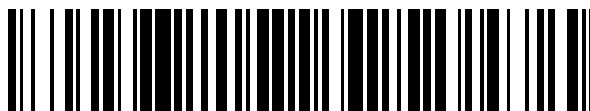


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 848 544**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

F16C 41/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2017** **E 17209867 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020** **EP 3343030**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la supervisión de un cojinete de pala de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

22.12.2016 DE 102016226114

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.08.2021

73 Titular/es:

EOLOTEC GMBH (100.0%)
Fürther Straße 176
90429 Nürnberg, DE

72 Inventor/es:

REICHHART, MARC

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 848 544 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

Dispositivo y procedimiento para la supervisión de un cojinete de pala de una instalación de energía eólica

- 5 La invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para la supervisión de un cojinete de pala de una instalación de energía eólica.

10 Las conexiones giratorias de bolas o rodillos se utilizan para el alojamiento de las palas de rotor en las instalaciones de energía eólica. A este respecto, las palas de rotor generalmente están montadas en un buje de la instalación de energía eólica. Accionan un rotor de la instalación de energía eólica, que está montado en un estator a través de un cojinete principal de la instalación de energía eólica. El rotor y el estator están dispuestos típicamente en una llamada góndola, que está colocada sobre una torre.

15 Estos llamados cojinetes de pala o también cojinetes de paso tienen que absorber los momentos de vuelco de las palas que resultan de las cargas de peso y viento. Los cojinetes de pala presentan típicamente un diámetro mayor de 1 m. Los cojinetes de pala permiten un giro de la pala alrededor de un eje de giro, también designado como cabeceo, por lo que se regula el consumo de potencia de la instalación. Por tanto, la función de estos cojinetes de pala es relevante para la seguridad. Si se produce un bloqueo de los cojinetes de pala, el consumo de potencia de la instalación ya no se puede limitar, de modo que, en el peor de los casos, la instalación de energía eólica se destruirá. En el caso de una rotura del cojinete de pala, la pala se desprende, lo que igualmente puede destruir la instalación de energía eólica.

20 Por esta razón, es extremadamente útil una supervisión de los cojinetes de pala para detectar daños relevantes para la seguridad en los cojinetes de pala de forma precoz. Por otro lado, también es útil por razones económicas supervisar los cojinetes de pala que ya presentan deterioros previos. Dado que los cojinetes de pala son básicamente cojinetes muy robustos, todavía es posible un funcionamiento posterior seguro incluso en el caso de un deterioro ya existente de los cojinetes, cuando por medio de un sistema de supervisión de estado se supervisa la progresión del daño. De este modo se evitan daños económicos adicionales, por ejemplo, debido al fallo de funcionamiento de la instalación.

25 Sin embargo, en el caso de cojinetes de pala no es posible una supervisión convencional por medio de la supervisión de la frecuencia de vibración, ya que los cojinetes solo realizan movimientos de pivote alrededor del eje de giro hasta como máximo aproximadamente 110° y no rotan. Además, la velocidad de giro es muy baja en comparación con los cojinetes rotativos, lo que dificulta adicionalmente la supervisión de vibraciones específica mediante sensores de aceleración.

30 Para un cojinete rotativo, como el cojinete principal de una instalación de energía eólica, que rota alrededor de un eje de rotación, se puede deducir una supervisión de vibraciones en el documento WO 2017/154257, por ejemplo. En este caso, un sensor se integra en un anillo de sujeción, que está previsto para la aplicación de una fuerza de tensión previa al cojinete principal.

35 Por el documento EP 2 801 729 A2 igualmente se puede deducir un cojinete principal rotativo de una instalación de energía eólica en el que se mide un juego de cojinete del cojinete principal y a partir de este se determina la tensión previa del cojinete.

40 Por el documento EP 2 290 235 A1 se puede deducir un procedimiento para la determinación de una sollicitación actual de las palas de rotor de una instalación de energía eólica. Para ello, se mide una deformación de un anillo de cojinete de un cojinete de pala de la pala de rotor.

45 En el pasado reciente aparecen con más frecuencia daños en los cojinetes de pala de las instalaciones de energía eólica. A este respecto se trata, por ejemplo, de los llamados formación de estrías, desgaste general severo del sistema de vías de rodadura, roturas de bordes y vías de rodadura, corrosión del sistema de vías de rodadura debido a fugas, grietas en los anillos de cojinete y daños en los cuerpos rodantes. Con el tiempo, estos daños conducen directa o indirectamente a una levada deformación o inclinación relativa del anillo exterior de cojinete respecto al anillo interior. Esto se debe a que debido a los deterioros se origina un juego del cojinete creciente en el sistema de vía de rodadura previamente pretensado y las condiciones de contacto cambian o, en caso de grietas, disminuye la rigidez de los anillos del cojinete.

