

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 674**

51 Int. Cl.:

H02K 7/18 (2006.01)

H02K 11/00 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2010** **E 10165444 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013** **EP 2261504**

54 Título: **Sistema de energía eólica para generar electricidad y método de control relativo**

30 Prioridad:

10.06.2009 IT MI20091029

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

13.01.2014

73 Titular/es:

**WILIC S.À.R.L (100.0%)
1, Boulevard de la Foire
1528 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

STOCKNER, GUNTHER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 437 674 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

Sistema de energía eólica para generar electricidad y método de control relativo

La presente invención se refiere a un sistema de energía eólica para generar electricidad y a un método de control relativo.

- 5 Más específicamente, la presente invención se refiere a un sistema de energía eólica para generar electricidad que comprende una barquilla; un conjunto rotatorio que gira alrededor de un eje con respecto a la barquilla; y un dispositivo de detección de velocidad angular para detectar la velocidad angular del conjunto rotatorio.

El sistema de energía eólica para generar electricidad comprende un buje; un número de palas fijadas al buje; y una máquina eléctrica que comprende un estátor y un rotor.

- 10 En el uso real, el viento sopla sobre las palas para hacer girar el buje alrededor del eje, y de este modo transferir la energía cinética del viento al buje; y la rotación del buje se transfiere a la máquina eléctrica, en particular al rotor que está conectado a y gira con el buje alrededor del eje.

El buje, las palas y el rotor definen el conjunto rotatorio.

- 15 La velocidad angular del conjunto rotatorio debe detectarse para controlar el sistema de energía eólica. Más específicamente, la velocidad angular del rotor debe detectarse para controlar un inversor acoplado a la máquina eléctrica, y/o para controlar el paso de las palas con respecto al viento, y/o para calcular el coeficiente de energía del sistema, y/o para monitorizar el funcionamiento y la eficacia del sistema, y/o para mantener una velocidad angular máxima.

- 20 El dispositivo de detección de velocidad angular más empleado habitualmente en los sistemas de energía eólica es un codificador, del que hay diversos tipos. Los más usados habitualmente son los codificadores incrementales y absolutos, que comprenden un fotodetector o un sensor de proximidad.

Los codificadores incrementales y absolutos comprenden un disco, cuya cara lateral tiene al menos una sucesión de agujeros dispuestos en al menos un círculo; y un dispositivo para detectar los agujeros. El disco está fijado al conjunto rotatorio, y el dispositivo de detección de agujeros está fijado a la barquilla.

- 25 Un disco de codificador incremental tiene al menos una sucesión de agujeros espaciados por igual, y el dispositivo de detección de agujeros comprende al menos un sensor de proximidad al lado del disco, o al menos una fuente de luz y al menos un fotodetector a cada lado del disco.

A medida que el disco gira, el dispositivo de detección de agujeros detecta los agujeros y genera una señal que indica la distancia angular recorrida y la velocidad angular del disco, y por lo tanto del conjunto rotatorio.

- 30 Algunos codificadores incrementales tienen al menos dos sensores de proximidad o al menos dos fotodetectores, y agujeros dispuestos en al menos dos círculos, y detectan la dirección de rotación del disco.

- 35 En los codificadores absolutos, por otro lado, los orificios están dispuestos de manera desigual en una configuración determinada en al menos dos círculos, y el dispositivo de detección de agujeros comprende al menos dos fotodetectores o al menos dos sensores de proximidad. Los codificadores absolutos procesan las señales de los sensores de proximidad o los fotodetectores para determinar la posición angular con respecto a una referencia fija.

Un problema del uso de codificadores en los sistemas de energía eólica de transmisión directa se encuentra en el codificador que requiere un disco grande fijado al conjunto rotatorio.

- 40 En algunos sistemas de energía eólica de transmisión directa, el rotor y el buje son huecos, están conectados directamente entre sí, y tienen diámetros internos que permiten el acceso de los trabajadores al interior para el mantenimiento o la inspección. En tales casos, el uso de un codificador requiere un disco fijado al conjunto rotatorio y lo suficientemente grande como para permitir un fácil acceso, lo que plantea dos problemas: el peso del disco en sí, y la precisión con la que se forman los agujeros, que afecta a la exactitud con la que se determina la velocidad angular. Además, los codificadores son sensibles a la vibración provocada por las palas; y los agujeros son objeto de la obstrucción por suciedad, perjudicando de este modo la fiabilidad del dispositivo de detección de agujeros.

