



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 842**

51 Int. Cl.:  
**F03D 11/00** (2006.01)  
**G01W 1/00** (2006.01)  
**B64D 15/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05819346 .7**  
96 Fecha de presentación : **13.12.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1828599**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **Pala del rotor para una instalación de energía eólica.**

30 Prioridad: **14.12.2004 DE 10 2004 060 449**  
**15.04.2005 DE 10 2005 017 716**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.05.2011**

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

72 Inventor/es: **Wobben, Aloys**

74 Agente: **López Bravo, Joaquín Ramón**

ES 2 359 842 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**

Pala de rotor para una instalación de energía eólica.

La presente invención se refiere a una pala de rotor para una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica con una pala de rotor correspondiente.

5 En instalaciones de energía eólica en particular en la estación fría del año es deseable determinar la formación de hielo en las palas del rotor para tomar medidas apropiadas para la descongelación. No se desea una formación de hielo en las palas del rotor ya que debido a la formación de hielo se aumenta el peso de las palas del rotor. Adicionalmente, los bloques de hielo que se separan de la pala de rotor durante el funcionamiento de una instalación de energía eólica pueden convertirse en proyectiles peligrosos y ocasionar daños personales o materiales. Además, los bloques de hielo  
10 que se separan de las palas del rotor pueden conducir a un desequilibrio de las palas del rotor, lo que finalmente puede conducir a que la instalación se desconecte. No obstante, por motivos económicos no se desea una desconexión de la instalación.

15 Para impedir esto muchas instalaciones de energía eólica presentan un dispositivo calefactor para las palas del rotor a fin de impedir una formación de hielo. Adicionalmente las instalaciones de energía eólica pueden desconectarse también en el caso de una formación de hielo correspondiente. No obstante, en este caso debe reconocerse de forma segura la formación de hielo.

20 En sistemas sensores conocidos para la detección de una formación de hielo en una pala de rotor de una instalación de energía eólica, los sensores correspondientes están instalados en la góndola de la instalación. No obstante, por consiguiente no puede conseguirse una comparabilidad directa de las condiciones hidrodinámicas y de formación de hielo, ya que en la pala de rotor reinan otras condiciones hidrodinámicas.

Del documento DE 202 06 704 se conoce un sensor de hielo para instalaciones de energía eólica. El sensor de hielo se dispone cerca de la punta de la pala de rotor. Los datos emitidos se tratan teniendo en cuenta de las condiciones meteorológicas a fin de poder tomar medidas correspondientes.

25 Como estado de la técnica se remite en este punto todavía en general a los siguientes documentos: DE 199 27 015 A1, DE 103 15 676 A1, DE 101 60 522 A1 y DE 200 21 970 U1.

Por consiguiente el objetivo de la presente invención es preveer una pala de rotor para una instalación de energía eólica que pueda diferenciar entre depósitos como suciedad y una formación de hielo.

Este objetivo se resuelve mediante una pala de rotor según la reivindicación 1, así como mediante una instalación de energía eólica según la reivindicación 11.

30 Con ello una pala de rotor para una instalación de energía eólica se prevé con una proa de pala de rotor. En la zona de la proa de la pala de rotor se dispone un dispositivo sensor de depósitos. Este dispositivo sensor de depósitos presenta un emisor para el envío inalámbrico de señales a través de un trayecto de transmisión y un receptor para la recepción de las señales transmitidas de forma inalámbrica a través del trayecto de transmisión. Mediante las señales transmitidas a través del trayecto de transmisión pueden detectarse depósitos en la superficie en la zona del trayecto  
35 de transmisión.

Por consiguiente se prevé una pala de rotor con un dispositivo sensor de depósitos, que está en condiciones de detectar de forma rápida y segura depósitos en la superficie de la pala de rotor.

40 Según un aspecto de la presente invención, la pala de rotor o la instalación de energía eólica presenta un dispositivo de comparación que sirve para comparar las señales enviadas por el emisor y las señales recibidas por el receptor a fin de determinar los cambios. Mediante la determinación de los cambios de las señales transmitidas puede determinarse directamente como se cambia la relación de transmisión del trayecto de transmisión, de forma que pueden detectarse directamente los depósitos.