50 Esta deformación se puede detectar, por ejemplo, con una galga de cuadrante, en tanto que la base de la galga de cuadrante se fija a un anillo del cojinete de pala y el sensor de medición mide en el otro anillo en la dirección axial o radial. Sin embargo, para poder medir cualquier cosa, se debe aplicar un cambio de carga definido a la disposición de cojinete. A este respecto puede ser, por ejemplo, un par alterno (juego de inclinación) o un cambio en la sollicitación axial de compresión - tracción. Esto se puede implementar en una instalación de energía eólica en tanto que se mide la diferencia de distancia de medición durante un cambio de posición de la pala de horizontal izquierda a horizontal derecha (par alterno) o de arriba a abajo (compresión - tracción). Por tanto, la sollicitación se define por el peso de la pala y el centro de gravedad de la pala. Por tanto, se puede inferir sobre un juego en el cojinete o sobre un deterioro del cojinete.

En la práctica, sin embargo, la implementación de tal medición resulta extremadamente difícil y costosa. En primer lugar, una medición semejante solo se puede realizar a velocidades del viento muy limitadas. Esto se debe a que el personal de servicio no puede entrar a la instalación con vientos más fuertes y las cargas de viento también modificarían significativamente el resultado de la medición. Por consiguiente, apenas es posible una comparación de varias mediciones y la supervisión de una modificación. Además, se puede esperar una progresión de daños progresivo en el caso de deterioro avanzado. Los intervalos de inspección se deben acortar cada vez más. Esto conduce a costes considerables.

Partiendo de ello, la invención tiene el objetivo de posibilitar una supervisión de un cojinete de pala con ayuda de un sistema de medición para reconocer deterioros de los cojinetes de pala y en particular controlar la progresión del daño.

El objetivo se consigue según la invención mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1, así como mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 15. Las características expuestas con vistas al dispositivo también se pueden aplicar según el sentido al procedimiento.

A este respecto, el dispositivo y el procedimiento están configurados de tal manera que la supervisión de la medición se realiza de forma continua o automática a intervalos regulares durante el funcionamiento del sistema, es decir, durante una rotación del buje relacionada con el viento alrededor del eje de rotación. No se requieren medidas manuales especiales para la medición. El sistema de medición está configurado preferentemente de tal manera que también se puede instalar fácilmente en instalaciones de energía eólica antiguas existentes. Para ello, preferentemente está configurado completamente autónomo del control de la instalación.

Según la invención, está previsto un sistema de medición que continuamente, sin embargo, al menos repitiendo regularmente, efectúa mediciones de distancia durante el funcionamiento continuo de la instalación de energía eólica y de esta medición se infiere sobre un deterioro del cojinete. Una inclinación también se registra implícitamente a través de la distancia. Para la medición, al menos un sensor (de distancia) sin contacto está colocado en el cojinete de pala o en las inmediaciones. Según una primera configuración preferida, la medición se realiza relativamente desde el sistema giratorio al fijo (o viceversa) en la dirección radial y/o axial. Por tanto, el sensor por un lado y la superficie de medición por otro lado están dispuestos en diferentes componentes del sistema rotativo en esta variante. A este respecto, el sensor mide sin contacto sobre una superficie de medición. La medición sin contacto es necesaria durante el funcionamiento porque el/los sensor(es) rota(n) con respecto a la superficie de medición. Se puede generar una superficie de medición adecuada mediante un bloque, un disco o una chapa, que se coloca en el cojinete de pala o en las inmediaciones (por ejemplo, pegando o atornillando). Los sensores pueden ser, por ejemplo, sensores capacitivos, sensores inductivos, sensores magnéticos o sensores ópticos. En el caso de los sensores magnéticos, bajo una superficie de medición se debe entender un imán.

Según una configuración alternativa, el sensor y la superficie de medición están dispuestos juntos en un componente, en particular en un anillo de cojinete (anillo exterior o anillo interior). A este respecto, en particular, el sensor y la superficie de medición están dispuestos de tal manera que se realiza una medición en la dirección circunferencial. A través de esta medida se pueden detectar cambios de distancia en la dirección circunferencial de un anillo de cojinete. De esta manera, el cojinete se supervisa, por ejemplo, respecto a la formación y en particular a la propagación de grietas en el anillo del cojinete, especialmente para poder reconocer a tiempo en términos de supervisión de estado si es necesario reemplazar el componente defectuoso y cuándo. Específicamente, el dispositivo de medición, que consta de un sensor y una superficie de medición, se coloca a ambos lados de una grieta reconocida para supervisar su propagación durante el funcionamiento posterior.

La configuración y perfeccionamiento especial del sistema de medición mencionado anteriormente y a continuación, en el que se hace referencia a la variante de realización en la que el sensor y la superficie de medición están dispuestos en componentes que rotan entre sí, también se aplican, en la medida en que sea técnicamente factible, a la disposición descrita anteriormente, en la que el sensor y la superficie de medición están dispuestos en un componente.

