

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 528**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/95 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

G06T 7/70 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2012** **PCT/EP2012/057188**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012** **WO12152561**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2012** **E 12716395 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** **EP 2707702**

54 Título: **Diagnóstico de palas de rotor**

30 Prioridad:

11.05.2011 DE 102011075675

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

01.03.2021

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

JANSEN, GERHARD

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 808 528 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

Diagnóstico de palas de rotor

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el diagnóstico de una instalación de energía eólica, en particular para el diagnóstico de palas del rotor de una instalación de energía eólica, así como se refiere a un dispositivo correspondiente para el diagnóstico.

En particular, la presente invención se refiere al diagnóstico de una instalación de energía eólica de eje horizontal, con
10 una torre y una góndola con rotor y cubo del rotor, con una pluralidad de palas del rotor, como está representado en la figura 3.

Las palas del rotor de una instalación de energía eólica actualmente pueden presentar longitudes de hasta 60 m y están expuestas a cargas de viento cambiantes y ocasionalmente también a tormentas. De este modo se producen
15 cargas considerables, y en particular las palas de rotor que están fabricadas de forma total o parcial de un material compuesto de fibras, como por ejemplo materiales de fibra de vidrio, pueden resultar dañadas debido a esas cargas excesivas. Los daños de esa clase pueden detectarse por ejemplo mediante la formación de grietas. Es importante detectar tempranamente las formaciones de roturas de esa clase u otros signos de daños para evitar daños más serios, cambiando la pala del rotor o reparándola en caso de que sea posible.

20 Por ese motivo puede ser conveniente una inspección regular de las palas del rotor, en cuanto a eventuales signos de daños. Las inspecciones de esa clase se denominan también como diagnósticos. En principio, los diagnósticos de esa clase también pueden realizarse en otros elementos de una instalación de energía eólica, como por ejemplo en la torre en la góndola. Para diagnosticar las palas del rotor con frecuencia se procede de manera que la instalación de energía
25 eólica se detiene y las superficies de las palas del rotor se examinan mediante aparatos como plataformas elevadoras, plataformas de trabajo o sistemas de descenso. Las inspecciones de esa clase implican una inversión de tiempo y de costes, y mediante los trabajos en altura descritos existe además un riesgo para los trabajadores que realizan esas inspecciones, a saber, diagnósticos, ciertamente un riesgo debido a los trabajos en altura.

30 Como estado de la técnica, en este punto se hace referencia en general a los siguientes documentos: solicitudes DE 10 2006 032 387 A1, DE 103 23 139 A1, DE 10 2008 053 928 A1, DE 10 2009 009 272 A1, así como WO 2010/051 278 A1.

Entre otras cosas, por la solicitud WO 2010/051278 A1 se conoce un procedimiento para inspeccionar una instalación
35 de energía eólica, en particular una pala del rotor, mediante la utilización de un vehículo controlado de forma remota, el cual está equipado con una cámara. Con la ayuda del vehículo controlado de forma remota, la cámara se orienta hacia un área de la aleta del rotor, de manera que puede tomarse una foto del área que debe inspeccionarse. La posición del vehículo de forma relativa con respecto a la pala del rotor se mantiene con la ayuda de señales de GPS.

40 En la solicitud EP 2 218 912 A2 se describen un procedimiento y un dispositivo para verificar la calidad de fabricación de una pala del rotor para instalaciones de energía eólica. Una fuente de luz para la emisión de luz se orienta hacia la superficie de la pala del rotor, donde mediante la luz reflectada debe crearse un perfil de profundidad de una estera de fibra que se extiende por debajo de la superficie de la pala del rotor.

45 Además, en la solicitud US 2008/141778 A1 se describe un procedimiento para el control sin daños de por ejemplo una aleta del rotor de una instalación de energía eólica. La pala del rotor que debe controlarse previamente se mide, de manera complicada, para determinar su geometría. A continuación, una sonda de prueba se desplaza a lo largo de la aleta del rotor, para inspeccionar la estructura en cuanto a daños. Con la ayuda de un dispositivo de posicionamiento se registra el movimiento de la sonda de prueba a lo largo de la pala del rotor. Debido a esto es posible un acoplamiento
50 entre los datos de medición registrados con la sonda de prueba y la posición de la sonda de prueba con respecto a la pala del motor, donde a partir de los datos de posición de la sonda de prueba registrados se calcula la posición asociada en la pieza de trabajo.

Por consiguiente, el objeto de la presente invención consiste en eliminar o reducir al menos uno de los problemas
55 antes descritos. En particular se propone una posibilidad para el diagnóstico mejorado de la instalación de energía eólica, en particular de palas del rotor de la misma, que sea más conveniente en cuanto a los costes que las soluciones anteriores y que reduzca en lo posible un riesgo laboral para el personal de servicio, proponiendo al menos una solución alternativa.

60 Según la invención se propone un procedimiento según la reivindicación 1. Un procedimiento de esa clase está configurado para diagnosticar ópticamente una instalación de energía eólica o una parte de la misma, en particular una pala del rotor o una pluralidad de palas de manera sucesiva, a saber, para inspeccionar ópticamente en cuanto a

eventuales daños, principios de daños o indicios de daños. Conforme a ello se utiliza una cámara, que en particular es una cámara digital de alta resolución. Se consideran igualmente las así llamadas cámaras web o cámaras especiales. Preferentemente se proponen cámaras fotográficas, pero también pueden utilizarse cámaras de filmación. Una cámara de esa clase se orienta hacia un área que debe diagnosticarse, por tanto, hacia un área de la instalación de energía eólica, en particular hacia un área de la pala del rotor. Desde área se toma una foto con la cámara. La foto así tomada puede evaluarse en el lugar o de forma posterior y/o puede archivar. Mediante la foto es posible ahora un diagnóstico óptico del área diagnosticada. En particular con la ayuda de una foto de esa clase puede detectarse una formación de grietas, así como el área diagnosticada puede inspeccionarse en cuanto a una formación de grietas. En lugar de una foto también podría registrarse una secuencia filmada.

Con respecto al área que debe diagnosticarse, así como al área diagnosticada, por tanto al área fotografiada, se detecta además la posición en la pala del rotor y se asocia al área fotografiada y, con ello, al área respectivamente diagnosticada. Para diagnosticar por completo la pala del rotor, u otras áreas de la instalación de energía eólica, el proceso descrito debe repetirse de forma sucesiva para todas las áreas de la respectiva parte que deben inspeccionarse, por tanto, por ejemplo, de la pala del rotor. De este modo, a cada área diagnosticada y, con ello, fotografiada, se detecta y asocia respectivamente una posición, de manera que también puede efectuarse una documentación del resultado del diagnóstico para la pala del rotor.

Preferentemente, la cámara está equipada con una óptica telescópica, en particular con un telescopio y, para tomar una foto del área que debe diagnosticarse, esa área se amplía ópticamente, para obtener de este modo una foto en lo posible de alta resolución.

Mediante la utilización de una óptica telescópica, en particular en combinación con una cámara digital de alta resolución, es posible un diagnóstico óptico cualitativamente valioso de la respectiva área, desde el suelo, de modo que puede evitarse un trabajo en altura, por tanto, un trabajo mediante plataformas elevadoras, plataformas, sistemas de descenso o similares en la pala del rotor o en otras áreas de la instalación de energía eólica.

