

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 375**

51 Int. Cl.:

**F21V 8/00** (2006.01)

**F21W 111/00** (2006.01)

**F21W 111/06** (2006.01)

**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2002 E 02799741 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 1461530**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de la desviación de una pala de rotor de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

**08.12.2001 DE 10160360**

**26.06.2002 DE 10228442**

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

**10.09.2015**

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)**

**Dreekamp 5  
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**WOBBEN, ALOYS**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 545 375 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 la determinación de la desviación de una pala de rotor de una instalación de energía eólica.

- 5 Ya desde hace tiempo se conocen instalaciones de energía eólica con palas de rotor de los tipos más distintos. También se conoce que, en situaciones determinadas, la instalación de energía eólica se debe equipar con una luz de peligro para advertirle a tiempo al tráfico aéreo en la región de la instalación de energía eólica de la existencia de la instalación de energía eólica. Con la finalidad mencionada anteriormente también se conoce proveer las palas de rotor de pinturas de aviso la mayoría de las veces rojas, de modo que se puede evitar la colisión de un avión, en particular de un avión militar, con una instalación de energía eólica o su rotor.

- 15 Para la mejora de la advertencia del tráfico aéreo también se ha hecho ya la propuesta de usar lámparas incandescentes u otras lámparas, que están encendidas luego por la noche y por consiguiente se pueden reconocer adecuadamente por el tráfico aéreo, en las puntas de pala de rotor de las palas de rotor, junto a la coloración con colores de señalización. Pero la desventaja de las lámparas incandescentes u otras lámparas consiste en que sólo disponen de una durabilidad limitada y los costes para el recambio de las lámparas consumidas no están en una relación razonable al aprovechamiento. Así los costes para el recambio de las lámparas en la punta de pala de rotor pueden ser de varios miles de DM, ya que no sólo se debe detener la instalación de energía eólica de forma muy costosa, sino que el personal de servicio también se debe acercar a la punta de pala de rotor desde la torre de la instalación de energía eólica o desde el suelo de la instalación de energía eólica mediante un dispositivo de grúa.

Este coste está en una crasa desproporción respecto al fallo técnico verdadero.

- 25 Por ello como salida también se ha propuesto ya realizar el dispositivo de iluminación de forma redundante en la punta de pala de rotor. Pero una concepción semejante no siempre puede impedir que se produzca un fallo de la iluminación, pudiendo ser extraordinariamente diferentes los motivos para el fallo de las lámparas, es decir, que las lámparas se deterioren mecánicamente en la punta de la pala de rotor (encuentro con partículas, granizo, lluvia, etc.) o que los contactos eléctricos correspondientes estén interrumpidos o también otros motivos.

- 30 La invención se basa en la idea de trasladar todas las lámparas desde la zona de punta (punta de pala de rotor) de las palas de rotor a la zona cercana al buje, por ejemplo, el buje del rotor mismo. Si luego falla una lámpara, entonces se puede cambiar de forma muy fácil y muy sencilla por parte del personal de servicio.

- 35 En tanto que la lámpara, es decir, un dispositivo que genera luz, como por ejemplo un láser o un diodo luminiscente o una multiplicidad de ellos, está alojada en la góndola de la instalación de energía eólica, la luz generada se alimenta en el cable de fibra de vidrio (fibra óptica, conductor de luz), el cual está tendido por su lado hasta la zona de punta de la pala de rotor y allí está dispuesto en la superficie de la pala de rotor, de modo que la luz puede salir sin más.

- 40 Aun cuando, lo que es muy improbable, pudiese producirse una vez un deterioro de la zona fina de la fibra óptica en la zona de punta, esto no conduce al fallo de toda la fibra óptica, sino que ésta irradiará en adelante su luz que se conduce a través de ella. Pero dado que en la zona de punta no se sitúan elementos eléctricos, las fibras ópticas están muy protegidas.

- 45 El tendido de fibras ópticas semejantes conduce a un cierto coste en la producción de las palas de rotor, de modo que no merece la pena el equipamiento de las palas de rotor con la fibra óptica en determinados tipos de instalaciones de energía eólica por aspectos económicos.

- 50 Además, por ejemplo, por el documento JP-A-2000-18147 se conoce prever una pala de rotor con una fibra óptica, sirviendo aquí la fibra óptica para detectar una pala de rotor rota. Otro uso semejante de la fibra óptica aumenta por lo tanto el aprovechamiento de una fibra óptica en la pala de rotor, siendo deseable encontrar todavía otras posibilidades de uso de la fibra óptica.