La medición de la distancia se realiza de forma automatizada, es decir, no es necesaria y no se realiza una medición manual por parte del personal de servicio *in situ* en la zona del cojinete de pala. Está prevista una unidad de control para controlar y ordenar la medición. Además, el sistema de medición comprende una unidad de evaluación que está configurada para la evaluación de los datos de medición medidos por el sensor con el fin de examinar mediante los datos de medición si el cojinete de pala presenta un deterioro. Para ello, está previsto en particular una comparación de la medición actual con una medición anterior o una medición de referencia. A partir de los cambios se infiere si el cojinete de pala presenta un deterioro y si todavía se puede tolerar un daño establecido y en qué medida. Un valor de distancia modificado permite inferir una deformación o inclinación modificada.

En una variante está previsto medir directamente en un anillo de cojinete o una pieza adyacente, de modo que la superficie del componente sirva como superficie de medición.

Durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica se producen cargas muy cambiantes en el cojinete de pala. Además, el sensor y la superficie de medición rotan temporalmente entre sí durante el funcionamiento, en

particular cuando la pala de rotor gira alrededor del eje de giro. De este modo, las desviaciones de fabricación (errores planos y/o de concentricidad) de la superficie de medición también se incluyen en la medición, lo que conduce a un error de medición. Además, la deformación relativa de los anillos entre sí también depende de su posición angular. Si las cargas externas y las desviaciones de fabricación (o la posición angular del sensor y la superficie de medición entre sí) no se conocen durante la medición, a partir de una sola medición de la deformación del anillo no se puede inferir de forma razonable sobre un deterioro. También es difícil promediar muchas mediciones y un período de tiempo más largo, ya que, por ejemplo, las diferencias estacionales en la velocidad del viento o las temperaturas conducen a cargas diferentes. La medición resultaría entonces en una tendencia, por lo que se podría inferir erróneamente un deterioro progresivo.

Para mediciones significativas así está previsto preferentemente tener en cuenta la situación de carga actual. Hay sistemas de medición de fuerza en el mercado que se han desarrollado especialmente para medir las fuerzas en las raíces de las palas. Si se integra un sistema de medición de fuerza de este tipo, la deformación medida se puede relacionar con la fuerza y, por lo tanto, se puede inferir sobre un deterioro del cojinete. Por tanto, según una primera variante se utilizan tales sistemas de medición de fuerza.

Sin embargo, los sistemas de medición de fuerza de este tipo son muy caros y poco robustos. En un perfeccionamiento ventajoso de la invención, por lo tanto, se evita una medición de fuerza en tanto que se tiene en cuenta el comportamiento de carga específica y de funcionamiento de los cojinetes de pala de instalaciones de energía eólica en la evaluación de la medición de distancia o deformación.

Las deformaciones (cambios en la distancia) se provocan principalmente por el elevado momento de flexión en la raíz de la pala. Este momento se compone por un primer momento de flexión M_y causado por el peso de la pala y un segundo momento de flexión M_x que se ha causado por las cargas de viento. El momento dependiente del peso M_y depende de la posición de la pala y presenta un trazado sinusoidal en una revolución del rotor, es decir, un giro del buje de 360° alrededor del eje de rotación, trazado cuya amplitud es en gran medida independiente del estado de funcionamiento (por ejemplo, potencia, carga de viento) de la instalación de energía eólica. El par M_x dependiente de la carga del viento, por otro lado, depende muy fuertemente de la velocidad del viento o del ángulo de giro y, por lo tanto, es el factor decisivo para la evaluación del resultado de la medición de distancia, que refleja la deformación.

En general, la pala de rotor se puede girar en un ángulo de giro alrededor del eje de giro desde una posición normal, en la que está óptimamente alineada al viento para la máxima transmisión de fuerza, a una posición de reposo. En la posición de reposo, la pala de rotor está casi apartada del viento. Esta posición de reposo también se conoce como posición de bandera. El ángulo de giro máximo hasta que se alcanza la posición de reposo también se designa a continuación como ángulo de reposo y es, por ejemplo, hasta 90° o hasta 110° . Este ángulo de reposo está predeterminado de forma específica a la instalación. Durante el funcionamiento, las palas de rotor se apartan parcialmente del viento en el caso de velocidades del viento más elevadas por encima de las llamadas velocidades nominales, para las que está optimizada la instalación, con el fin de limitar el consumo de potencia y la sollicitación. Este giro para limitar el consumo de potencia se designa en particular como el cabeceo real. En este caso, con las intensidades del viento variables correspondientes, se realiza de forma continua un giro (cabeceo) sobre un rango angular de giro de nuevo típicamente específico a la instalación (desde la posición normal en típicamente aproximadamente 0°) de, por ejemplo, 30° o hasta 45° . Una posición dentro de este rango angular de cabeceo se designa a continuación como posición de paso. Por lo tanto, se pueden identificar tres posiciones o zonas, a saber, la posición normal (típicamente a 0°), el rango de paso (hasta aproximadamente $30^\circ - 45^\circ$) y la posición de reposo o bandera (por ejemplo, a 90° o 110°).