Preferentemente se diagnostica una pala del rotor de una así llamada instalación de energía eólica de eje horizontal, que presenta un pie de la pala del rotor y una punta de la pala del rotor. El pie de la pala del rotor es la parte de la pala del rotor que está fijada en el cubo del rotor, y la punta de la pala del rotor es la parte de la pala del rotor apartada del cubo

De este modo, la pala del rotor y la cámara preferentemente están orientadas una con respecto a otra de manera que entre la cámara y el pie de la pala del rotor, por una parte, y la cámara y la punta de la pala del rotor, por otra parte, se regula la misma distancia, así como de manera que un eje longitudinal de la pala del rotor, por tanto, un eje desde el pie de la pala del rotor hacia la punta de la pala del rotor, se regula perpendicularmente con respecto a un eje óptico, a saber, un eje óptico, conecta la cámara con un área central de la pala del rotor. Si la cámara se encuentra a una distancia suficientemente grande con respecto a la pala del rotor, lo cual puede ser el caso la mayoría de las veces cuando la cámara se encuentra cerca de la instalación de energía eólica en el suelo, en principio la distancia desde la cámara hacia cualquier área de la pala del rotor es aproximadamente constante. Preferentemente, sin embargo, con la cámara debe disponerse un soporte de la cámara sobre el suelo, para evitar el mencionado trabajo en altura. La disposición mencionada de la pala del rotor con respecto a la cámara, por ejemplo, puede tener lugar de manera que la instalación de energía eólica se desconecte de modo que la pala del rotor permanezca en una posición deseada correspondiente con respecto a la cámara. Dependiendo del lugar en el suelo, en el área de la instalación de energía eólica, la orientación descrita entre la pala del rotor y la cámara también puede tener lugar también mediante una colocación correspondiente de la cámara.

Según una variante se propone que para determinar la posición del área fotografiada se utilice un dispositivo de proyección con una superficie de proyección. Ese dispositivo de proyección está diseñado de manera que, mediante la orientación de la cámara, una posición correspondiente al área diagnosticada se proyecta sobre la superficie de proyección. La orientación de la cámara tiene lugar aquí debido a que la cámara como tal o al menos una parte de la misma, para la orientación, se desplaza sobre el área diagnosticada y después de la orientación adopta una posición orientada correspondiente. La posición orientada se proyecta sobre la superficie de proyección del dispositivo de proyección.

Preferentemente, una proyección tiene lugar mediante un medio de iluminación en la cámara. Ese medio de iluminación puede ser por ejemplo un puntero láser o similares. En particular debería utilizarse una fuente de luz lo menos difusora posible, de modo que para cada orientación de la cámara un punto luminoso o al menos una mancha luminosa sobre la superficie de proyección indique una posición que corresponda al área que respectivamente debe diagnosticarse o al área diagnosticada.

Expresado de otro modo, el dispositivo de proyección está diseñado de manera que en el caso de una exploración

continua de una silueta de la pala del rotor - esto se explica aquí sólo de forma ilustrativa - resulta una imagen en particular reducida sobre la superficie de proyección si se hubiera reproducido el movimiento correspondiente del punto luminoso o de la mancha luminosa del medio de iluminación. Mediante una conexión rígida del medio de iluminación con la cámara que debe orientarse, cada orientación puede mostrarse y documentarse fácilmente sobre la superficie de proyección. La superficie de proyección, por ejemplo, puede ser una hoja de dibujo o una pizarra, y cada posición se marca entonces de forma manual sobre esa pizarra, en correspondencia con el punto luminoso o la mancha luminosa que respectivamente se produce. Del mismo modo, como superficie de proyección puede estar proporcionado un elemento sensor que detecta de forma automatizada la respectiva posición. En el caso de una detección automatizada se considera también otra determinación de la orientación de la cámara, como por ejemplo mediante un sensor de la tasa de rotación. La utilización preferente de una superficie de proyección que debe marcarse de forma manual, sin embargo, es sencilla, conveniente en cuanto a los costes y apropiada.

Para poder asociar las posiciones de las áreas diagnosticadas en la pala del rotor, respectivamente marcadas sobre la superficie de proyección, la pala del rotor puede marcarse de forma reducida, por ejemplo en su silueta o en algunos puntos angulares, sobre la superficie de proyección. Para la orientación se consideran a este respecto en particular la posición de la punta de la pala del rotor y del área del pie, en particular en concreto de la brida, para la fijación en el cubo del rotor. Para ello, la cámara puede orientarse hacia la punta de la pala del rotor y a continuación hacia la brida de la pala del rotor, donde respectivamente el punto correspondiente se marca sobre la superficie de proyección. Debido a por lo menos esos dos puntos angulares, es posible entonces una puesta a escala mediante el conocimiento de las medidas de la pala del rotor, en particular de la longitud de la pala del rotor.

De manera preferente, se propone proporcionar una puesta a escala de la pala del rotor sobre una banda elástica, como una banda de goma. Cuando sobre la pala del rotor, por lo tanto, está marcada una puesta en escala de la pala del rotor conocida, la banda elástica tan sólo debe extenderse de manera que la misma conecte el punto precisamente marcado de la punta de la pala del rotor con el punto marcado de la brida de la pala del rotor. En este caso, la puesta a escala se extiende de modo uniforme sobre la banda elástica y tan sólo necesita transferirse a la superficie de proyección. Igualmente - en tanto sea necesario - también puede efectuarse una puesta a escala en la dirección transversal de la pala del rotor.

Según la invención, se propone además un dispositivo de diagnóstico según la reivindicación 9. Este dispositivo de diagnóstico está configurado para diagnosticar ópticamente una pala del rotor de una instalación de energía eólica. En principio se considera aquí también un diagnóstico de otros elementos, como de la torre o la góndola de la instalación de energía eólica.

El dispositivo de diagnóstico presenta una cámara para la toma de respectivamente una foto de un área de la pala del rotor que debe diagnosticarse. Un dispositivo de orientación está conectado a la cámara para orientar la cámara hacia el área que debe diagnosticarse. En particular puede utilizarse para ello un pie regulable, por tanto un pie con un sistema mecánico de movimiento para la cámara, que puede bloquearse o fijarse. Además, el dispositivo de diagnóstico presenta un dispositivo de detección de posición que está configurado para detectar la respectiva posición del área que debe diagnosticarse, así como del área diagnosticada.

Preferentemente, la cámara está provista de una óptica telescópica, en particular de un telescopio, para ampliar ópticamente las áreas que deben diagnosticarse, en particular para poder tomar una foto ampliada del área que respectivamente debe diagnosticarse. Preferentemente, en particular junto con una óptica telescópica de esa clase, se utiliza una cámara fotográfica de alta resolución.

Según una variante, el dispositivo de detección de posición está diseñado como dispositivo de proyección con una superficie de proyección. Preferentemente, la cámara está conectada a un medio de iluminación, en particular a un puntero láser, para producir una mancha luminosa sobre la superficie de proyección, en una posición que corresponde a la posición del área que debe diagnosticarse en la pala del rotor.