- 55 Por ello el objetivo de la invención es encontrar otras posibilidades de uso para las fibras ópticas tendidas en las palas de rotor, a fin de diseñar de forma más interesante económicamente el gasto adicional en el tendido de las fibras ópticas.

El objetivo se resuelve gracias a la invención con las características según la reivindicación 1. Un perfeccionamiento ventajoso se describe en la reivindicación dependiente.

La invención proponer usar los conductores de luz para realizar mediciones de carga eventuales en la pala de rotor misma.

- 5 Para ello se remite en general a lo siguiente: si en un conductor de luz se introduce luz, entonces esta luz se refleja en el interior de este conductor en bordes correspondientes y continúa hasta la salida en el extremo del conductor de luz.

10 A partir del cociente de la cantidad de luz introducida respecto a la cantidad de luz saliente también se puede asumir un valor para el factor de calidad, siendo el factor de calidad uno en el caso óptimo, cuando la cantidad de luz alimentada en el conductor de luz se corresponde con la intensidad (lúmenes) de la cantidad de luz en el extremo saliente del conductor de luz.

15 Pero el factor de calidad de los conductores de luz depende no sólo del material del conductor de luz o del tipo de luz introducida, sino también del tendido del conductor de luz. Por ejemplo, si el conductor de luz se tiende a lo largo de una recta, entonces el factor de calidad es generalmente mayor que cuando el conductor de luz está tendido con distintos serpentes o arcos o geometrías que presentan otros radios de curvatura.

20 Un movimiento del conductor de luz transversalmente a su dirección de extensión también conduce a que el seguimiento de la luz en el interior del conductor de luz esté limitado en parte, lo que conduce a que descienda en conjunto el factor de calidad.

25 Según la invención también se puede aprovechar este efecto, mencionado en último término, en una pala de rotor de una instalación para medir de forma óptica / eléctrica la flexión de la pala de rotor, en tanto que un conductor de luz se conduce casi como bucle, comenzando desde el buje de la pala de rotor a través de un guiado determinado en la pala de rotor a lo largo de la punta de pala de rotor y de nuevo de vuelta al buje. En el extremo saliente del conductor de luz se dispone luego un detector correspondiente, que mide la intensidad de la luz saliente y esta cantidad de luz saliente se usa constantemente en relación a la cantidad de luz entrante en el conductor de luz mediante un dispositivo de procesamiento correspondiente (procesador).

30 Cuando ahora, con carga creciente de la pala de rotor (velocidad del viento ascendente), ésta se flexiona cada vez más, esto conduce automáticamente a un factor de calidad empeorado o modificado y a partir del factor de calidad concreto también se puede derivar una medida para la carga mecánica de la pala de rotor.

35 Por consiguiente, con la variante antes mencionada de la invención, también se puede constatar la carga de una pala de rotor no sólo integralmente en el buje, raíz de la pala de rotor, sino también en puntos individuales, en particular también en la zona de la punta de pala, y se puede constatar de forma muy rápida una elongación excesiva eventual de la punta de pala de rotor debida a una ráfaga u otro evento, lo que también se puede utilizar simultáneamente para parar eventualmente la instalación de energía eólica o realizar una regulación del ángulo de pala de rotor (pitch), a fin de excluir los casos indeseados de elongación excesiva, ya que los casos de sobrecarga semejantes pueden conducir generalmente a un acortamiento considerable de la vida útil de las palas de rotor y por consiguiente de toda la instalación de energía eólica.

45 Se entiende en sí mismo que los conductores de luz se pueden guiar a lo largo de las geometrías más distintas en la pala de rotor misma o por debajo de la capa superior de la pala de rotor o sobre la pala de rotor. No sólo es posible una ida y retorno directo desde la raíz de la pala de rotor a la punta de la pala de rotor en un lado o en distintos lados de la pala de rotor, sino también la envoltura espiral de toda la pala de rotor desde la raíz de la pala de rotor hasta la punta de la pala de rotor y la vuelta o también pueden estar tendidos distintos haces de fibras ópticas a lo largo de los desarrollos geométricos más diferentes de la pala de rotor (o en la pala de rotor misma).

50 Cuanto más se aleja un conductor de luz de su dirección longitudinal en el caso de doblado de la pala de rotor, también tanto más elevada será generalmente la caída en el factor de calidad y gracias a una medición y conversión hábiles de las líneas de ida y vuelta también se puede constatar eventualmente exactamente donde ha tenido lugar o tiene lugar una elongación excesiva indeseada de una pala de rotor.