La invención aprovecha el hecho de que el ángulo de giro o ángulo de paso es constante hasta que se alcanza la potencia nominal de la instalación de energía eólica y se sitúa en aproximadamente 0° o varía solo unos pocos grados (en particular, esencialmente menor de 5°). Preferiblemente se mide así durante este estado de funcionamiento, es decir, cuando la pala de rotor está en la posición normal. Como resultado, el ángulo de paso se elimina como variable de perturbación, de modo que este estado de funcionamiento se utiliza para medir el aumento de juego causado por el deterioro.

Para la determinación de si la instalación se encuentra en este estado de funcionamiento durante la medición, el sistema de medición y, por lo tanto, la unidad de evaluación, en una variante, tienen en cuenta las señales del control de la instalación (por ejemplo, la potencia actual de la instalación o la velocidad de giro del rotor). En este caso, el sistema de medición y la unidad de evaluación están conectados al control de la instalación en términos de datos. Se entiende por control de la instalación el control con el que se controla el funcionamiento normal de la instalación de energía eólica, incluido la regulación de las palas de rotor en el caso de cargas de viento demasiado elevadas.

Sin embargo, el sistema de medición está configurado preferentemente para un funcionamiento independiente del control de la instalación.

En un perfeccionamiento ventajoso, en particular para un funcionamiento autónomo de este tipo independiente del control de la instalación, la medición se realiza en una superficie de medición limitada en la dirección circunferencial alrededor del eje de giro, la cual está colocada de manera que el sensor y la superficie de medición solo se enfrentan

sobre un pequeño rango angular de como máximo unos pocos grados, por ejemplo, de como máximo 5°. En tanto que la instalación se hace funcionar por debajo de la potencia nominal y la pala de rotor se sitúa en la posición normal, de este modo se garantiza que el sensor y la superficie de medición estén uno frente al otro y se pueda realizar una medición. Sin embargo, si la pala de rotor se aparta del viento (por ejemplo, si se sobrepasa la carga nominal), la asociación entre la superficie de medición y el sensor se cancela automáticamente, es decir, la superficie de medición y el sensor ya no están opuestos entre sí. De este modo, el sistema de medición reconoce automáticamente cuando se produce un cabeceo porque el valor medido se sitúa entonces fuera del rango de medición a esperar. Tales mediciones se descartan, por ejemplo. De este modo, el sistema de medición según la invención no tiene que acceder a los valores del control de la instalación, lo que es una ventaja muy considerable en particular en el caso de un reequipamiento del sistema.

Sin embargo, el momento M_x causado por el viento varía fuertemente por debajo de la potencia nominal. Por un lado, la carga de viento está sujeta a una variación estocástica. La variación del valor medido provocada por ello se reduce preferentemente al menos promediando varias mediciones.

Pero es más importante el nivel medio de la velocidad del viento, que depende del estado de funcionamiento. Aquí la invención aprovecha el hecho de que existe una buena correlación entre la velocidad del viento y el momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x por debajo de la potencia nominal. Además, dado que la velocidad de giro del rotor igualmente se correlaciona con la velocidad del viento, en una configuración preferida el nivel del momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x se infiere a través de la velocidad de giro del rotor.

En un perfeccionamiento ventajoso, el sistema de medición tiene en cuenta así la velocidad de giro del rotor en la evaluación e infiere el momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x a partir de la velocidad de giro del rotor. La relación se determina en particular, por ejemplo, mediante una simulación de la relación entre la velocidad de giro del rotor (velocidad del viento) y el momento de flexión M_x .

Sin embargo, para una supervisión de estado, también es suficiente y preferentemente está previsto clasificar los resultados según la velocidad de giro del rotor y comparar solo los valores medidos a la misma velocidad de giro. En general, para la evaluación y examen de si eventualmente se han producido deterioro, solo se comparan entre sí los valores de distancia medidos que se registraron a las mismas velocidades de giro del rotor y, por tanto, con las mismas cargas de viento. Según una variante, la velocidad de giro del rotor se toma a su vez como una señal del control de la instalación.

Sin embargo, la velocidad de giro del rotor se determina preferentemente independientemente del control de la instalación.

Para ello, en particular, el sistema de medición está diseñado para determinar la información de la velocidad de giro del rotor independientemente del control de la instalación, de modo que el sistema de medición se pueda integrar de nuevo en las instalaciones existentes sin ningún problema.

Para ello, según una primera variante, por ejemplo, está previsto un sensor adicional que detecta la velocidad de giro del rotor de forma autónoma del control de la instalación. Este sensor adicional es, en particular, un sensor de gravedad que detecta la dirección relativa de la gravedad y, por tanto, la posición de la pala de rotor. En particular, es un interruptor basculante. Un sensor de este tipo está dispuesto, por ejemplo, en el buje del rotor. La velocidad de giro del rotor se determina a partir de la frecuencia (de conmutación) del sensor / interruptor basculante.