45 Según otro aspecto de la presente invención, el dispositivo de comparación presenta una memoria para el almacenamiento de los cambios detectados de las señales recibidas, de forma que se crea una base de datos. Mediante la base de datos pueden sacarse conclusiones de la frecuencia y las condiciones en la aparición de depósitos.

Según un aspecto preferido de la presente invención, el dispositivo sensor de depósitos representa un dispositivo sensor óptico. La detección de depósitos se realiza por consiguiente en base a señales ópticas, de forma que no se produce una interacción con los componentes electrónicos y eléctricos de la instalación de energía eólica.

50 Según otro aspecto de la presente invención, el emisor presenta una lente de desacoplamiento y el receptor una lente de acoplamiento. Por consiguiente puede mejorarse la efectividad de la transmisión de las señales ópticas.

Según otro aspecto preferido de la presente invención, tanto el emisor como también el receptor están unidos respectivamente a través de fibras ópticas con el dispositivo de comparación. Por consiguiente se pueden evitar los conductores eléctricos en la pala de rotor para mejorar con ello la protección frente a rayos.

Otros aspectos de la presente invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

5 A continuación se explica más en detalle la invención, así como sus ejemplos de realización en referencia a los dibujos.

Figura 1 muestra una vista frontal de una instalación de energía eólica según el primer ejemplo de realización,

Figura 2 muestra una vista en sección de un trozo de una pala de rotor de la instalación de energía eólica de la figura 1,

Figura 3 muestra una vista en planta de un trozo de una pala de rotor de la instalación de energía eólica de la figura 1, y

10 Figura 4 muestra una vista en planta de un trozo de una pala de rotor de una instalación de energía eólica según un segundo ejemplo de realización.

La fig. 1 muestra una vista frontal de una instalación de energía eólica según un primer ejemplo de realización. La instalación de energía eólica presenta en este caso una torre 10, una góndola 20 así como tres palas del rotor 30. En cada una de las palas del rotor está dispuesto un sensor de depósitos 1. Preferentemente el sensor de depósitos 1 está dispuesto en la proa de la pala de rotor. Los sensores de depósitos 1 están unidos respectivamente a través de fibras ópticas 2 con un dispositivo de comparación 3.

La fig. 2 muestra una vista en sección de un trozo de una pala de rotor 30 de la instalación de energía eólica de la fig. 1. En este caso se muestra en particular el trozo de la pala de rotor en la zona del sensor de depósitos 1. El sensor de depósitos está montado en la zona de la proa de la pala de rotor 31 de la pala de rotor 30. El sensor de depósitos 1 se compone esencialmente de un emisor óptico 11 y un receptor óptico 12. El emisor óptico 11 está provisto de una lente de desacoplamiento 11a y el receptor óptico 12 está provisto de una lente de acoplamiento 12a. El sensor óptico 11 y el emisor óptico 12 están unidos respectivamente a través de fibras ópticas 11b, 12b, 2 con el dispositivo de comparación 3. Entre la lente de desacoplamiento 11a y la lente de acoplamiento 12a está previsto un trayecto de transmisión óptica 13. Este trayecto de transmisión óptica discurre esencialmente en paralelo a la superficie de la proa de la pala de rotor 31.

Por consiguiente el sensor de depósitos 1 se monta directamente en la pala de rotor de la instalación de energía eólica, de forma que los depósitos correspondientes, como por ejemplo suciedad y formación de hielo, pueden determinarse directamente en la pala de rotor. Preferentemente los sensores de depósitos se disponen en el tercio exterior de la pala de rotor (véase la fig. 1), ya que aquí existe una mayor seguridad en el reconocimiento de depósitos, como por ejemplo, suciedad y formaciones de hielo. Adicionalmente a ello se pueden disponer otros sensores de depósitos 1 en otros puntos en la pala de rotor, de forma que puede obtenerse un sistema varias veces redundante.