55 La ventaja del tendido de las fibras ópticas en o sobre la pala de rotor también consiste en que este tendido ya se puede realizar durante la producción de las palas de rotor y los conductores de luz mismos son generalmente extraordinariamente robustos, y dado que los conductores de luz mismos no son conductores eléctricamente, por ello también están protegidos ya adecuadamente frente a perturbaciones eventuales debidas a caías de rayos en el

rotor de la instalación de energía eólica.

Además, con los conductores de luz (fibras ópticas) se puede medir de forma claramente más rápida una sobrecarga eventual de la pala de rotor, como por ejemplo con una galga extensiométrica u otro dispositivo de medición que mide la carga mecánica sobre una pala de rotor de forma integral en la zona de buje o zona de raíz de pala de la pala de rotor. Dado que mediante el detector de luz en el extremo saliente de la fibra óptica también está preparada igualmente una señal eléctrica sobre la intensidad de la luz saliente, esta señal eléctrica también se le puede suministrar directamente a un puesto de supervisión remota de la instalación de energía eólica y evaluar allí correspondientemente y se puede usar para una intervención muy rápida en la instalación, cuando no están previstos ya dispositivos de ajuste automáticos que, al quedar por debajo de un factor de calidad determinado, realizan automáticamente un control de la instalación o modificación, que conduce a una descarga de las palas de rotor.

En el caso de tendido de las fibras ópticas como iluminación de la punta de pala de rotor (iluminación de punta) también puede ser apropiado que la iluminación de punta no esté encendida sobre toda la circunferencia de revolución del rotor, sino sólo luego cuando la pala de rotor se sitúa en una zona entre la posición a las nueve y a las tres (de la pala de rotor girada en sentido horario) o preferiblemente sólo en la zona entre la posición a las diez y a las dos.

También es posible alimentar no sólo una luz blanca monocolor en la fibra óptica gracias a la alimentación de luz mediante diodos, sino también luz de diferentes colores, y gracias a la salida correspondiente de las fibras ópticas en la punta de pala de rotor, la luz también se puede irradiar directamente en distintas direcciones, estando provistos los extremos de las fibras ópticas para el aumento de la intensidad de una lente correspondiente, que por su lado también protege simultáneamente de nuevo el extremo correspondiente de la fibra óptica.

La invención está representada a continuación mediante un ejemplo de realización concreto. Aquí muestran:

Figura 1 un primer ejemplo de realización de una pala de rotor según la invención,

Figura 2 un ejemplo de realización de una pala de rotor, que no pertenece a la invención reivindicada.

La figura 1 muestra una pala de rotor con una fibra óptica tendida sobre ella (o dentro de ella), que está tendida en forma de meandro en la zona de la punta de pala de rotor. En una conexión de la fibra óptica está dispuesto un diodo luminiscente y en otra conexión está dispuesto un diodo receptor de luz correspondiente. Con el diodo luminiscente se alimenta la luz en la fibra óptica y el diodo receptor recibe la luz que pasa a través del conductor de luz.

Antes de que la instalación de energía eólica se pone ahora en funcionamiento y la pala de rotor está enteramente no desviada (es decir, todavía no está deformada por el viento), ahora se realizan mediciones de referencia, midiéndose la cantidad de la luz recibida en la unidad receptora de luz. La fracción cuantitativa de luz también se puede expresar habitualmente en un valor porcentual, situándose el valor porcentual siempre por debajo del 100%. En el caso de un valor medido del 100% toda la luz enviada por la unidad emisora debería llegar a través de la fibra óptica a la unidad receptora y el factor de calidad sería entonces de 1.

Cuando la instalación de energía eólica se pone ahora en funcionamiento, esto también conduce debido a la presión del viento y la presión dinámica a que toda la pala de rotor se desvía en particular en la zona de la punta. Con ello también va acompañada simultáneamente una modificación de la posición original de las fibras ópticas, lo que también conduce generalmente a otro recorrido de reflexión dentro de la fibra óptica. La consecuencia de ello es generalmente una reducción de la eficacia luminosa respecto al estado de referencia y esta eficacia luminosa menor se mide en la unidad receptora.

Por lo tanto también se puede determinar una medida para la desviación de la pala de rotor mediante la medición de la cantidad de luz (medición de la modulación de luz) en la unidad receptora (o medición de la modulación de luz), dado que el factor de calidad se sitúa en el caso de la desviación de la pala por debajo del factor de calidad en el estado de referencia.