Según otra variante, la velocidad de giro del rotor se obtiene mediante una evaluación correspondiente de la medición de la distancia (medición de la deformación) durante al menos una revolución del rotor. Aquí la invención hace uso del trazado sinusoidal del momento de flexión o vuelco M_y . Dado que un trazado sinusoidal de la sollicitación también conduce a un trazado sinusoidal de la distancia como medida para la deformación, la velocidad de giro del rotor se puede determinar a partir de la medición de la deformación, es decir, a partir de una secuencia de varias mediciones de distancia durante al menos una rotación de 360° alrededor del eje de rotación. Un requisito previo es que la medición se realice al menos en una revolución completa del rotor, pero mejor en varias, por ejemplo, al menos tres. La velocidad de giro del rotor se deduce del período de esta medición de trazado (trazado sinusoidal). En particular, se evalúa un intervalo de tiempo T entre los máximos y/o mínimos. Este es el tiempo que tarda una revolución del rotor, por lo que se conoce la velocidad de giro del rotor. Como alternativa a esto, la velocidad de giro del rotor se determina preferiblemente por medio de un análisis FFT de los valores medidos.

Para evitar malas interpretaciones, preferentemente no se tienen en cuenta las mediciones cuyo tiempo T no se encuentra en el rango esperado.

Dado que el momento de flexión sinusoidal dependiente del peso M_y presenta un momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x que cambia bastante estocásticamente (rasgo sinusoidal debido al gradiente de altura del viento y siempre positivo en el funcionamiento normal), es ventajoso prestar atención a la posición del sensor al determinar la velocidad de giro:

El al menos un sensor está dispuesto generalmente con un ángulo de acimut α con respecto al eje de giro del cojinete de pala, es decir, en una posición alrededor de la circunferencia del cojinete de pala. Por las palas de rotor se fija generalmente un plano de rotor, que típicamente está orientado perpendicularmente al eje de rotación del buje. Bajo ángulo de acimut α de 0° se entiende una posición que, en la dirección de visión del eje de rotación sobre el buje, se sitúa en la parte delantera, dirigida al viento. $+90^\circ$ o -90° son posiciones alrededor de $+90^\circ$ o -90° giradas desde la posición 0° . Y la posición $\pm 180^\circ$ está opuesta a la posición 0° en el lado a sotavento.

Si el sensor está dispuesto en un ángulo de acimut α cercano a 90° o -90° y, por lo tanto, en el plano de rotor, domina la influencia del momento de flexión dependiente del peso M_y sobre la deformación. La determinación de la velocidad de giro sobre la base de la medición del trazado (trazado sinusoidal del momento de flexión M_y) no es un problema en este caso. Por lo tanto, el sensor está dispuesto preferiblemente al menos cerca o exactamente a 90° o -90° para tal ángulo de acimut. Si el sensor se coloca en un ángulo de acimut de 0° o 180° , domina la influencia del momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x , lo que dificulta claramente una evaluación de la velocidad de giro como se describió anteriormente. En este caso se puede recurrir, por ejemplo, a la evaluación de un segundo sensor de distancia, que está posicionado en la dirección del plano de rotor (es decir, en el plano fijado por las palas de rotor, en particular perpendicular al eje del rotor), para la determinación de la velocidad.

En una configuración preferida, sin embargo, el sensor o varios sensores están colocados en zonas entre 0° , 90° , 180° y 270° y en particular están colocados a $\pm 45^\circ$ o $\pm 135^\circ$. A este respecto, el sensor está colocado preferentemente exactamente en estas posiciones o con una desviación de $\pm 10^\circ$ o $\pm 5^\circ$. La ventaja de esta configuración se puede ver en que se superponen los efectos del momento de flexión dependiente de la carga del viento M_x y los del momento de flexión dependiente del peso M_y . Mediante una evaluación de los datos del sensor, por ejemplo utilizando un algoritmo matemático adecuado, a partir de los datos del sensor ya de un único sensor se puede determinar tanto la velocidad de giro como también derivarse las solicitaciones.

Dado que el par debido a la carga del viento M_x es siempre positivo durante el funcionamiento normal de la instalación (en una vista en planta con dirección de visión desde la punta de la pala hacia el buje, véase la figura 2), no existen cambios de dirección de carga definidos en una medición de deformación en un ángulo de acimut cercano a 0° o 180° . Por este motivo, en el caso de un sensor, que está dispuesto en esta posición, preferiblemente no se evalúa la amplitud medida de la distancia, sino mejor dicho un valor medio de la distancia medida durante un tiempo determinado. Además, la velocidad de giro se incluye preferentemente en la evaluación para mejorar el resultado. Si la distancia (especialmente promediada) aumenta con el tiempo, se puede concluir inferir un deterioro progresivo del cojinete. Las señales de sensor en las instalaciones de energía eólica se registran y evalúan habitualmente por el control de la instalación o un sistema de supervisión de estado. Dado que la integración de nuevos sistemas de medición en instalaciones existentes es difícil o parcialmente imposible, en una configuración preferida el sistema de medición está configurado de forma completamente autónoma del control de la instalación.