Ya que no son deseables los conductores eléctricos en una pala de rotor de una instalación de energía eólica en referencia a la protección frente a rayos, el sistema sensor según la invención se divide esencialmente en dos partes, es decir, el sensor real y la unidad de valoración. En este caso la unidad de comparación se dispone preferentemente en la raíz de la pala de la pala de rotor o en una parte rotativa de la carcasa de la máquina. El sensor y receptor óptico se dispone por el contrario en la misma pala de rotor. La transmisión de la señal óptica del dispositivo de comparación al receptor óptico se realiza preferentemente a través de fibras ópticas, de forma que pueden evitarse otros conductores eléctricos en la pala de rotor. Alternativamente a ello el dispositivo de comparación se puede disponer también directamente en o junto al sensor de depósitos 1, por lo que se prevé una protección frente a rayos apropiada.

40 Las uniones entre el sensor óptico 11 y el receptor óptico 12 y las fibras ópticas 11b, 12b, 2 correspondientes se garantizan preferentemente mediante contactos enchufables o mediante una unión atornillada. Por consiguiente el sensor de depósitos 1 puede cambiarse de forma y manera sencillas, sin que en este caso deba cambiarse toda la pala de rotor.

Según se muestra en la fig. 2, el sensor de depósitos 1 presenta preferentemente una lente de desacoplamiento 11a y una lente de acoplamiento 12a para permitir una pequeña amortiguación del rayo de luz entre el emisor óptico 11 y el receptor óptico 12. Tan pronto como se acumulan depósitos en el trayecto de transmisión óptica 13 cambia la relación de transmisión de este trayecto de transmisión 13, lo que puede detectarse por el dispositivo de comparación 3.

La fig. 3 muestra una vista en planta de un trozo de la pala de rotor de la fig. 1 en la zona del sensor de depósitos 1. En este caso el sensor de depósitos 1 está unido de forma fija con la proa de la pala de rotor 31 de la pala de rotor 30. Esto puede realizarse mediante atornillado o pegado. En este caso el trayecto de transmisión 13 óptica está orientado esencialmente en paralelo a la proa de la pala de rotor en la dirección longitudinal de la pala. La posición del sensor óptico 11 y del receptor óptico 12 debe estar dispuesta preferentemente en la zona del punto neutro del perfil, ya que

ésta representa el lugar más probable de comienzo de un depósito. La forma exterior mostrada en la fig. 3 del sensor de depósitos 1 garantiza una circulación alrededor del sensor de depósito 1 con pocas pérdidas. Además, en la zona del espacio de aire, es decir, del trayecto de transmisión óptica 13, contribuye por el efecto de canalización en la circulación alrededor de la proa de la pala de rotor, a evitar suciedad en el sensor y receptor ópticos. Debido a la forma especial del sensor de depósitos, los vectores de dirección de la corriente nunca están orientados directamente en la dirección del sensor óptico 11 y del receptor óptico 12 o sus puntos de entrada o salida.

Los vectores de dirección de la corriente están dispuestos más bien esencialmente perpendicularmente a ella. La entalladura del sensor de depósitos 1 en el contorno de la proa, que se origina por el trayecto de transmisión óptica 13, debería ser preferentemente suficientemente ancha para no cambiar de forma evidente los mecanismos para la aparición, por ejemplo, de hielo y suficientemente estrechos para garantizar una amortiguación o influencia del rayo de luz lo menor posible en el trayecto de transmisión óptica 13 por suciedad o deformación de la pala.

Para reducir la influencia de la luz solar incidente en el receptor óptico 12 preferentemente se pulsa el rayo de luz transmitido a través del trayecto de transmisión 13. Mediante una miniaturización ulterior del sensor de depósitos 1 puede realizarse una medición del espesor de hielo controlada por rejilla en una disposición correspondiente.

La fig. 4 muestra una vista en planta de un trozo de una proa de la pala de rotor de una pala de rotor para una instalación de energía eólica según un segundo ejemplo de realización. En este caso el sensor de depósitos 1 según el segundo ejemplo de realización se basa en el mismo principio de funcionamiento que el sensor de depósitos 1 según el primer ejemplo de realización, es decir, se prevé un sensor óptico 16, un receptor óptico 17, así como un trayecto de transmisión óptica 18 entre el emisor 16 y el receptor 17. Mientras que según el primer ejemplo de realización el sensor de distancia está adaptado esencialmente al contorno de la proa de la pala de rotor, el sensor de depósitos según el segundo ejemplo de realización está implementado por fibras ópticas en forma de hilo o en forma de pin que salen de la proa de perfil o de la proa de la pala de rotor.