Cuando son indeseadas elongaciones excesivas determinadas de una pala de rotor, es decir, el factor de calidad cae por debajo de un valor predeterminado, esto también se puede supervisar mediante la invención y en caso de necesidad los datos medidos también se pueden usar para parar toda la instalación de energía eólica para la

autoprotección.

La alternativa según la invención, descrita anteriormente también tiene la ventaja de que, en el caso de una fisura eventual en la pala de rotor de la instalación de energía eólica, discurrendo la fisura esencialmente transversalmente al conductor de luz, el conductor de luz se romperá muy rápidamente de modo que no sólo se perturbará la transmisión de luz global, sino que también podrá decaer totalmente. Por ello esta ruptura de un conductor de luz puede ocurrir ya que los conductores de luz están concebidos generalmente extraordinariamente porosos respecto a su elongación longitudinal y sólo son ligeramente elásticos. Cuando debido a una fisura ahora se perturba sensiblemente la transmisión de luz a través del conductor de luz, se puede parar toda la instalación y la pala de rotor se puede inspeccionar antes de tiempo muy exactamente respecto a fisuras eventuales.

En la figura 1 no está representado el dispositivo para el procesamiento posterior de la luz medida. En este caso se puede tratar de dispositivos habituales que generan una señal eléctrica a partir de la cantidad de luz medida y la señal eléctrica correspondiente se procesa posteriormente luego en un procesador u otro dispositivo de procesamiento, de modo que se determina el valor cuantitativo de luz de la luz recibida que se puede poner también eventualmente en relación con la cantidad de la luz introducida en el conductor de luz. A partir de este valor de diferencia se puede derivar directamente el valor para el factor de calidad (cantidad de la luz emitida / cantidad de la luz recibida). Se ofrece prever en una memoria correspondiente una tabla para factores de calidad determinados de modo que, al sobrepasarse o quedarse por debajo de ellos, entonces se pueden tomar correspondientemente medidas deseadas en la instalación de energía eólica, por ejemplo, la desconexión de la instalación.

La figura 2 muestra un haz de fibras ópticas que están tendidas desde el buje de la pala de rotor (raíz de la pala de rotor) hasta la punta de pala de rotor (punta). En la zona del buje se alimenta la luz en la fibra óptica mediante una luminaria 4 y en la zona de la punta la luz sale de las fibras ópticas, de modo que la zona de la punta luce adecuadamente al menos por las noches y por consiguiente advierte al tráfico aéreo de la instalación de energía eólica.

Evidentemente las alternativas mencionadas anteriormente también se pueden combinar entre sí, de modo que junto a una punta iluminada también se puede realizar una supervisión de la curvatura de la luz de una pala de rotor. La luminaria 4 también puede constituir en este caso un diodo emisor luminiscente.

Se entiende en sí mismo que el encendido de las luminarias 4 y 6 se pueda hacer en función de la hora del día correspondiente, oscuridad o la posición correspondiente de una única pala de rotor, por ejemplo, encendido de las luminarias cuando una pala de rotor se sitúa en una posición a las 10 horas a las 12 horas / 14 horas.

Esta medida tiene la ventaja de que, por un lado, se protegen las lámparas y aparte de esto la iluminación sólo se realiza en una posición de la pala de rotor donde además la pala de rotor es visible. Además, con el encendido de las lámparas se mantiene lo más baja posible la perturbación del entorno alrededor de la instalación de energía eólica.

Es evidente realizar la iluminación de la punta descrita mediante una fibra óptica también mediante otras lámparas, por ejemplo, LEDs que se alimentan con corriente luego a través de cables correspondientes.

El dispositivo de control para el control de las lámparas está acoplado preferiblemente con el control de la instalación de energía eólica para que se pueda realizar un encendido de las lámparas dependiente de la posición de la pala de rotor.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la determinación de la desviación de una pala de rotor (10) de una instalación de energía eólica con una conexión de pala de rotor para la conexión a un buje del rotor de una instalación de energía eólica y una punta de pala que se sitúa en el extremo de la pala de rotor opuesto a la pala de rotor (10),  
5 **caracterizado porque** un conductor de luz (14) está tendido a lo largo de la longitud de la pala de rotor, entrando la luz en el extremo de entrada del conductor de luz (14) y saliendo la luz de nuevo en el extremo de salida del conductor de luz (14) y estando previsto un detector que detecta la cantidad de luz saliente, y **porque** el detector está conectado con un dispositivo de evaluación que evalúa la cantidad de la luz entrante y de la saliente y por  
10 consiguiente determina una medida de la desviación de la pala de rotor (10) durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,  
15 **caracterizado porque** el dispositivo de evaluación está conectado con un dispositivo de control de la instalación de energía eólica y la instalación de energía eólica se desconecta o se realiza una regulación del ángulo de pala de rotor (pitch) de la pala de rotor (10) de la instalación de energía eólica si la cantidad de la luz saliente del conductor de luz (14) queda por debajo de un valor predeterminado.

