



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 293 995**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**B64C 27/00** (2006.01)

**B64C 27/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01936329 .0**

86 Fecha de presentación : **05.05.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1301707**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2003**

54

Título: **Procedimiento para determinar el ángulo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica.**

30

Prioridad: **04.07.2000 DE 100 32 314**

73

Titular/es: **Aloys Wobben**  
**Argestrasse 19**  
**26607 Aurich, DE**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.04.2008**

72

Inventor/es: **Wobben, Aloys**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.04.2008**

74

Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 293 995 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar el ángulo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica.

5 En las instalaciones de energía eólica, reguladas por el cambio del ángulo de paso, se pueden ajustar los ángulos de las palas de rotor de forma sincrónica (solución estándar) o independiente entre sí. La solución para el ajuste independiente entre sí se describe en la solicitud de patente DE19731918. Esta solución se puede denominar también ajuste individual online de la pala. Tanto en la solución estándar como en el ajuste individual online de la pala es importante que se pueda ajustar un ángulo inicial de la pala (por ejemplo, la puesta en bandera o el ángulo máximo de la pala) con suficiente exactitud.

10 El documento WO98/42980 muestra una instalación de energía eólica con un sistema de medición para medir la velocidad del viento delante de la instalación de energía eólica. El sistema de medición presenta un sistema de anemometría láser. El sistema sirve para registrar la velocidad del viento en la zona situada delante de la instalación de energía eólica.

15 En el caso del funcionamiento sincrónico hay que garantizar además que todas las palas estén ajustadas en el mismo ángulo, es decir, que el ángulo relativo de las palas de rotor entre sí sea igual a cero.

20 Las puestas en bandera de los ángulos del rotor pueden provocar un funcionamiento erróneo (diagrama falso de potencia del número de revoluciones) o desequilibrios (y por tanto, oscilaciones de la torre). Esto provoca también cargas elevadas de los componentes de la instalación.

25 Estos desajustes se pueden originar, por ejemplo, debido a tolerancias de fabricación (o errores de fabricación), por ejemplo, marcas desplazadas de cero grado o bornes desplazados de conexión de la pala.

30 Si después de la puesta en marcha de la instalación de energía eólica existe la sospecha de ajustes erróneos del ángulo de la pala, se trabaja hasta el momento con plantillas de pala. Éstas se desplazan por las puntas de la pala hasta una zona definida de la pala de rotor. Un sensor en la plantilla mide en caso de una posición horizontal de la pala el ángulo del plano de la pala respecto a la superficie de la tierra (ángulo vertical). Mediante un giro ulterior de 180° del rotor y la nueva medición se determinan ladeos eventuales de la torre o ángulos existentes del eje del rotor y se obtiene el ángulo absoluto de la respectiva pala de rotor.

35 Aunque el sistema sensor permite en la actualidad una transmisión inalámbrica de datos, este método resulta muy costoso, teniendo en cuenta, sobre todo, las grandes palas de rotor y las grandes plantillas que se necesitan para esto.

40 La invención tiene el objetivo de evitar las desventajas descritas antes, por lo que es posible una determinación más rápida del respectivo ángulo de pala, los resultados son más exactos que los obtenidos hasta ahora y también es posible una medición desde el suelo, debiendo tener todo el equipo de medición una construcción simple, lo que posibilita también un transporte fácil del equipo de medición (equipamiento de medición).

45 El objetivo planteado se consigue mediante un procedimiento con la característica según la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se describen variantes ventajosas.

La invención se describe detalladamente a continuación por medio de un ejemplo de realización representado en el dibujo.

Muestran:

50 Fig. 1 la vista de una instalación de energía eólica con un rotor, que soporta varias palas de rotor, y una torre.

Fig. 2 el corte transversal a través de una instalación de energía eólica a lo largo de la línea A-A de la figura 1 y

55 Fig. 3-4 diagramas de medición para la exploración de una pala de rotor.

En la torre 1 de la instalación 2 de energía eólica (por ejemplo, instalación sin engranaje) está colocado un sensor láser 3 de distancia como dispositivo de medición de distancia. En caso de estar funcionando la instalación, o sea, cuando una pala de rotor se mueve por delante de la torre, el sensor de distancia (figura 2) mide continuamente la distancia 5 entre el sensor y la pala. Mientras que una pala se mueve por delante de la torre, se explora su superficie con el láser varias veces (por ejemplo, 40 veces) y se miden las diferentes distancias individuales (la pala no tiene un grosor unificado en el perfil transversal, según la representación, sino que su canto delantero es más grueso que el canto trasero de la pala de rotor).

65 Los datos medidos aquí (valores de distancia entre el sensor y la respectiva superficie explorada de la pala de rotor) se almacenan y procesan en un ordenador. Mediante funciones matemáticas, por ejemplo, rectas de regresión, se pueden determinar ahora en el ordenador los ángulos de pala de las palas de rotor. En este caso se puede determinar con extrema exactitud el ángulo entre la pala y el sensor de distancia.