Según el segundo ejemplo de realización, el sensor de depósitos 1 se realiza mediante dos fibras ópticas 14, 15 en forma de pin que sobresalen de la superficie de la pala de rotor con una salida del rayo lateral. Mediante el desvío del rayo de luz en 90° mediante lentes o prismas correspondientes pueden conducirse las fibras ópticas en el interior de la pala de rotor hasta en el lado inferior de las lentes 14, 15. El rayo de luz se acopla entonces en la lente y se desvía 90° por la lente o el prisma, de forma que el rayo de luz puede extenderse esencialmente en paralelo a la superficie de la pala de rotor a través del trayecto de transmisión óptica 18 del emisor óptico 16 hasta el receptor óptico 17. El receptor óptico 17 presenta igualmente una lente o un prisma para desviar el rayo de luz en 90° y acoplarlo en la fibra óptica de retorno.

La estructura principal del sensor de depósitos 1 según el segundo ejemplo de realización se corresponde esencialmente a la estructura según el primer ejemplo de realización. No obstante, según el segundo ejemplo de realización la estructura está configurada esencialmente de modo más sencillo. Además, sólo es necesario en pequeña medida un cambio de la pala de rotor en su contorno de proa. Preferentemente el sensor óptico 16 y el receptor óptico 17 se configuran de forma atornillable o insertable con las lentes correspondientes para el desvío a 90°, de forma que pueden cambiarse sin más en caso de necesidad.

El emisor óptico 16 y el receptor óptico 17 no están dispuestos preferentemente justo en el punto más frontal de la proa de la pala, sino que están desplazados ligeramente de éste. Con otras palabras: el sensor de depósitos 1 no está dispuesto en la zona más frontal de la proa de la pala, es decir, de la línea de la proa. El sensor de depósitos 1 puede estar dispuesto por consiguiente en la zona de proa de la pala.

Preferentemente el sensor de depósitos según el primer o segundo ejemplo de realización debería estar dispuesto en la zona de la proa de la pala de rotor en la zona del punto neutro. El punto neutro representa en este caso el punto en el que la corriente de aire incide sobre la pala y se divide luego en una primera corriente a lo largo del lado de aspiración y una segunda corriente a lo largo del lado de presión. En la zona de este punto neutro comienza la formación de hielo y posteriormente se forma según un patrón aleatorio. No se puede predecir de forma precisa la posición del punto neutro ya que éste depende también del ángulo de ataque de la pala de rotor.

La altura del emisor óptico 16 y del receptor óptico 17 o sus lentes puede configurarse de forma regulable sobre la superficie de la pala de rotor. Esto puede conseguirse porque el emisor óptico 16 y el receptor óptico 17 sobresalen más o menos de la superficie de la pala de rotor. La distancia entre el emisor óptico 16 y el receptor óptico 17 puede ser entre 10 a 100 mm, preferentemente 20 a 50 mm. La distancia entre el rayo de luz entre el emisor óptico 16 y el receptor óptico 17 y la superficie de la pala de rotor (es decir, la distancia del rayo de luz de la superficie de la pala de rotor) es de entre 2 a 10 mm y preferentemente de 5 a 6 mm. La distancia entre la superficie de la pala de rotor y el rayo de luz entre el emisor y receptor ópticos determina el espesor de hielo detectable. Un espesor de hielo por debajo de 2 mm puede permanecer desapercibido en este caso, mientras que una capa de hielo más gruesa de preferentemente 5 – 6 mm puede ocasionar problemas considerables.

5 Para permitir un cambio sencillo de la lente pueden preverse casquillos en la pala de rotor, en los que pueda insertarse una lente, es decir, un emisor óptico o un receptor óptico. Entre el casquillo y los emisores ópticos y receptores ópticos está prevista preferentemente una conexión en unión positiva, como por ejemplo un cierre de bayoneta. Alternativamente o adicionalmente a ello los casquillos y el emisor óptico y el receptor óptico pueden atornillarse unos con otros. Esto es ventajoso en particular ya que los emisores ópticos y receptores ópticos están protegidos de forma más estable contra una formación de hielo y no se arrancan durante un proceso de descongelación de la pala y caen hacia abajo con el hielo.