Para ello, en una configuración preferida se configura un módulo de evaluación con una unidad de radio que transmite los resultados de la medición a una unidad / estación de evaluación central fuera de la instalación de energía eólica. El módulo de evaluación es, por ejemplo, la unidad de evaluación o, alternativamente, un módulo separado que asume funciones parciales de la unidad de evaluación. Se recurre a la red celular, por ejemplo, para la transmisión por radio. La estación central es, por ejemplo, una estación de supervisión del operador de la instalación o también de un proveedor de servicios, que está dispuesta de forma remota desde la instalación de energía eólica, para la supervisión de la funcionalidad del cojinete de pala.

Dado que la alimentación de tensión del sistema de sensores o de la unidad de evaluación igualmente es difícil en el caso del reequipamiento del sistema, preferentemente también está previsto un acumulador de energía en la unidad de evaluación / en el módulo de evaluación. Es especialmente ventajoso un generador de energía que hace uso de la rotación del buje. En este caso se trata, por ejemplo, de un péndulo colocado en el buje. Durante la rotación del buje, el péndulo rota con respecto al buje y de este modo puede generar energía. Los otros componentes del sistema de medición, como la unidad de control o el sensor, también se alimentan con energía a través de la energía generada de esta manera. Por lo tanto, el sistema de medición es energéticamente autosuficiente en su conjunto e independiente de la instalación de energía eólica.

Gracia a la combinación de la evaluación de velocidad de giro, unidad de evaluación, módulo de radio y acumulador de energía o generador de energía se crea un sistema de supervisión de estado en una realización particularmente preferida, a saber, el sistema de medición para cojinetes de pala, que permite una evaluación muy exacta del deterioro, que reproduce de manera fiable el desarrollo de tendencias y al mismo tiempo se puede integrar sin problemas en instalaciones existentes.

En un perfeccionamiento de la invención se proporciona convenientemente una superficie de medición expandida, de modo que se expande una superficie de medición total a un rango angular de, por ejemplo, hasta 110° y en particular hasta 45° o solo hasta aprox. 35° , de modo que durante el un giro de las palas de rotor por encima de la potencia nominal de la instalación, por ejemplo al cabecear o también al entrar o salir de la posición de reposo, se obtiene un valor de medición de distancia. De este modo se detecta preferiblemente en qué medida, por ejemplo, ha progresado el patrón de daño de formación de estrías. Dado que en el caso de la formación de estrías se trata de depresiones

regulares en la vía de rodadura, esto conduce a cambios de distancia de onda pequeña en una medición durante el giro (por ejemplo, cabeceo o torsión hacia o desde la posición de reposo) del cojinete, donde su amplitud corresponde a la profundidad de la formación de estrías. Pero también se pueden registrar otros daños de este modo, ya que cada daño en caso de arrollamiento conduce a un cambio de distancia específico que se superpone al cambio de distancia dependiente de la carga. El daño se puede inferir de patrones repetidos. Por tanto, el tipo de daño también se puede inferir de la medición. Se recurre preferiblemente a un análisis FFT para la evaluación de los resultados de la medición. Uno tal es ventajoso en particular si se conoce la velocidad de giro de la pala de rotor. La velocidad de giro se conoce, por ejemplo, al girar de la posición de reposo a la posición normal, o se predetermina específicamente al sistema.

Para la evaluación de la medición está previsto preferentemente distinguir entre girar y estar de pie. Para ello, se puede recurrir a los valores del control de la instalación y/o se puede colocar un sensor de posición adicional.

Para ello, la superficie de medición y la superficie de medición expandida están desplazadas entre sí en la dirección de medición de una manera especialmente ventajosa. Esto significa que la distancia entre la superficie de medición y el sensor en la posición de pie es significativamente menor o mayor que la distancia entre la superficie de medición extendida en la zona de medición durante el cabeceo / giro. Por lo tanto, la superficie de medición se extiende generalmente en una dirección circunferencial alrededor del eje de giro en un rango angular de medición y presenta varias - al menos dos, preferiblemente tres - zonas parciales desplazadas entre sí en la dirección radial. Sobre la base de las zonas parciales, preferentemente se deducen diferentes estados de funcionamientos, tales como posición normal, cabeceo para limitación de potencia, desplazamiento dentro o fuera de esta posición de reposo y posición de reposo. Con esta configuración de la zona de medición total desplazada, el sistema es de nuevo independiente del control de la instalación y detecta la situación de funcionamiento actual de forma autónoma.