- 45 Otros ejemplos de un sistema de energía eólica para generar electricidad se desvelan en los documentos FR 2882404, US 2006/000269, US 2008/303281; US 2004/151575, y EP 1832743.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de energía eólica equipado con un dispositivo de detección de velocidad angular diseñado para eliminar los inconvenientes de la técnica conocida.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de energía eólica para generar electricidad que comprende una barquilla; un conjunto rotatorio que gira alrededor de un eje con respecto a la barquilla; y un dispositivo de detección de velocidad angular para detectar la velocidad angular del conjunto rotatorio, estando el sistema de energía eólica caracterizado por que comprende al menos un sensor de imagen orientado hacia una superficie del conjunto rotatorio y fijado a la barquilla para adquirir imágenes de partes de la superficie del conjunto rotatorio, y por que dicha superficie es una superficie anular o cilíndrica y tiene propiedades ópticas no uniformes. Usando un sensor de imagen, el conjunto rotatorio ya no necesita estar equipado con un disco con al menos una sucesión de agujeros. De hecho, puede usarse cualquier superficie existente del conjunto rotatorio en combinación con el sensor de imagen para detectar la velocidad angular, y por lo tanto puede seleccionarse por motivos de simplificación de la instalación del sensor de imagen.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método para controlar un sistema de energía eólica, diseñado para eliminar los inconvenientes de la técnica conocida.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para controlar un sistema de energía eólica para generar electricidad; comprendiendo el sistema de energía eólica una barquilla, y un conjunto rotatorio que gira alrededor de un eje con respecto a la barquilla; y estando el método caracterizado por comprender las etapas de adquirir imágenes de una superficie anular o cilíndrica del conjunto rotatorio; recubrir la superficie, de modo que la superficie tenga propiedades ópticas no uniformes; y determinar la velocidad angular del conjunto rotatorio en base a las imágenes adquiridas.

Una realización no limitante de la presente invención se describirá a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una vista lateral parcialmente seccionada, con partes retiradas para mayor claridad, de un sistema de energía eólica de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 muestra una vista lateral parcialmente seccionada, a mayor escala, con partes retiradas para mayor claridad, de un detalle del sistema de energía eólica de la figura 1;

La figura 3 muestra una vista en perspectiva parcialmente seccionada, a mayor escala, con partes retiradas para mayor claridad, de un detalle del sistema de energía eólica de la figura 1.

El número 1 en la figura 1 indica un sistema de energía eólica para generar electricidad.

En el ejemplo mostrado, el sistema 1 es un sistema de energía eólica de transmisión directa y velocidad angular variable.

El sistema 1 de energía eólica comprende una torre 2, una barquilla 3, un buje 4, tres palas 5, una máquina 6 eléctrica, un dispositivo 7 de detección de velocidad angular (figura 2), y un dispositivo 8 de control (figura 2).

Las tres palas 5 están fijadas al eje 4, que a su vez está fijado a la barquilla 3, a su vez fijada a la torre 2.

La barquilla 3 se monta para girar alrededor de un eje A1 con respecto a la torre 2 para colocar las palas 5 orientadas hacia el viento; el buje 4 se monta para girar alrededor de un eje A2 con respecto a la barquilla 3; y cada pala 5 se monta para girar alrededor de un eje A3 respectivo con respecto al buje 4.

Con referencia a la figura 2, el buje 4 comprende un árbol 9 hueco y un cuerpo 10, que están conectados rígidamente entre sí y tienen diámetros internos lo suficientemente grandes para permitir que un trabajador acceda al interior para el mantenimiento o la inspección.

El árbol 9 hueco está fijado, en los cojinetes 11, a la barquilla 3 y conectado directamente a la máquina 6 eléctrica.