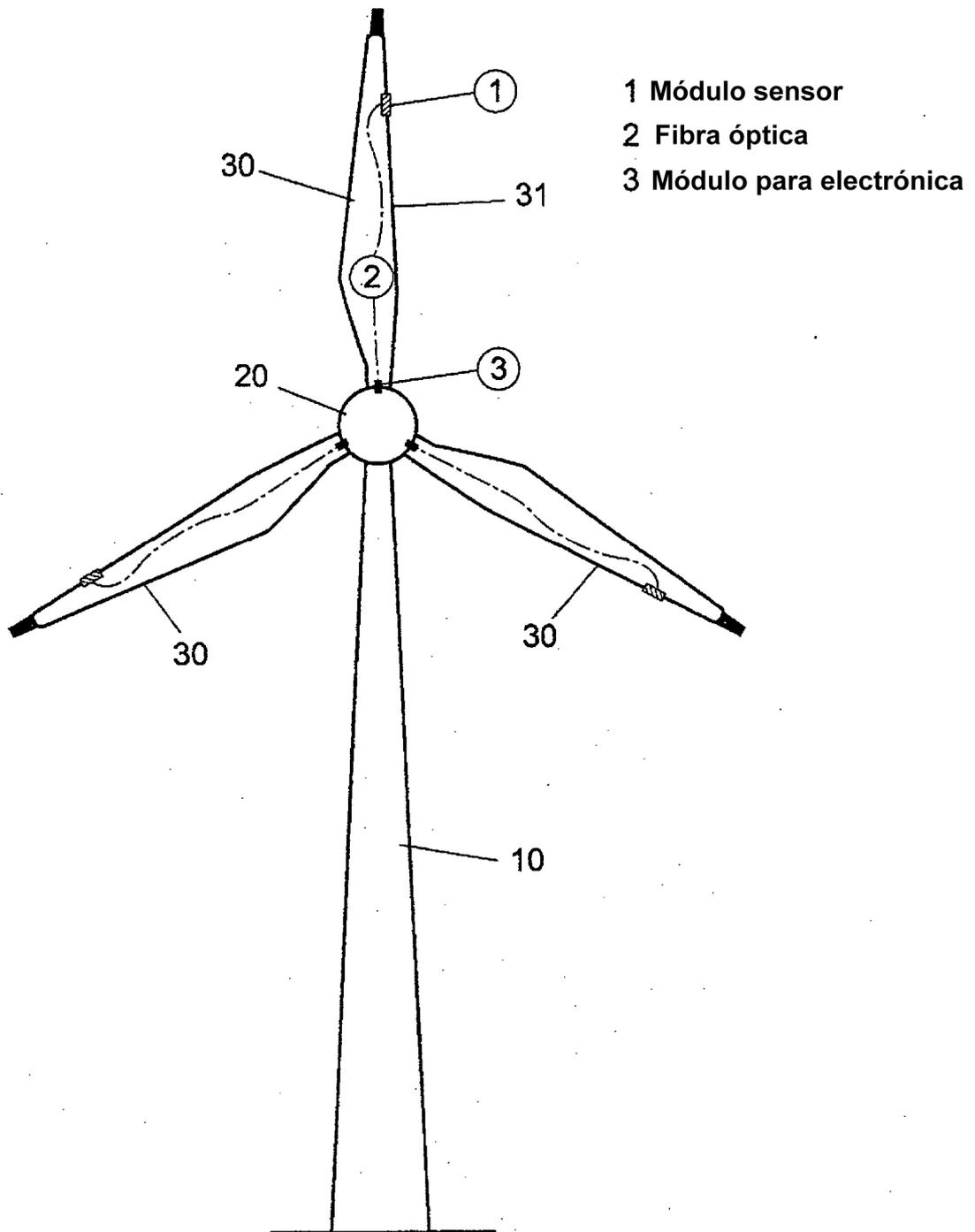
10 Según otro ejemplo de realización basado en el primer o segundo ejemplo de realización, el dispositivo de comparación 3 puede presentar una memoria en la que se almacenan depósitos característicos, de forma que éstos pueden compararse durante el funcionamiento con los valores realmente detectados. Por consiguiente puede diferenciarse, por ejemplo, si los depósitos sólo son suciedad por cagadas de pájaro o polvo o si se trata de una formación de hielo creciente. Adicionalmente a ello el dispositivo de comparación 3 puede tratar otros datos del entorno de la instalación de energía eólica. Estos datos pueden representar, por ejemplo, datos de temperatura de forma que, por ejemplo, el sensor de depósitos 1 puede desconectarse a partir de una temperatura de 3°C, ya que a partir de temperaturas semejantes no debe contarse con una formación de hielo.