En otra forma de realización se propone proporcionar un dispositivo de procesamiento de datos para asociar la respectiva foto de la respectiva área que debe diagnosticarse, a la posición detectada del área que debe diagnosticarse. Preferentemente, ese dispositivo de procesamiento de datos está configurado para almacenar fotos con la posición asociada. Debido a esto se propone una mayor automatización que posibilite un diagnóstico óptico de una pala del rotor con una documentación subsiguiente, donde la documentación puede tomarse de forma completa o parcial desde el dispositivo de detección de datos. Gracias a esto se ahorra tiempo y se evitan fuentes de errores.

Se considera conveniente que el dispositivo de orientación presente al menos un controlador electrónico y un accionamiento motriz para la orientación automatizada de la cámara. Debido a esto, de manera sencilla, puede proporcionarse un diagnóstico óptico. Gracias a esto es posible explorar de manera sucesiva las áreas que deben diagnosticarse de una pala del rotor, por tanto, en particular todas las áreas superficiales de una pala del rotor,

respectivamente tomar una o, por razones de seguridad, varias fotos, para cada área, documentarlas y archivarlas. Aun cuando no se halle ninguna grieta u otro signo de un daño de la pala del rotor, una documentación de esa clase puede servir posteriormente como prueba. Mediante el diagnóstico de la pala del rotor, o de otra parte de una instalación de energía eólica, a través del dispositivo de diagnóstico, a saber, en particular desde el suelo, puede proporcionarse una técnica de automatización correspondiente para el dispositivo de diagnóstico.

Preferentemente, un dispositivo de orientación automatizado de esa clase está acoplado al dispositivo de procesamiento de datos, para ser controlado por el dispositivo de procesamiento de datos. De este modo, la ejecución y el archivado del diagnóstico, y eventualmente también evaluaciones del diagnóstico, pueden realizarse de forma automatizada. Debido a esto, ahorros de tiempo correspondientes y reproducibilidades mejoradas, pueden considerarse como ventajas. Preferentemente, el dispositivo de procesamiento de datos presenta un software de procesamiento de imágenes que puede evaluar cada imagen en cuanto a una formación de grietas o a otros signos conocidos de daños, o al menos puede evaluarlas de forma previa.

Por último, para una automatización aumentada y para evitar trabajos en altura complicados, también un aspecto de seguridad puede mencionarse como otra ventaja. Si precisamente puede alcanzarse una simplificación muy importante del diagnóstico, entonces un diagnóstico puede realizarse fácilmente a distancias más cortas, debido a lo cual puede garantizarse una seguridad aumentada. Si tiene lugar un diagnóstico automatizado de la pala del rotor, durante el diagnóstico son necesarios también periodos de detención marcadamente más cortos de la instalación de energía eólica.

De este modo se proponen un procedimiento y un dispositivo para el diagnóstico óptico de partes de una instalación de energía eólica, en particular de áreas de una pala del rotor. Debido a esto deben alcanzarse en particular ahorros de costes y tiempo en el diagnóstico de palas de rotor, así como una reducción al mínimo de riesgos debido al trabajo en altura.

Puede lograrse además una optimización de la planificación operativa para el personal de servicio de las palas del rotor, por tanto, el personal de servicio que usualmente realiza los diagnósticos de las palas del rotor. Además, se vuelve posible o al menos se simplifica un diagnóstico a gran escala, una mejora de la planificación operativa del mantenimiento de las palas del rotor, por ejemplo, puede tener lugar de manera que un diagnóstico tenga lugar en el momento correcto, en la instalación correcta. Se favorece además un mantenimiento orientado al estado. A través de un diagnóstico rápido de palas del rotor y, con ello, a través de periodos de detención cortos, aumenta también la aceptabilidad en la compañía operadora de la instalación de energía eólica, para aceptar un diagnóstico de esa clase y un estado de detención asociado a ello.

El diagnóstico propuesto, así como el dispositivo de diagnóstico, apunta en particular a un diagnóstico desde el suelo. En principio puede utilizarse un telescopio usual en el comercio, que sea adecuado para las observaciones terrestres. Los telescopios modernos de esa clase presentan las ventajas de que son convenientes en cuanto a los costes, transportables y en parte pueden controlarse con precisión, a saber, tanto de forma manual como también mediante un ordenador. Otra ventaja es que la técnica de la cámara conocida puede adaptarse, como por ejemplo una cámara web o una tecnología de cámaras de alta calidad. En principio se considera también la utilización de cámaras especiales para imágenes térmicas o tomas infrarrojas. Preferentemente debe utilizarse una cámara de alta resolución que, sin embargo, puede estar limitada en combinación con un telescopio. Además, puede utilizarse software para la configuración y el control. Para aplicaciones especiales, como por ejemplo la adaptación concreta a la forma de la pala del rotor que debe diagnosticarse, los sistemas utilizados pueden posibilitar interfaces abiertas para las adaptaciones a aplicaciones especiales.

Una posibilidad de la ejecución del diagnóstico tiene lugar mediante un telescopio de la marca "Meade", número de identificación LX90, como por ejemplo en la página de Internet <http://www.meade.com/lx90/index.html>. En este caso se trata de un aparato de 8 pulgadas, que dispone de GPS y brújula, y que se orienta de forma motriz.

La orientación de ese telescopio, para observaciones astronómicas, tiene lugar de forma ampliamente automática con la ayuda de GPS y brújula. En el modo terrestre que puede utilizarse para el diagnóstico, el telescopio preferentemente se posiciona y controla de forma manual, mediante un control remoto. No obstante, de manera preferente, también aquí una adaptación puede tener lugar mediante interfaces proporcionadas y puede preverse una automatización para pruebas reiteradas.

En principio puede realizarse un diagnóstico estrictamente manual mediante un telescopio, por tanto, exclusivamente mirando por el telescopio. En principio, sin embargo, para la documentación fotográfica se propone proporcionar una cámara de alta calidad de 20 megapíxeles del tipo Canon EOS5D o una cámara web usual en el comercio, como por ejemplo una cámara Logitech de 2 megapíxeles, o una cámara digital pequeña usual en el comercio, como por ejemplo una cámara Canon Powershot A460 de 5 megapíxeles. También pueden utilizarse otras cámaras y adaptarlas a un

telescopio correspondiente, como por ejemplo una cámara de la empresa "The Imaging Source".

En lugar del aparato de 8 pulgadas mencionado se propone la utilización de un aparato de 10 pulgadas o de 12 pulgadas.

5

La estructura del dispositivo de diagnóstico, así como la orientación y la alineación de la pala del rotor, se describen a continuación en un ejemplo concreto.