En un perfeccionamiento preferido, la superficie de medición se desplaza varias veces, en particular 3 veces, para diferenciar automáticamente entre los estados de funcionamientos - posición normal - cabeceo - desplazamiento dentro / fuera de la posición de reposo (posición de bandera). La distancia entre el sensor y la superficie de medición es, por tanto, característica de cada uno de estos estados de funcionamientos y diferente entre sí. La superficie de medición está configurada generalmente de tal manera que para un primer rango angular de giro, por ejemplo, la distancia es constante para un máximo de 3° o 5° para el funcionamiento normal, luego la distancia cambia preferiblemente de manera abrupta y luego es constante para un segundo rango angular de giro, que caracteriza el rango de paso y se sitúa en particular en el rango de hasta 30° o 45°. A esto le sigue una tercera zona desplazada de la superficie de medición, es decir, la distancia cambia de nuevo de forma especialmente abrupta y luego permanece constante preferiblemente en un tercer rango angular de hasta 90° o 110° (posición de reposo).

Como ya se ha expuesto anteriormente, en una configuración ventajosa la medición de la distancia se lleva a cabo durante el giro de las palas de rotor para obtener, por ejemplo, información sobre el patrón de daño de la formación de estrías. Esto se realiza preferiblemente durante el giro desde la posición de reposo a la posición normal. Por otro lado, preferentemente se prescinde de la medición durante el cabeceo. La ventaja de la medición durante el desplazamiento desde la posición de reposo a la posición normal se puede ver en el hecho de que típicamente se desplaza uniformemente con una velocidad de giro constante o al menos está presente un trazado definido específicamente a la instalación de la velocidad de giro, mientras que durante el cabeceo el giro (dirección y velocidad) puede variar en función de la carga de viento actual. La señal de distancia se puede evaluar, por ejemplo, a través de un análisis FFT.

El sistema de medición, en particular la unidad de evaluación está configurado preferiblemente de tal manera que detecta el abandono de la posición de reposo, es decir, la transición de la posición de reposo al movimiento giratorio a la posición normal, y luego en particular inicia la medición de la distancia. El abandono de los lugares de reposo se deduce, por ejemplo, del control de la instalación. Sin embargo, el abandono de la posición de reposo se reconoce preferiblemente de forma autónoma, es decir, independientemente del control de la instalación. Según una primera variante, esto se realiza mediante una configuración adecuada de la superficie de medición, que en particular se desplaza repetidamente, en tanto que, por ejemplo, se ajusta un cambio definido de la distancia entre el sensor y la superficie de medición al inicio del movimiento giratorio desde la posición de reposo definida. Según una segunda variante, esto se realiza con la ayuda de un sensor autónomo. Por lo general, la pala de rotor se desplaza continuamente desde la posición de reposo a la posición normal.

Dado que es difícil colocar una superficie de medición plana y perfectamente orientada en un rango angular mayor, en particular cuando se reequipa el sistema, en una configuración preferida está previsto que se lleve a cabo un trayecto de referencia después de la instalación del sistema de medición para detectar una eventual desviación de las superficies de medición. A continuación, esta se almacena en el sistema de medición como referencia y la medición de distancia se corrige de forma adecuada.

Además, el objetivo se consigue según la invención mediante un sistema de medición autónomo según la reivindicación 14. Este está configurado en particular como un kit de reequipamiento para reequipar instalaciones existentes. Comprende el al menos un sensor y eventualmente un elemento que sirve como superficie de medición (remota), así como la unidad de evaluación configurada para la evaluación de los resultados de la medición. El kit de reequipamiento está configurado para un funcionamiento autónomo, independiente del control de la instalación. Los

perfeccionamientos mencionados anteriormente y las configuraciones preferidas de los componentes individuales del sistema de medición son igualmente aplicables al sistema de medición autárquico.

Otros detalles se deducen de las figuras siguientes. Muestran respectivamente en representaciones esquemáticas muy simplificadas:

Fig. 1 una vista frontal de un buje de una instalación de energía eólica con palas de rotor fijadas al mismo.

Fig. 2 una vista frontal muy simplificada de un cojinete de pala en la dirección de visión de un eje de giro del cojinete de pala para la explicación de la orientación del cojinete de pala,

Fig. 3 una configuración similar a la de la fig. 2 con una pala de rotor esbozada de forma complementaria,

Fig. 4 muestra una representación por fragmentos para la ilustración la disposición de un sensor y una superficie de medición para una medición axial,

Fig. 5 una representación por fragmentos en la zona del cojinete de palas con una disposición del sensor y la superficie de medición para una medición radial, y

Fig. 6 una disposición alternativa para la supervisión de una grieta en un anillo de cojinete.

En las figuras los componentes de igual funcionalidad están provistos de las mismas referencias.

En la vista frontal según la fig. 1 está representado un buje 2 al que están fijadas en conjunto tres palas de rotor 4 a través de respectivamente un cojinete de pala 6 en el ejemplo de realización. El buje 2 está conectado de una manera no representada aquí más en detalle a un rotor de la instalación de energía eólica igualmente no más representada. El buje 2 y el rotor rotan alrededor de un eje de rotación 8 durante el funcionamiento. Las palas de rotor 4 individuales se pueden girar alrededor de un eje de giro 10 respectivo en un llamado ángulo de paso o de giro β a través del cojinete de pala 6 respectivo. En este caso no se realiza un giro completo de 360° . Para regular los cojinetes de pala de una posición normal a una posición de reposo, solo se realiza un pivote entre estas dos posiciones sobre un rango angular limitado de, por ejemplo, como máximo de 110° o también menor.