15 Adicionalmente el dispositivo de comparación puede presentar una memoria de la base de datos, en la que pueden memorizarse o dado el caso valorarse los cambios detectados para poder determinar, por ejemplo, un patrón de formación de hielo, a fin de permitir dado el caso un reconocimiento precoz correspondiente.

20 El dispositivo de comparación puede estar dispuesto también fuera de la pala de rotor, por ejemplo, en la zona del buje, lo que tiene la ventaja de que no deben tenderse conductores eléctricos en la pala de rotor. En un caso semejante la pala de rotor presenta en la zona de transición al buje una unión o conexión correspondiente para acoplar el sensor de depósitos con el dispositivo de comparación. Por consiguiente puede conseguirse que sólo deban tenderse fibras ópticas en la pala de rotor lo que se demuestra como ventajoso en particular respecto a la protección frente a rayos.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Pala de rotor (30) para una instalación de energía eólica, que comprende una proa de la pala de rotor (31),
- 5 un dispositivo sensor de depósitos (1, 11, 12, 13) dispuesto en la zona de la proa de la pala de rotor (31) con un emisor (11) para el envío inalámbrico de señales a través de un trayecto de transmisión (13) y un receptor (12) para la recepción de las señales transmitidas de forma inalámbrica a través del trayecto de transmisión (13),
- en la que mediante la señales transmitidas a través del trayecto de transmisión (13) se detectan aquellos depósitos en la superficie de la pala de rotor (30) que se encuentran en la zona directa del trayecto de transmisión (13) de la señal transmitida de forma inalámbrica,
- 10 en la que el trayecto de transmisión (13) discurre entre el emisor (11) y el receptor (12) esencialmente en paralelo a la proa de la pala de rotor (31).
- 2.- Pala de rotor (30) según la reivindicación 1, con un dispositivo de comparación (3) para comparar las señales enviadas por el emisor (11) y las señales recibidas por el receptor (12) a fin de detectar cambios en las señales recibidas.
- 15 3.- Pala de rotor (30) según la reivindicación 1, con una conexión para el acoplamiento de un dispositivo de comparación externo con el dispositivo sensor de depósitos (1, 11, 12, 13), en la que las señales enviadas por el emisor (11) y las señales recibidas por el receptor (12) se comparan en el dispositivo de comparación a fin de detectar los cambios en las señales recibidas.
- 20 4.- Pala de rotor (30) según la reivindicación 1, 2 ó 3, en la que el dispositivo sensor de depósitos está configurado para la detección continua o para la detección a intervalos de tiempo predeterminados de los depósitos.
- 5.- Pala de rotor (30) según la reivindicación 2, 3 ó 4, en la que el dispositivo de comparación (3) presenta una memoria para almacenar los cambios detectados a fin de crear una base de datos.
- 6.- Pala de rotor (30) según una de las reivindicaciones precedentes, en la que el dispositivo sensor de depósitos (1, 11, 12, 13) representa un dispositivo sensor óptico.
- 25 7.- Pala de rotor (30) según la reivindicación 6, en la que el emisor (11) presenta una lente de desacoplamiento (11a) y el receptor (12) una lente de acoplamiento (12a).
- 8.- Pala de rotor (30) según una de las reivindicaciones precedentes, en la que el emisor (11) y el receptor (12) están unidos respectivamente a través de fibras ópticas (11b, 12b) con el dispositivo de comparación (3).
- 30 9.- Pala de rotor (30) según una de las reivindicaciones precedentes, en la que una transición respectivamente entre emisor (11) y la superficie de la pala de rotor (30) así como entre receptor (12) y la superficie de la pala de rotor (30) se realiza de arista viva.
- 10.- Pala de rotor (30) según una de las reivindicaciones precedentes, en la que el emisor (11) y el receptor (12) sobresalen en forma de pin de la superficie de la pala de rotor.
- 11.- Instalación de energía eólica con al menos una pala de rotor según una de las reivindicaciones 1 a 10.