Se utiliza un telescopio que se monta sobre un pie estable. Como una forma de realización se propone proporcionar el equipamiento, por tanto el telescopio, sobre un vehículo, en el que el telescopio puede permanecer completamente en el vehículo. Para ello, para el vehículo se utiliza un marco que puede bajarse mediante un piso del vehículo. De este modo, el telescopio se encuentra sobre el marco que puede bajarse, de modo que el telescopio tiene entonces una posición vertical fija sobre el suelo, no obstante, se encuentra en el vehículo, al menos parcialmente en el vehículo. Gracias a esto pueden reducirse tiempos de preparación mediante un montaje y desmontaje del telescopio. En principio con el vehículo puede desplazarse hacia el lugar deseado, abrirse la puerta del vehículo correspondiente e iniciarse el diagnóstico. Bajando el marco a través del piso del vehículo resulta un desacoplamiento del vehículo y el telescopio. Debido a esto puede mejorarse de modo determinante la calidad de las imágenes, así como en principio alcanzarse una calidad elevada porque para ello en particular debe estar garantizada una estructura más estable. De manera alternativa o adicional pueden utilizarse sistemas estabilización para estabilizar la imagen, lo cual se propone como una forma realización. Para la orientación, el telescopio puede controlarse manualmente mediante un controlador remoto o de forma controlada por ordenador. Una cámara puede montarse sobre el lente ocular del telescopio.

La pala del rotor se posiciona de manera que mediante la longitud de la pala se alcanza prácticamente la misma distancia entre la pala del rotor y el telescopio o la cámara. La medición del alejamiento puede tener lugar por ejemplo con un así llamado telémetro.

En este caso, primero se determina el alejamiento entre el telescopio y la ampliación de la pala o el lado inferior de la góndola. Esa distancia debe regularse entonces también entre la punta de la pala del rotor, por tanto entre la punta del ala y el telescopio. Para ello, el rotor primero puede desplazarse despacio, por tanto en principio rotar debido al viento, pero sin fuerza, para después, en el armario de control de la instalación de energía eólica, mediante el accionamiento del interruptor de emergencia, en el momento correcto, detener el rotor y, con ello, la pala del rotor que debe diagnosticarse, en el punto deseado.

Una distancia lo más constante posible entre el telescopio y la pala del rotor, así como entre otro componente que debe inspeccionarse, en toda la longitud de la pala del rotor o en toda la longitud del componente, logra que el enfoque deba reajustarse poco o no deba reajustarse en absoluto. Eventualmente puede ser suficiente con un enfoque para el diagnóstico de toda la pala del rotor. Si la pala del rotor no está orientada en ese modo deseado, sin embargo, el diagnóstico óptico puede realizarse, pero implica una mayor inversión en cuanto al enfoque.

40

Para la orientación en la pala del rotor, en el telescopio o en la cámara está montado un puntero láser que proyecta un punto sobre una pizarra detrás del telescopio. Para la orientación en la pala del rotor, con el telescopio se acerca a la punta del ala y la posición de la punta del ala se marca sobre la pizarra. En el caso de una instalación de energía eólica Enercon E82 esto corresponde a un radio de 41 m. En siguiente lugar, se acerca al área del pie, así como a la placa del ala, lo cual básicamente coincide también con una brida de la pala del rotor para la fijación en el cubo del rotor. Para el ejemplo de la instalación de energía eólica Enercon E82, esto corresponde a un radio de 3,1 m. También ese punto se marca en la pizarra, y el resto de los radios entre esos dos puntos pueden determinarse de forma sencilla.

Se calculan los radios, por ejemplo en la distancia de metros, y se marcan sobre la pizarra, o se utiliza una banda elástica, en particular una banda de goma, sobre la cual está marcada una cuadrícula para la instalación de energía eólica, por tanto, en el ejemplo anterior para la pala del rotor de la instalación de energía eólica Enercon E82. La distancia entre el telescopio y la pala del rotor puede variar de instalación a instalación, y también la distancia entre el telescopio y la pizarra, por tanto la superficie de proyección, puede variar levemente. A través de la extensión de la banda elástica y, con ello, de la cuadrícula de la banda elástica aplicada encima, las medidas de referencia pueden transferirse a la pizarra de manera sencilla. De manera alternativa, por ejemplo, puede colocarse o trazarse una medida de referencia en la pizarra, por tanto una puesta a escala mediante un metro plegable, y calcular los radios correspondientes. Además, existe la posibilidad de realizar una orientación mediante información sobre ángulos o indicaciones sobre ángulos del telescopio y las relaciones geométricas. Preferentemente, se propone proporcionar marcas de referencia en la pala del rotor, que lea y procese un sistema correspondiente, como un dispositivo de procesamiento de datos que está conectado al dispositivo de diagnóstico, en particular a la cámara. Gracias a esto puede efectuarse o mejorarse una orientación en la pala del rotor.

60

Según una forma de realización de la invención se propone un procedimiento que está caracterizado porque para detectar la posición del área fotografiada se detecta al menos un ángulo de orientación de la cámara, así como de una óptica telescópica utilizada, con respecto a una orientación de referencia. Mediante la detección de un ángulo de esa clase puede determinarse la posición del área respectivamente fotografiada y, con ello, diagnosticada. Para ello, el ángulo puede detectarse en una dirección, por ejemplo una dirección longitudinal de la parte diagnosticada, para detectar una posición en cuanto a esa orientación en la parte. De manera opcional puede registrarse al menos otro ángulo, en particular en una dirección transversal con respecto a la dirección longitudinal mencionada, o de forma transversal con respecto a otra primera dirección, para poder determinar un área diagnosticada también en dos direcciones, para de ese modo determinar una posición respectivamente sobre una superficie, por tanto, de forma bidimensional. Las posibilidades tomadas como base se explican a continuación en particular para la detección de un ángulo en una dirección, lo cual sin embargo puede aplicarse también de modo conveniente, con facilidad, en la utilización de al menos dos ángulos.

A partir de un ángulo registrado, mediante relaciones conocidas, un lugar efectivo sobre la parte diagnosticada puede asociarse en el sentido de coordenadas o de dimensiones. Expresado de otro modo, valores de ángulos pueden convertirse en valores de longitudes correspondientes. De manera alternativa, los valores de ángulos sin una conversión pueden almacenarse de forma sencilla como valores de referencia. El ángulo de orientación se refiere a una orientación de referencia que puede establecerse de forma arbitraria. Una posibilidad del establecimiento de la orientación de referencia consiste en asociar a la misma un punto característico en la parte que debe diagnosticarse, como por ejemplo en el centro o en el borde de la parte que debe diagnosticarse.

De manera preferente se sugiere detectar al menos una dimensión en una dirección longitudinal de la parte que debe diagnosticarse, desde un primer punto de referencia hacia un segundo punto de referencia de esa parte. Por ejemplo, la parte que debe diagnosticarse puede ser una pala del rotor, y el primer punto de referencia se sitúa en el pie de la pala del rotor, y el segundo punto de referencia se sitúa en la punta de la pala del rotor. La detección de la dimensión en dirección longitudinal, por tanto en el ejemplo de la detección de la longitud de la pala del rotor, también puede tener lugar debido a que el valor correspondiente ya es conocido o se extrae de una hoja de datos.

Además, se registran un primer ángulo de referencia y un segundo ángulo de referencia. Los mismos se refieren respectivamente al ángulo de orientación de la cámara o de la óptica telescópica, con respecto al primer, así como al segundo punto de referencia. En el ejemplo mencionado, el primer ángulo de referencia, de este modo, indica el ángulo en el caso de la orientación con respecto al pie de la pala del rotor, y el segundo ángulo de referencia indica el ángulo de orientación en el caso de una orientación con respecto a la punta de la pala del rotor. Debido a esto es conocido también un ángulo diferencial entre el primer y el segundo ángulo de orientación, o bien puede calcularse de manera sencilla. Además, a un ángulo diferencial de esa clase puede asociarse la dimensión, por tanto la longitud de la pala del rotor, del ejemplo mencionado.