La máquina 6 eléctrica comprende un estátor 12 y un rotor 13. El estátor 12 define una parte de la barquilla 3 y comprende los enrollamientos 14 de estátor; y el rotor 13 es hueco, comprende unos imanes 15 permanentes, y está fijado directamente al árbol 9 hueco.

En el ejemplo mostrado, la máquina 6 eléctrica es sincrónica.

El viento hace girar el buje 4 alrededor del eje A2; la rotación del buje 4 se transfiere a y hace girar, de este modo, el

rotor 13 alrededor del eje A2; y el movimiento relativo de los imanes 15 permanentes con respecto a los enrollamientos 14 de estátor, en la forma de la rotación del rotor 13 a una velocidad angular variable, induce tensión en los terminales de los enrollamientos 14 de estátor.

5 El buje 4, la palas 5 y el rotor 13 son integrales entre sí, y definen un conjunto 16 rotatorio que gira alrededor del eje A2 con respecto a la barquilla 3.

10 Con referencia a la figura 1, el paso de cada la pala 5 con respecto al viento se controla mediante la rotación de la pala 5 alrededor del eje A3 respectivo para ajustar la superficie de incidencia con respecto al viento. En el ejemplo mostrado, cada eje A3 es sustancialmente perpendicular a y radial con respecto al eje A2. La rotación de cada pala 5 alrededor del eje A3 respectivo se controla en base a los parámetros de eficacia del sistema 1 de energía eólica, y con el fin de mantener el conjunto 16 rotatorio a una velocidad angular máxima.

La velocidad angular se detecta mediante el dispositivo 7 de detección de velocidad angular (figura 2).

Con referencia a las figuras 2 y 3, el dispositivo 7 de detección de velocidad angular comprende un sensor 18 de imagen orientado hacia una superficie 19 del conjunto 16 rotatorio; dos fuentes 20 de luz; y una unidad 21 de procesamiento de imágenes (figura 2).

15 En el ejemplo de la figura 3, el sensor 18 de imagen es una cámara de televisión, que está fijada a un soporte 22 fijado a la barquilla 3 (figura 2), y está alojado dentro de la barquilla 3, cerca de la máquina 6 eléctrica (figura 2).

La cámara de televisión se coloca para adquirir imágenes de partes de la superficie 19 del rotor 13. En las figuras 2 y 3, la superficie 19 es una superficie anular del rotor 13, situada en el extremo de los imanes 15 permanentes.

En una realización alternativa no mostrada en los dibujos adjuntos, la superficie 19 es cilíndrica.

20 La superficie 19 es una superficie con propiedades ópticas no uniformes, por ejemplo una superficie rugosa irregular.

En otras realizaciones, la superficie 19 se recubre, por ejemplo, para mejorar la rugosidad de la superficie 19, o con un recubrimiento de color desigual. Más específicamente, el recubrimiento puede ser de pintura.

25 Las fuentes 20 de luz se colocan adyacentes al sensor 18 de imagen y orientadas hacia la superficie 19, y cada una puede ser de cualquier tipo, por ejemplo, una lámpara incandescente, una lámpara fluorescente, una lámpara halógena, uno o más LED, o un láser.

Más específicamente, las fuentes 20 de luz están situadas en lados opuestos del sensor 18 de imagen y colocadas de modo que los haces de luz emitidos converjan en un área de la superficie 19 cubierta por el sensor 18 de imagen. Más específicamente, las fuentes 20 de luz son equidistantes del sensor 18 de imagen. Además, las fuentes 20 de luz son equidistantes del área de la superficie 19 cubierta por el sensor 18 de imagen.

30 Con referencia a las figuras 2 y 3, el sensor 18 de imagen está acoplado a la unidad 21 de procesamiento de imágenes, adquiere imágenes a una velocidad de adquisición determinada (fotogramas/segundo), y las transmite a la unidad 21 de procesamiento de imágenes. Más específicamente, cada imagen se adquiere en forma digital y se define por una matriz de píxeles; y se determina la velocidad de adquisición en base a la velocidad angular máxima del rotor 13, y más específicamente de manera que, cuando el rotor 13 gira a la velocidad angular máxima, se superponen dos imágenes adquiridas consecutivamente.