## ES 2 293 995 T3

La figura 3 muestra la representación del valor de medición al explorarse una pala, indicándose en el ejemplo representado aproximadamente 40 puntos de medición con una separación de aproximadamente 1 mm. La forma de la curva preestablece el perfil inferior de la pala. La distancia entre la hoja y el láser (sensor de distancia) se señala con el eje Y.

5

El cálculo del ángulo entre el láser y la pala se puede observar en la representación según la figura 4. A tal efecto, la sección trasera de la pala (aproximadamente 30% a 95%) se considera como recta en una primera aproximación para calcular el ángulo de la pala. De este intervalo se determina la recta de regresión que se debe adaptar de forma óptima entre los puntos de medición  $n = 30^\circ$  y  $n = 95^\circ$ . La inclinación de las rectas (a) de regresión es una medida del ángulo de la pala. La inclinación se calcula según la siguiente fórmula:

10

15

$$a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \left(\sum_{i=1}^n X_i\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)}{n \cdot \left(\sum_{i=1}^n X_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}$$

20

El ángulo entre el láser y la pala (en grado) se determina ahora mediante  $\alpha(^{\circ}) = \arctan(a)$ .

25

Para mejorar la exactitud de la medición del procedimiento según la invención se miden varios recorridos de la pala y se determinan los datos. Los resultados de la medición de las palas individuales se comparan a continuación entre sí. Por medio de estos ángulos relativos se realiza la compensación, es decir, las palas se ajustan al mismo ángulo, por lo que el ángulo relativo será igual a cero.

30

Con el fin de poder determinar el ángulo “real” de la pala, es decir, el ángulo entre la pala y el buje de la pala, hay que conocer el ángulo entre el rayo láser y el buje o estos tienen que estar compensados. A partir del ángulo “pala respecto al rayo láser” y del ángulo “bujes respecto al rayo láser” se puede determinar a continuación el ángulo real de la pala.

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 293 995 T3

## REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para determinar exactamente el ángulo de paso de al menos una pala de rotor de una instalación de energía eólica con los pasos:

- Medición de la distancia respectivamente entre una pluralidad de puntos sobre la superficie de una de las palas de rotor y una torre de la instalación de energía eólica durante el movimiento de la pala de rotor por delante de la torre, realizándose la medición mediante un dispositivo de medición de distancia que está fijado en la torre,

10 - procesamiento de los datos medidos en un ordenador y

- determinación del ángulo de paso entre la pala de rotor y la torre por medio de los datos procesados en el ordenador.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se determinan los ángulos de paso de todas las palas de rotor, realizándose mediciones en varios recorridos de pala.

20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el dispositivo de medición de distancia presenta un sensor láser de distancia.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque para determinar el ángulo real de paso se determina el ángulo entre el rayo láser del sensor láser de distancia y el buje de la instalación de energía eólica.

25 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque para determinar el ángulo real de paso de la pala de rotor se mide el ángulo entre la pala de rotor y el rayo láser, así como el ángulo entre el buje y el rayo láser.

30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la distancia entre el dispositivo de medición de distancia y la pala de rotor se mide en varias zonas de la pala de rotor a lo largo de una línea superficial a lo largo de la sección transversal de la pala de rotor.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el dispositivo de medición de distancia no está colocado en la torre de la instalación de energía eólica, sino en el suelo o en otra posición predefinida.

35 8. Procedimiento para ajustar un ángulo de paso de una pala de rotor de una instalación de energía eólica con los pasos:

40 - Determinación de los ángulos de paso de las respectivas palas de rotor de la instalación de energía eólica conforme a uno de los procedimientos según la reivindicación 1 a 7,

- comparación de los ángulos de paso de las respectivas palas de rotor y creación de un valor promedio de los ángulos de paso de las palas de rotor y

45 - ajuste de los ángulos de paso de cada pala de rotor para compensar entre sí los ángulos de paso de las palas individuales de rotor, por lo que los ángulos de paso de las palas de rotor son iguales a cero entre sí.

50 9. Uso de un dispositivo de medición de distancia que determina las distancias respectivamente entre puntos sobre la superficie de una pala de rotor y una torre de una instalación de energía eólica para determinar el ángulo de paso relativo y/o real de una pala de rotor de una instalación de energía eólica, midiéndose las distancias entre los puntos sobre la superficie de la pala de rotor y la torre mientras que la pala de rotor se mueve por delante de la torre.

55 10. Uso según la reivindicación 9, **caracterizado** porque el dispositivo de medición de distancia presenta un dispositivo sensor láser de distancia.