Además, respectivamente se registra un ángulo de orientación actual de la cámara o de la óptica telescópica con respecto al área actualmente diagnosticada. De este modo, el ángulo de orientación actual es aquel ángulo que se presenta cuando la cámara fotográfica o la óptica telescópica está orientada hacia el área que respectivamente debe diagnosticarse. Ese ángulo de orientación actual puede asociarse a la foto registrada en este caso, del área correspondiente. Preferentemente, el mismo se almacena en una tabla junto con la foto o con un código de identificación, como un número de referencia de la foto tomada.

Además, a partir del ángulo de orientación actual, considerando los dos ángulos de referencia y la dimensión, puede determinarse la posición actual. Esto puede tener lugar por ejemplo mediante interpolación.

Por ejemplo, si una pala del rotor de 50 m de longitud, para el diagnóstico, se orienta perpendicularmente con respecto a una dirección visual desde un dispositivo de diagnóstico, y el primer ángulo de referencia, a saber, el ángulo con respecto al pie de la pala del rotor, asciende a 5 grados, y el segundo ángulo de referencia, a saber, el ángulo con respecto a la punta de la pala del rotor asciende a -5 grados, entonces a cada grado, en una primera aproximación, puede asociarse una dimensión de 5 m. Por lo tanto, por ejemplo, si un ángulo de orientación actual asciende a 2 grados, entonces el área diagnosticada correspondiente se encuentra 15 m por debajo del pie de la pala del rotor. Esa posición puede almacenarse en una tabla junto con un número de referencia de las fotos de esa área. También pasos angulares más reducidos pueden asociarse a una posición. La asociación puede tener lugar por ejemplo mediante interpolación. De manera alternativa, mediante la utilización de funciones trigonométricas la posición puede calcularse con mayor precisión y almacenarse o, de manera alternativa, primero almacenarse y después calcularse.

El dispositivo de diagnóstico presenta de este modo un dispositivo de detección de posición que comprende un medio de detección de ángulos. Ese medio de detección de ángulos puede detectar un ángulo de orientación de una cámara, en particular de una cámara fotográfica, y/o de una óptica telescópica, y en particular puede procesarlo posteriormente, mediante tecnología de procesamiento de datos, como por ejemplo puede transmitirlo a un dispositivo de

procesamiento de datos conectado. El medio de detección de ángulos puede estar provisto de una brújula y/o de un sensor de la tasa de rotación y/o de un nivel, para de ese modo poder determinar un ángulo relativo y/o un ángulo absoluto. Son posibles igualmente otras implementaciones técnicas.

- 5 La utilización de un dispositivo de detección de posición mediante un medio de detección de ángulos, de manera alternativa o adicional, puede tener lugar para detectar una posición diagnosticada mediante un dispositivo de proyección.

10 A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo mediante ejemplos de realización en relación con las figuras adjuntas.

La figura 1, de manera esquemática, muestra una disposición con una instalación de energía eólica preparada para el diagnóstico.

- 15 La figura 2, de manera esquemática, muestra un dispositivo para el diagnóstico de la pala del rotor.

La figura 3 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica.

20 La figura 1 muestra de manera esquemática una instalación de energía eólica 1 con una torre 2 y una góndola 4, así como cubo 4, que presenta tres palas de rotor 6, de las cuales sólo una está representada en la figura 1.

Un observador 10 se encuentra distanciado de la torre 2 en una distancia de observación 8. La distancia de observación 8 está indicada mediante una flecha doble, y en el presente ejemplo asciende a 100m, lo cual solamente representa un valor ilustrativo.

- 25 En este caso, el diagnóstico debe efectuarse desde la posición del observador 10.

La pala del rotor 6 presenta una punta de la pala del rotor 12, denominada también como "punta del ala". Hacia la góndola o cubo 4, la pala del rotor 6 presenta un área del pie 14 con una brida para la fijación en la góndola o cubo 4. En este caso la brida no está representada en detalle, pero esencialmente forma el área de contacto del cubo con respecto a la pala del rotor 6. Entre la punta de la pala del rotor 12 y el área del pie 14 está conformada un área central 16.

- 35 La instalación de energía eólica se mantiene de manera tal para el diagnóstico, de manera que la pala del rotor 6 que debe inspeccionarse se bloquea de manera que la distancia entre el área del pie 14 y la punta de la pala del rotor 12 con respecto al observador 10 sea lo más idéntica posible. En tanto la distancia de observación 8 y, con ello también la distancia del observador 10 desde la pala del rotor 6, sólo sea suficientemente grande, la distancia desde el observador 10 hacia el área central 16 de la pala del rotor 6 corresponde también aproximadamente a la distancia desde el observador 10 hacia el área del pie 14, así como hacia la punta de la pala del rotor 12, de la pala del rotor 6.

- 40 En el ejemplo seleccionado según la figura 2 para una ilustración, la instalación de energía eólica 1 presenta una altura del cubo de 100 m. La distancia de observación 8, desde el observador 10 hasta la torre 2, a saber, hasta la base de la torre, asciende igualmente a 100 m. No obstante, no es necesario que la distancia de observación 8 corresponda a la altura del cubo. Esa forma de realización preferente, sin embargo, es muy adecuada para explicar el presente procedimiento de detección. La longitud de la pala del rotor 6 del ejemplo mostrado asciende a 40 m, donde de manera simplificada el punto central del cubo del rotor 4 con el área del pie 14 de la pala del rotor 6, se supone como coincidente. La distancia de la brida 18, por tanto, la distancia del observador 10 con respecto al área del pie, así como el área de la brida 14 de la pala del rotor 6, asciende con ello a 141 m.

- 50 El rotor ahora ha sido apartado en una posición tal, que la pala del rotor 6 se encuentra en dicha posición, de manera que la distancia de la punta del ala 20, a saber, la distancia del observador 10 con respecto a la punta de la pala del rotor, es tan grande como la distancia de la brida, a saber, 141 m. La distancia de la punta del ala puede denominarse también como distancia con respecto a la punta de la pala del rotor. De manera correspondiente resulta una distancia del área central 22, a saber, la distancia del observador 10 con respecto al área central 16 de la pala del rotor 6, de 55 139 m. De manera correspondiente, aproximadamente - hasta unos pocos metros - resulta una distancia idéntica desde el observador 10 hacia diferentes áreas de la pala del rotor 6. Para una observación de la pala del rotor desde el observador 10, mediante un aparato óptico, de este modo, puede ser suficiente con un único enfoque de precisión para el diagnóstico de toda la pala del rotor 6. Para ello, en el ejemplo mostrado, la profundidad del enfoque o la corrección de la profundidad del enfoque del aparato óptico sólo necesita ascender a aproximadamente 2 m o bien 60 compensarse.