35 La unidad 21 de procesamiento de imágenes procesa las imágenes usando un algoritmo de procesamiento de imágenes.

40 El algoritmo de procesamiento de imágenes determina, en imágenes superpuestas, los elementos de imagen correspondientes a la misma parte de la superficie 19, es decir, determina los diferentes conjuntos de píxeles que representan la misma parte de la superficie 19 en las imágenes superpuestas.

El algoritmo de procesamiento de imágenes determina el desplazamiento de los elementos de imagen correspondientes a la misma parte de la superficie 19 en las imágenes superpuestas.

El desplazamiento se divide en un componente radial con respecto al eje A2, y un componente tangencial perpendicular al componente radial.

45 A partir del componente tangencial, la unidad 21 de procesamiento de imágenes calcula la distancia angular recorrida por el rotor 13 en el lapso de tiempo entre la adquisición de las imágenes procesadas que contienen los

elementos de imagen correspondientes, y, en base a la velocidad de adquisición, calcula la velocidad angular del conjunto 16 rotatorio.

La unidad 21 de procesamiento de imágenes también determina la dirección de rotación del conjunto 16 rotatorio a partir del componente tangencial.

- 5 A partir del componente radial, la unidad 21 de procesamiento de imágenes calcula el desplazamiento relativo del rotor 13 con respecto al estátor 12 y radialmente con respecto al eje A2.

El dispositivo 7 de detección de velocidad angular también comprende un marcador 23, que se define por un cuerpo apropiadamente coloreado, preferentemente coloreado de manera uniforme, fijado a la superficie 19, o por un pequeño reflector fijado a la superficie 19, o por una pequeña área de la superficie 19 pintada apropiadamente.

- 10 El marcador 23 indica una posición angular del rotor 13 con respecto a una referencia supuesta.

La unidad 21 de procesamiento de imágenes comprende una memoria 24, en la que se almacenan la posición angular, indicada por el marcador 23, del rotor 13 con respecto a la referencia supuesta, y una imagen del marcador 23. La imagen adquirida por el sensor 18 de imagen se compara con la imagen del marcador 23, y, si coinciden, la unidad 21 de procesamiento de imágenes registra el paso del marcador 23, y determina la posición angular del conjunto 16 rotatorio con respecto a la referencia supuesta en base a la distancia angular, determinada como se ha descrito anteriormente, recorrida por el rotor 13 desde el paso del marcador 23.

- 15

La unidad 21 de procesamiento de imágenes proporciona, por lo tanto, mediciones de la velocidad angular, el desplazamiento radial, y la posición angular del conjunto 16 rotatorio.

- 20 Con referencia a la figura 2, el dispositivo 7 de detección de velocidad angular está acoplado al dispositivo 8 de control del sistema 1 de energía eólica.

El dispositivo 8 de control controla el sistema 1 de energía eólica en base a la velocidad angular y/o la posición angular del conjunto 16 rotatorio suministradas por el dispositivo 7 de detección de velocidad angular. Las funciones de control realizadas por el dispositivo 8 de control incluyen: monitorizar el funcionamiento correcto del sistema 1 de energía eólica; controlar el paso de las palas con respecto al viento; calcular el coeficiente de energía del sistema 1 de energía eólica; controlar un inversor acoplado a la máquina 6 eléctrica; controlar la eficacia del sistema 1 de energía eólica; indicar el desplazamiento radial del rotor 13 con respecto al estátor 12; y mantener el conjunto 16 rotatorio a la velocidad angular máxima.

- 25

El dispositivo 8 de control también procesa la velocidad angular y/o la posición angular del conjunto 16 rotatorio por la transformada rápida de Fourier (FFT) para determinar los eventos.

- 30 Otros medios de comunicación (no mostrados en los dibujos) se asocian preferentemente con el dispositivo 8 de control del sistema 1 de energía eólica para transmitir la velocidad angular y/o la posición angular del conjunto 16 rotatorio a un centro de control remoto (no mostrado en los dibujos) acoplado por cable o por radio al sistema 1 de energía eólica.