**Fig.1**

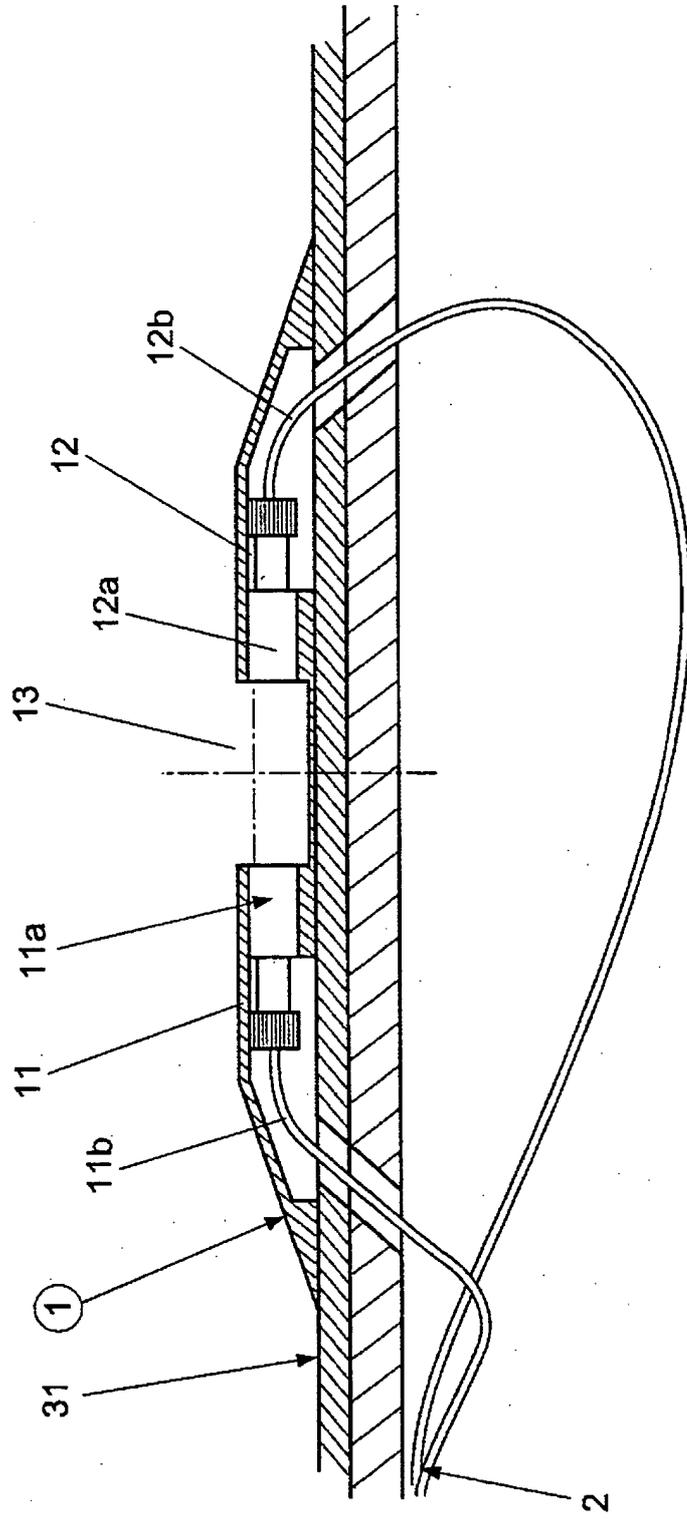
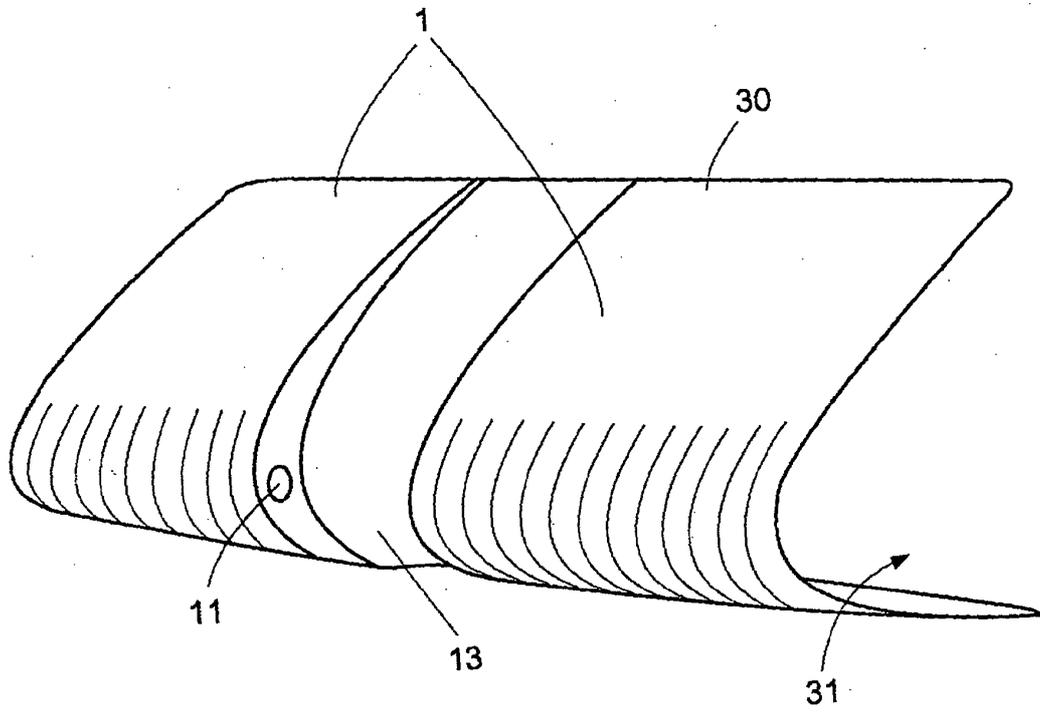