Una disposición de diagnóstico 30, por tanto, una disposición para realizar un diagnóstico de una pala del rotor, está

ilustrada en la figura 2. La disposición de diagnóstico 30 presenta esencialmente una cámara 32, en particular una cámara fotográfica digital, así como un medio de registro de proyección 34 con una superficie de proyección 36. Como medio de registro de proyección puede utilizarse por ejemplo una así llamada pizarra, por tanto, un tablero con papel de escribir o papel de dibujo. La cámara 32, de manera preferente, está fijada sobre un pie - no mostrado en la representación esquemática de la figura 2 -, para ser orientada sobre ese pie en dirección hacia la pala del rotor 6, hacia el área de la pala del rotor 6 que respectivamente debe diagnosticarse. De este modo, la cámara 32 se orienta de forma sucesiva hacia las áreas superficiales de la pala del rotor 6 que debe diagnosticarse, y las áreas correspondientes se fotografían y pueden evaluarse en el lugar o de forma posterior. La figura 2 ilustra a modo de ejemplo la orientación 18' hacia la brida, así como hacia la sección del pie 14 de la pala del rotor 6, la orientación 20' en la dirección hacia la punta del ala, o la punta de la pala del rotor 12, y la orientación 22' hacia el área central 16 de la pala del rotor 6. Las orientaciones 18', 20' y 22', de este modo, se extienden a lo largo de las líneas representadas en la figura 2, que ilustran la distancia de la brida 18, la distancia de la punta del ala 20, así como la distancia del área central 22.

- 15 En aras de la exhaustividad cabe mencionar que las figuras 1 y 2 explican en un plano el procedimiento de diagnóstico a modo de ejemplo, de manera que la orientación de la cámara 32 sólo varía a lo largo de un eje longitudinal de la pala del rotor 6. Efectivamente puede modificarse por supuesto también una orientación de manera transversal con respecto al eje longitudinal de la pala del rotor. La figura 2, con respecto a la orientación, ilustra una dirección de pivote 38 con una flecha doble correspondiente, a través de la cual la cámara 32 puede orientarse a lo largo de la dirección longitudinal de la pala del rotor, mientras que una segunda dirección de pivote, para la orientación de manera transversal con respecto a la dirección longitudinal de la pala del rotor 6, se extiende hacia el interior del plano del dibujo de la figura 2, y por ese motivo no está representada.

Además, la cámara 32 presenta un medio de iluminación, como por ejemplo un puntero láser o un puntero láser modificado, que produce un haz de luz a lo largo del eje óptico de la cámara 32, en dirección hacia atrás, a saber, desde la cámara 32 en dirección hacia la superficie de proyección 36. Para las orientaciones mostradas en la figura 2, a saber, la orientación 18' hacia la brida, 20' hacia la punta del ala y 22' hacia el área central, están marcados haces de proyección correspondientes, que corresponden a la orientación correspondiente. De este modo resulta un haz de proyección de la brida 18" en el caso de una orientación de la brida 18', un haz de protección de la punta del ala 20", en el caso de una orientación 20' hacia la punta del ala y un haz de proyección del área central 22" en el caso de una orientación del área central 22'. Mediante la mancha luminosa que se produce sobre la superficie de proyección 36 puede documentarse el diagnóstico de la pala del rotor 6 sobre la superficie de proyección 36. De este modo, sobre cada foto que se toma en un área de la pala del rotor 6 puede anotarse un número de archivo correspondiente, por ejemplo un número del archivo de fotos, en la posición correspondiente, sobre la superficie de proyección 36.

35 A través de ese haz de luz irradiado hacia atrás, que también puede estar proporcionado en otras direcciones, toda la forma, por ejemplo una silueta de la pala del rotor, puede dibujarse sobre la superficie de proyección 36, que por ejemplo puede ser una hoja de dibujo. La pala del rotor proyectada de ese modo está rotada en 180° con respecto a la pala del rotor original 6, y se encuentra reducida. Puesto que es conocido el tamaño de la pala del rotor que debe diagnosticarse, es posible de manera sencilla una puesta a escala de la proyección sobre la superficie de proyección 36. Por ejemplo, con el fin de una simplificación, puede estar proporcionada una puesta a escala prevista o en el caso de un diagnóstico anterior de una instalación de energía eólica con la misma construcción, una puesta a escala registrada puede estar proporcionada sobre una banda de goma. Debido a esto, de manera sencilla, la puesta a escala puede transferirse a la nueva proyección, donde en el caso de leves desviaciones de las relaciones de magnitudes la banda de goma que lleva la puesta a escala puede extenderse al nuevo tamaño. La puesta a escala se adapta de forma proporcional y no necesita recalcularse nuevamente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el diagnóstico óptico de una instalación de energía eólica (1) o de una parte de la misma, en particular de una pala del rotor (6), que comprende las etapas:
 - 5 - orientación de una cámara (32) hacia un área que debe diagnosticarse,
 - toma de una foto del área que debe diagnosticarse con la cámara (32),
 - detección de la posición del área fotografiada con un dispositivo de detección de posición con al menos un medio de detección de ángulos, detectándose al menos un ángulo de orientación de la cámara y/o de una óptica telescópica con respecto a una orientación de referencia, y
 - 10 - asociación de la posición determinada al área fotografiada,
 - detección de al menos una dimensión en una dirección longitudinal de la parte que debe diagnosticarse, desde un primer punto de referencia hacia un segundo punto de referencia de la parte,
 - registro de al menos un primer ángulo de referencia que indica el ángulo de orientación con respecto al primer punto de referencia,
 - 15 - registro de al menos un segundo ángulo de referencia que indica el ángulo de orientación con respecto al segundo punto de referencia,
 - registro de un ángulo de orientación actual que indica el ángulo de orientación con respecto al área actualmente diagnosticada, y
 - determinación de la posición actual del área actualmente diagnosticada, al menos con respecto a la dirección longitudinal de la parte, a partir del ángulo de orientación actual, de los ángulos de referencia y opcionalmente de la dimensión en dirección longitudinal.
 - 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se utiliza una cámara (32) con óptica telescópica y el área que debe diagnosticarse, para tomar una foto, se amplía ópticamente mediante la óptica telescópica.
 - 25
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque se diagnostica una pala del rotor (6) con un pie de la pala del rotor (20) y una punta de la pala del rotor (12) y porque la pala del rotor (6) y la cámara (32) se orientan una con respecto a otra de manera que entre la cámara (32) y el pie de la pala del rotor (14), por una parte,
 - 30 y entre la cámara (32) y la punta de la pala del rotor (12), por otra parte, se regula misma distancia, y/o porque un eje longitudinal de la pala del rotor (6) se sitúa perpendicularmente con respecto a un eje óptico entre la cámara (32) y un área central (16) de la pala del rotor (6).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por la etapa
 - 35 - almacenamiento en una tabla del ángulo de orientación actual y/o de la posición actual determinada, junto con datos del diagnóstico registrado, en particular junto con la foto tomada y/o con un código de identificación de la foto tomada.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se diagnostica una pala del rotor y el primer punto de referencia está definido en el área del pie de la pala del rotor y el segundo punto de referencia está definido en la punta de la pala de la pala del rotor.
 - 40
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque para determinar la posición del área fotografiada está proporcionado un dispositivo de proyección (30) con una superficie de proyección (36), para a través de la orientación de la cámara (32) proyectar una posición correspondiente al área
 - 45 que debe diagnosticarse, sobre la superficie de proyección (36).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la cámara (32) presenta un medio de iluminación, en particular un puntero láser, para proporcionar luz sobre una o sobre la superficie de proyección (36), independientemente de la orientación de la cámara (32), de manera que sobre la superficie de proyección (36) se hace visible un punto luminoso o una mancha luminosa.
 - 50
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una o la superficie de proyección (36) se pone a escala mediante una escala aplicada sobre una banda elástica, donde la banda elástica se extiende sobre una sección que debe ponerse a escala, para poner a escala la superficie de
 - 55 proyección (36).
9. Dispositivo de diagnóstico (30) para el diagnóstico óptico de una pala del rotor (6) de una instalación de energía eólica (1), que comprende:
 - una cámara (32) para tomar respectivamente una foto de un área de la pala del rotor (6) que debe diagnosticarse,
 - 60 - un dispositivo de orientación conectado a la cámara (32), para orientar la cámara (32) hacia el área que debe diagnosticarse,
 - un dispositivo de detección de posición para detectar la posición del área que debe diagnosticarse,