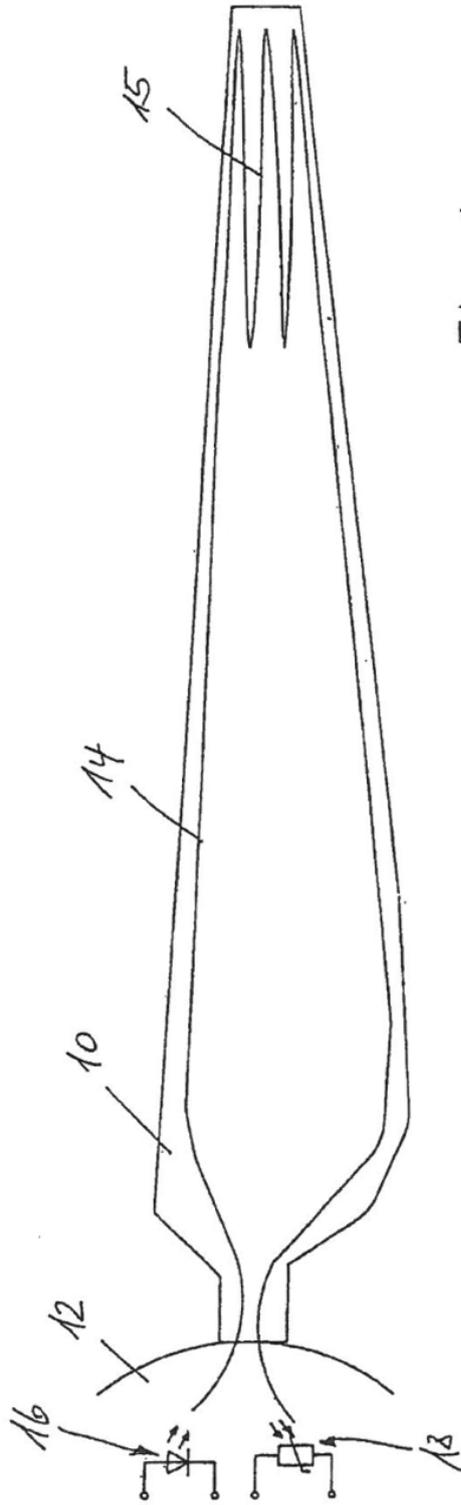


Fig. 1

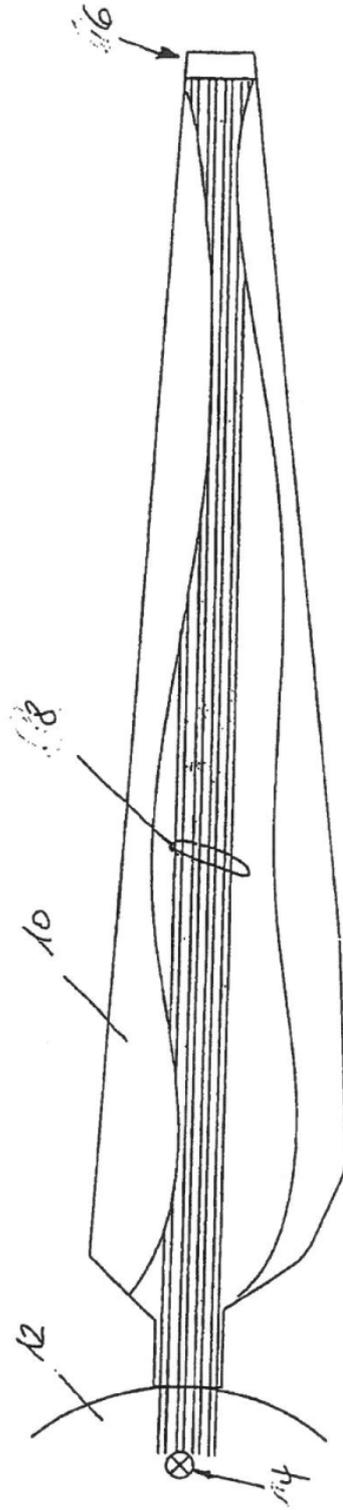


Fig. 2