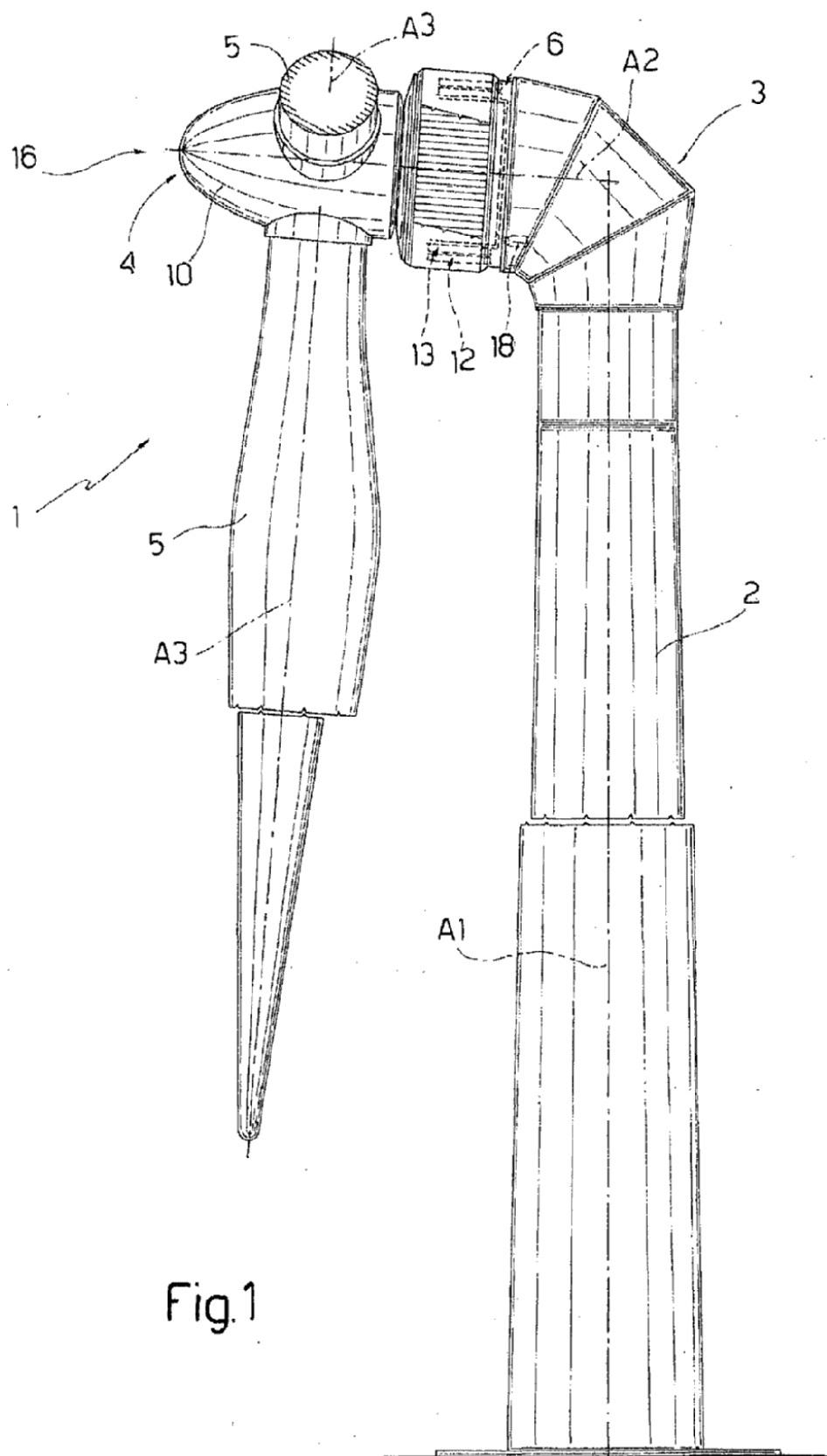
- 35 En una realización diferente (no mostrada) de la presente invención, los imanes permanentes del rotor se sustituyen con barras conductoras dispuestas alrededor del rotor, en paralelo al eje del rotor, y se unen mediante dos anillos de material conductor para formar una denominada jaula de ardilla; y la máquina eléctrica es asíncrona.