- un dispositivo de procesamiento de datos para asociar la respectiva foto de la respectiva área que debe diagnosticarse, a la posición detectada del área que debe diagnosticarse,
donde el dispositivo de orientación presenta al menos un controlador electrónico y un accionamiento motriz para la orientación automatizada de la cámara (32) y el dispositivo de orientación está acoplado al dispositivo de
- 5 procesamiento de datos, para ser controlado a través del dispositivo de procesamiento de datos, y
donde el dispositivo de detección de posición comprende un medio de detección de ángulos para registrar al menos un ángulo de orientación de la cámara, donde el dispositivo de diagnóstico está configurado para
- detectar al menos una dimensión en una dirección longitudinal de la parte que debe diagnosticarse, desde un primer punto de referencia hacia un segundo punto de referencia de la parte,
- 10 - registrar al menos un primer ángulo de referencia que indica el ángulo de orientación con respecto al primer punto de referencia,
- registrar al menos un segundo ángulo de referencia que indica el ángulo de orientación con respecto al segundo punto de referencia,
- registrar un ángulo de orientación actual que indica el ángulo de orientación con respecto al área actualmente
- 15 diagnosticada, y
- determinar la posición actual del área actualmente diagnosticada, al menos con respecto a la dirección longitudinal de la parte, a partir del ángulo de orientación actual, de los ángulos de referencia y opcionalmente de la dimensión en dirección longitudinal.
- 20 10. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación 9, caracterizado porque la cámara (32) está equipada con una óptica telescópica, en particular con un telescopio, para ampliar ópticamente el área que debe diagnosticarse antes de la toma de una foto.
11. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación 9 o 10, caracterizado porque el dispositivo de
- 25 detección de posición está diseñado como dispositivo de proyección (34) con una superficie de proyección (36) y opcionalmente presenta un medio de iluminación conectado a la cámara (32), en particular un punto láser, para producir una mancha luminosa o un punto luminoso sobre la superficie de proyección (36) en una posición correspondiente a la posición del área que debe diagnosticarse.
- 30 12. Dispositivo de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende un dispositivo de procesamiento de datos para almacenar la foto con la posición asociada o datos de identificación de la misma.
13. Dispositivo de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado porque un o
- 35 el dispositivo de procesamiento de datos presenta un software de procesamiento de imágenes para evaluar respectivamente una foto de un área que debe diagnosticarse.
14. Dispositivo de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado porque el
- 40 dispositivo de detección de posición comprende un medio de detección de ángulos para registrar al menos un ángulo de orientación de la o de una óptica telescópica.