55

60

65

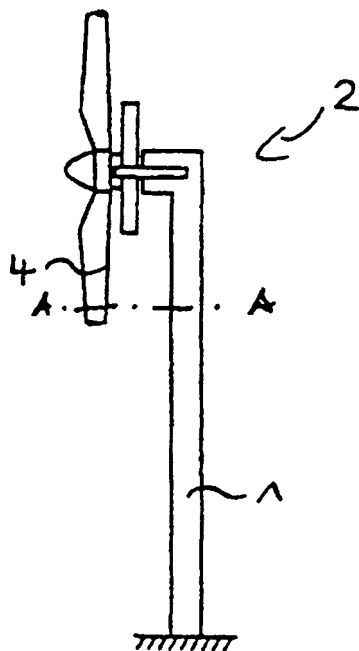


Fig. 1

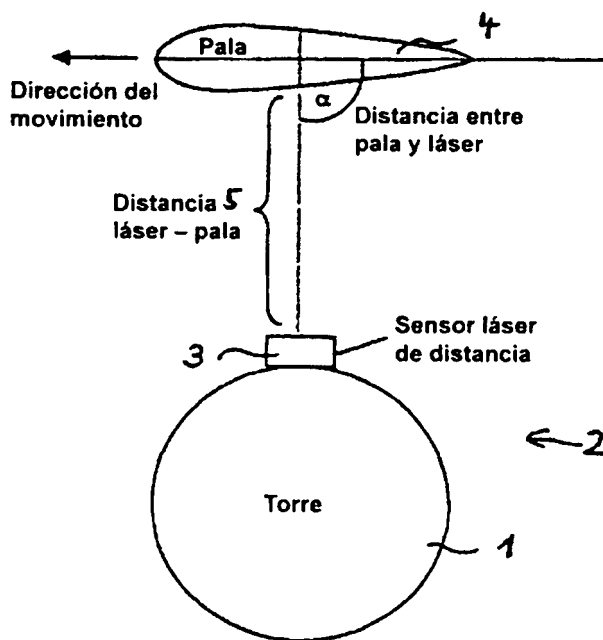


Fig. 2

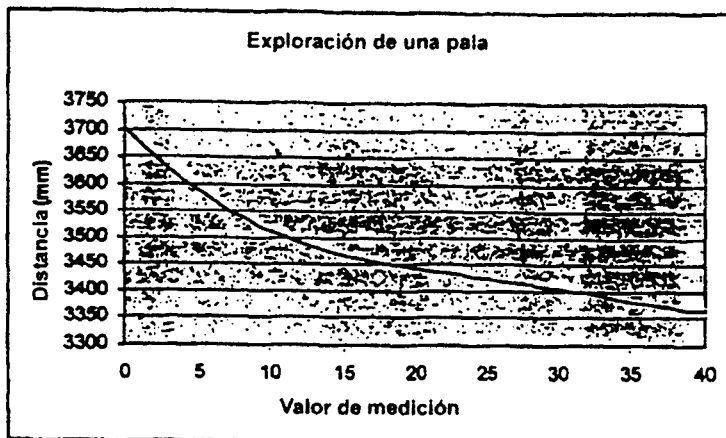


Fig. 3

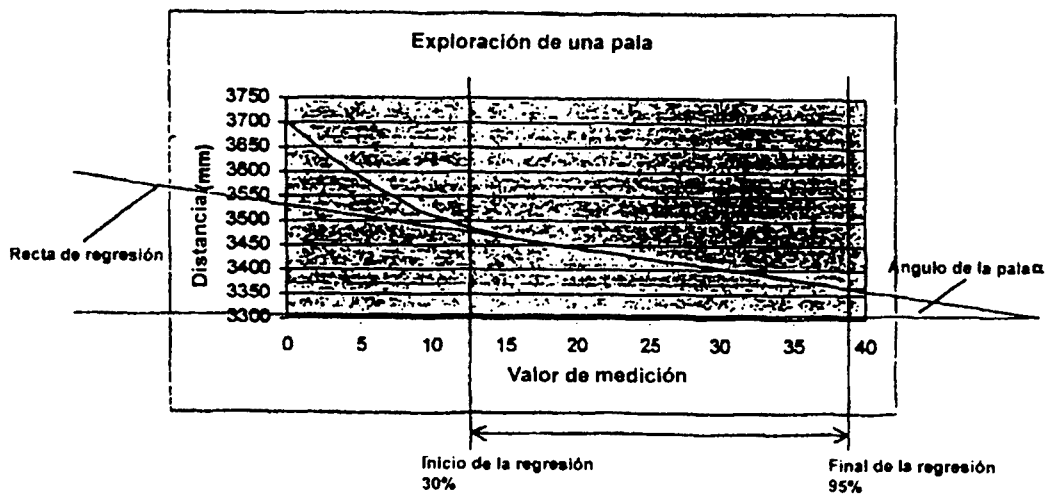


Fig. 4