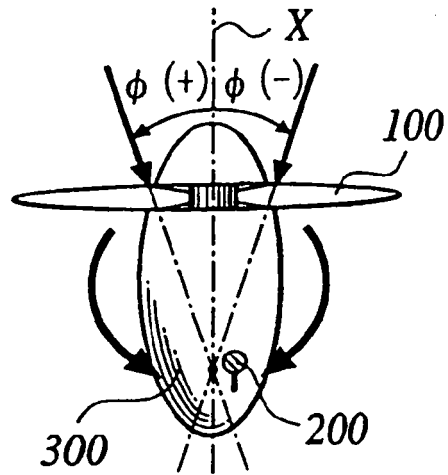
**FIG.2**



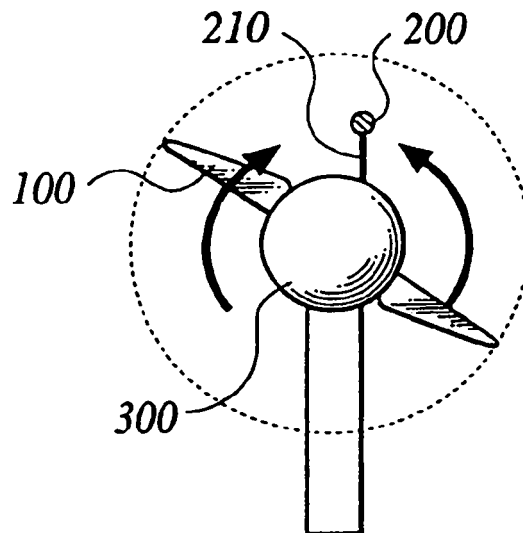
**FIG.3**



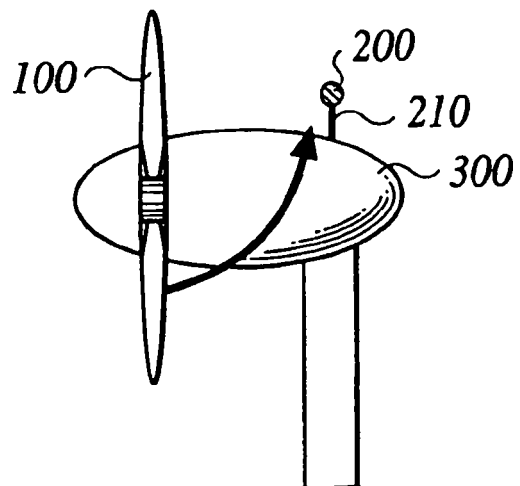
**FIG.4A**



**FIG.4B**



**FIG.4C**



**FIG.5**