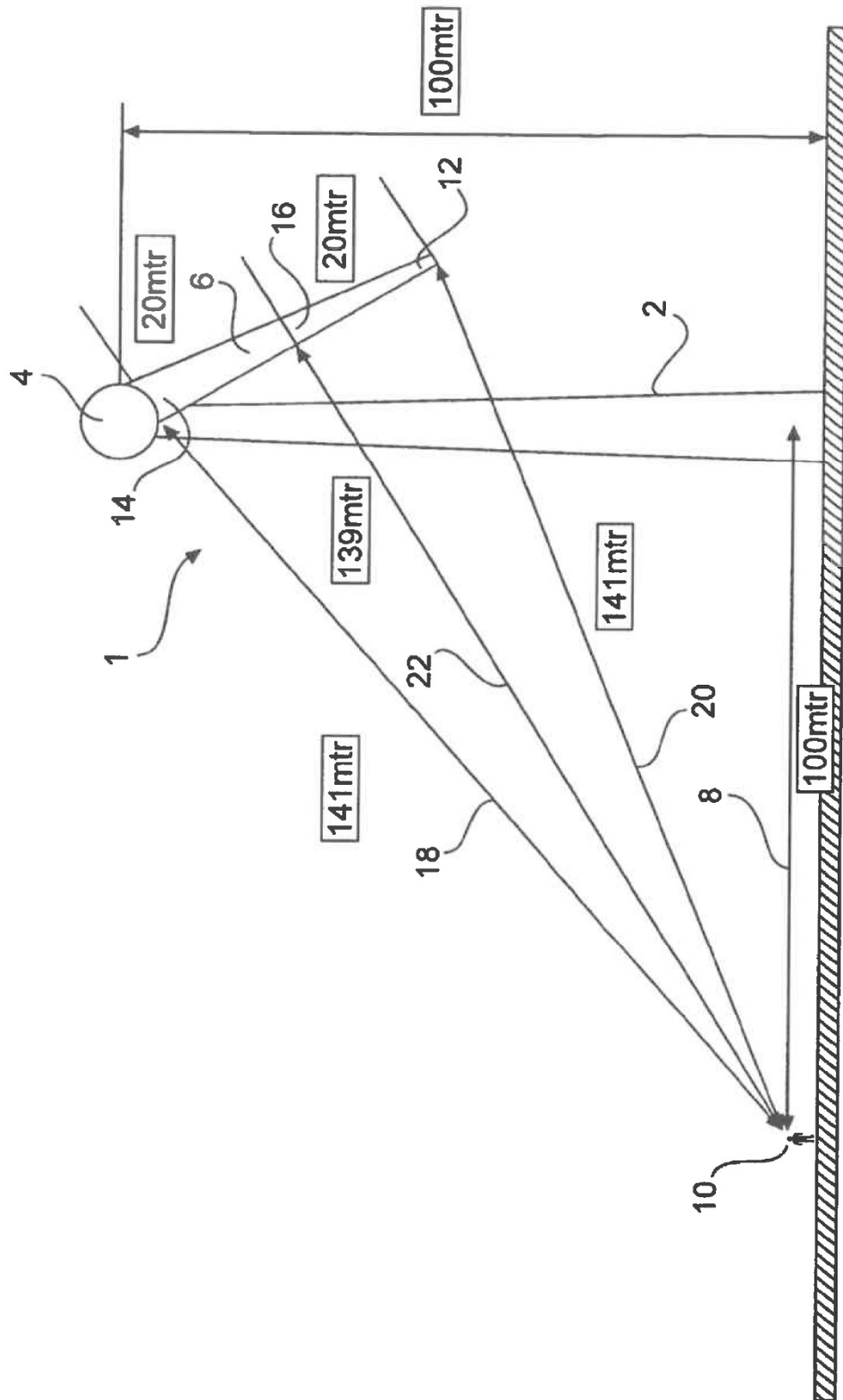


Fig. 1

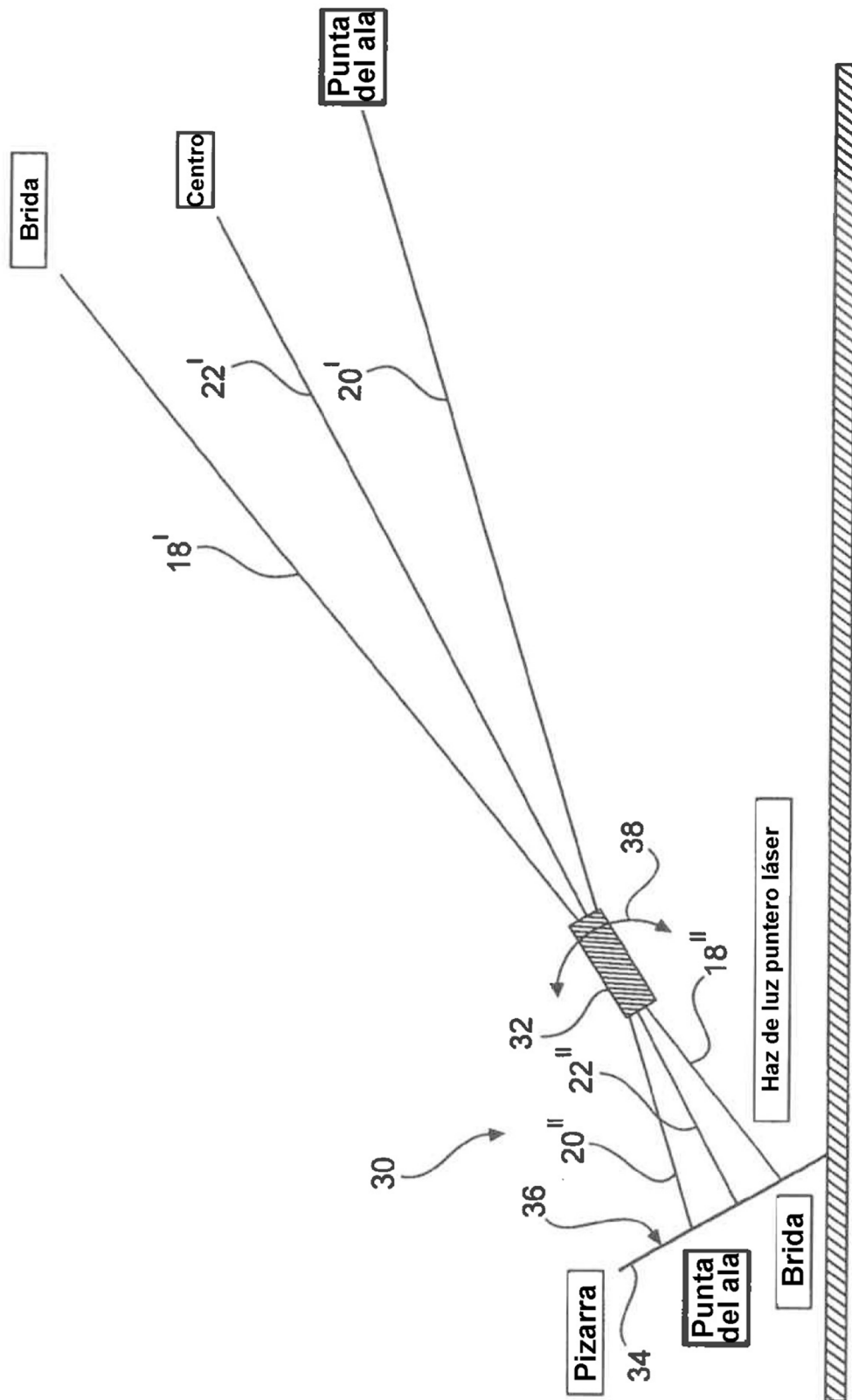


Fig. 2

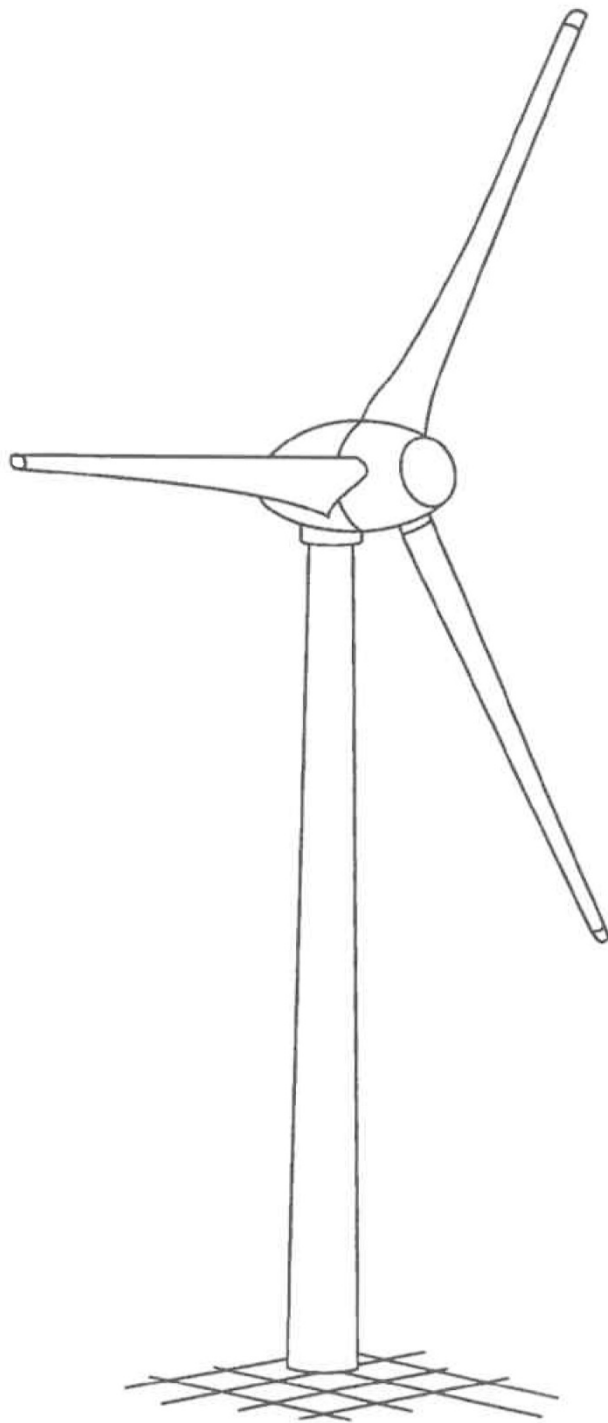


Fig. 3