Fig.2



**Fig.3**

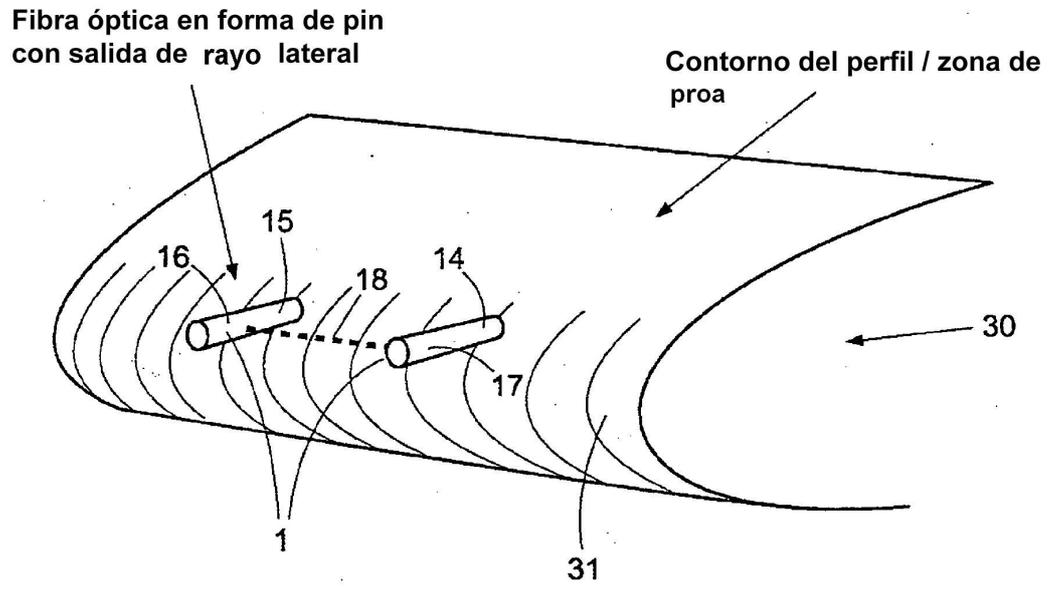


Fig.4