Es evidente que pueden hacerse cambios en el sistema y el método que se han descrito en el presente documento sin, no obstante, alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía eólica para generar electricidad que comprende una barquilla (3); un conjunto (16) rotatorio que gira alrededor de un eje (A2) con respecto a la barquilla (3); y un dispositivo (7) de detección de velocidad angular para detectar la velocidad angular del conjunto (16) rotatorio estando el sistema de energía eólica **caracterizado por que** comprende al menos un sensor (18) de imagen orientado hacia una superficie (19) del conjunto (16) rotatorio y fijado a la barquilla (3) para adquirir imágenes de partes de la superficie (19) del conjunto (16) rotatorio; y **por que** dicha superficie (19) es una superficie anular o cilíndrica y tiene propiedades ópticas no uniformes.
2. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo (7) de detección de velocidad angular comprende al menos una fuente (20) de luz orientada hacia dicha superficie (19) para iluminar un área de la superficie (19) cubierta por el sensor (18) de imagen.
3. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la fuente (20) de luz se selecciona a partir del grupo compuesto de lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, lámparas halógenas, LED y láseres.
4. Un sistema de energía eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor (18) de imagen adquiere imágenes a una velocidad de adquisición, y el dispositivo (7) de detección de velocidad angular comprende una unidad (21) de procesamiento de imágenes acoplada al sensor (18) de imagen para procesar al menos dos imágenes superpuestas.
5. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la velocidad de adquisición es tal que, cuando el conjunto (16) rotatorio gira a una velocidad angular máxima, se superponen dos imágenes adquiridas consecutivamente.
6. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que la unidad (21) de procesamiento de imágenes determina los elementos de imagen coincidentes en dichas imágenes superpuestas, y una distancia angular recorrida por el conjunto (16) rotatorio en el lapso de tiempo entre la adquisición de las imágenes superpuestas.
7. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la unidad (21) de procesamiento de imágenes determina la dirección de rotación del conjunto (16) rotatorio.
8. Un sistema de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que la unidad (21) de procesamiento de imágenes determina la velocidad angular del conjunto (16) rotatorio en base a la distancia angular y la velocidad de adquisición.
9. Un sistema de energía eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el dispositivo (7) de detección de velocidad angular comprende un marcador (23) en la superficie (19) del conjunto (16) rotatorio, y la unidad (21) de procesamiento de imágenes comprende una memoria (24) que almacena al menos una imagen del marcador (23); comparando la unidad (21) de procesamiento de imágenes las imágenes adquiridas por el sensor (18) de imagen con la imagen del marcador (23) para determinar el paso del marcador (23), y determinando una posición angular del conjunto (16) rotatorio en base a la distancia angular recorrida por el conjunto (16) rotatorio desde el paso del marcador (23).
10. Un sistema de energía eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, en el que la unidad (21) de procesamiento de imágenes determina el desplazamiento radial del conjunto (16) rotatorio con respecto al eje (A2).
11. Un método para controlar un sistema de energía eólica para generar electricidad; comprendiendo el sistema (1) de energía eólica una barquilla (3), y un conjunto (16) rotatorio que gira alrededor de un eje (A2) con respecto a la barquilla (3); y estando el método **caracterizado por** comprender las etapas de adquirir imágenes de una superficie (19) anular o cilíndrica del conjunto (16) rotatorio; recubrir la superficie (19), de modo que la superficie (19) tenga propiedades ópticas no uniformes; y determinar la velocidad angular del conjunto (16) rotatorio en base a las imágenes adquiridas.
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende la etapa de iluminar la superficie (19) con una lámpara incandescente, o una lámpara fluorescente, o una lámpara halógena, o uno o más LED, o un láser.
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, que comprende la etapa de determinar la distancia angular recorrida por el conjunto (16) rotatorio.

- 5 14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende las etapas de: colocar un marcador (23) en la superficie (19) del conjunto (16) rotatorio; adquirir y almacenar una imagen del marcador (23); comparar las imágenes adquiridas por el sensor (18) de imagen con la imagen del marcador (23); determinar el paso del marcador (23); y determinar la posición angular del conjunto (16) rotatorio en base a la distancia angular recorrida por el conjunto (16) rotatorio desde el paso del marcador (23).
15. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende la etapa de determinar el desplazamiento radial del conjunto (16) rotatorio con respecto al eje (A2).
16. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, que comprende la etapa de procesar las imágenes adquiridas para determinar la dirección de rotación del conjunto (16) rotatorio.



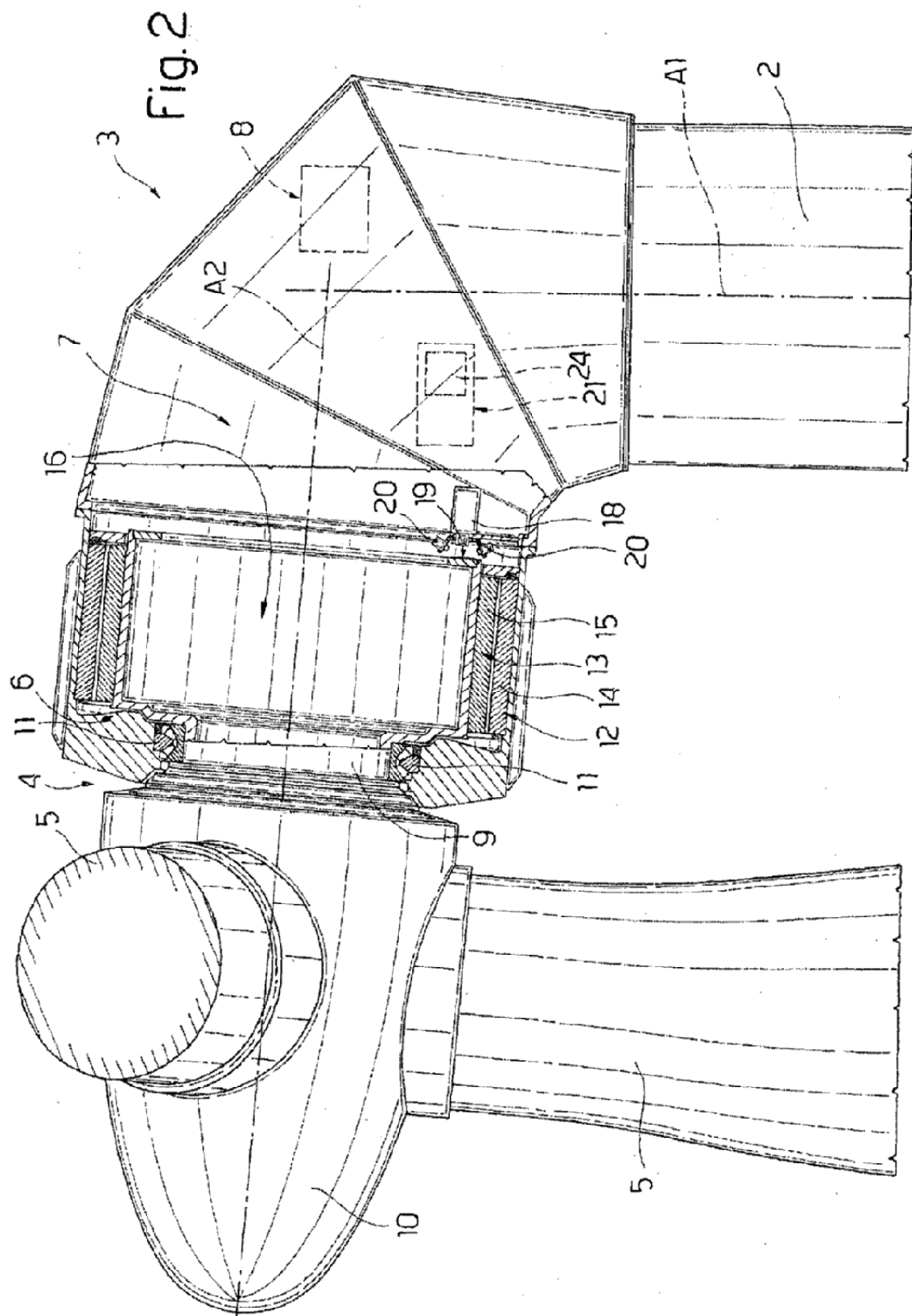


Fig.3