Durante el funcionamiento y la rotación del buje 2 alrededor del eje de rotación 8 aparecen diferentes exigencias en los cojinetes de pala 6. Estas solicitudes generalmente conducen a momentos de flexión o vuelco en la zona de los cojinetes de pala 6. Estos momentos de flexión se forman por un lado por un momento de flexión relacionado con la carga de viento M_x y por otro lado por un momento de flexión relacionado con el peso M_y . Mientras que los momentos de flexión relacionados con la carga del viento M_x permanecen iguales durante una rotación del buje 2 y con viento constante, el momento de flexión relacionado con el peso M_y se modifica significativamente durante una revolución alrededor del eje de rotación 8. Mientras que, por ejemplo, en la posición de las 12 horas representada en la figura 1 y en la posición de las 6 horas, solo se transmiten fuerzas axiales debido al peso y no a los momentos de flexión, en una posición a las 3 horas o a las 9 horas se aplica un momento de flexión máximo relacionado con el peso M_y .

Las palas de rotor 4 fijan en conjunto un plano de rotor 12. Este es idéntico al plano de palas de la fig. 1. El plano de rotor 12 se puede definir como el plano orientado perpendicular al eje de rotación 8. La dirección del viento está generalmente en la dirección del eje de rotación 8 y, por tanto, en la dirección de visión desde delante sobre el buje 2, es decir, en la dirección de visión de la figura 1.

Una vista frontal de un cojinete de pala 6 se muestra esquemáticamente con referencia a las fig. 2 y 3, asumiéndose la dirección del viento desde una posición angular de 0° de un ángulo de acimut α . La dirección del viento está orientada generalmente perpendicular al plano de rotor 12. El plano de rotor 12 define - en la imagen de la fig. 2 y en referencia al ángulo de acimut α - posiciones de $+90^\circ$ y -90° del ángulo de acimut α . La posición opuesta a la posición de 0° es la posición de $\pm 180^\circ$ y se sitúa en el lado del cojinete de pala 6 de espaldas al viento.

Como se clarifica en particular en conexión con la fig. 1, los momentos de flexión relacionados con el peso M_y se producen con mayor fuerza en las posiciones y los ángulos de acimut α $+90^\circ$ y -90° , es decir, dentro del plano de rotor 12, mientras que son despreciables en las posiciones por debajo del ángulo de acimut α de 0 o $\pm 180^\circ$. Por el contrario, los momentos de flexión relacionados con el viento M_x se producen esencialmente en la posición por debajo de los ángulos de acimut α de 0 o $\pm 180^\circ$ y, por lo tanto, son máximos allí.

En una configuración preferida, un sensor 14 para una medición de distancia entre un componente giratorio 16 y un componente fijo 18 de la disposición de cojinetes de pala está dispuesto en una posición donde es alta la influencia del momento de flexión dependiente del peso M_y . Según una primera variante, el sensor 14 está dispuesto por tanto en un ángulo de acimut α de $\pm 90^\circ$.

Alternativa o complementariamente, el sensor 14 no está dispuesto precisamente en las posiciones $\pm 90^\circ$, 0° o 180° sino en una posición entre estos valores. En la figura 2, como variante alternativa, un sensor 14 está dispuesto en una posición de 135° .

Durante una rotación alrededor del eje de rotación 8, esto conduce a un trazado sinusoidal de la distancia dependiente de la carga. La duración de una rotación de 360° y, por tanto, la velocidad de giro del buje 2 se puede determinar directamente a partir de la duración del período. A partir de esta, se puede inferir la carga de viento aplicada actualmente, por ejemplo mediante una simulación o también mediante comparación con datos de referencia, y a partir de esto se puede determinar de nuevo el momento de flexión dependiente de la carga de viento M_x aplicado actualmente.

Además, en la fig. 3 todavía está representado cómo la pala de rotor 4 se puede girar en el ángulo de giro β para sacar la pala de rotor 4 casi del viento. Esto se realiza típicamente cuando se excede la carga nominal (máxima), es decir, cuando las velocidades del viento se vuelven demasiado grandes.

En las figuras 4 y 5, está representadas dos disposiciones a modo de ejemplo para el sensor 14 y una superficie de medición 20 asignada a él. A este respecto, la línea a trazos representa el plano de simetría o eje de giro 10. El sensor 14 y la superficie de medición 20 están dispuestos por un lado en el componente giratorio 16 y por otro lado en un componente fijo 18. Si se hace habla en cuestión de un componente giratorio 16, generalmente es un componente en la zona del respectivo cojinete de pala 6, que gira alrededor del eje de giro 10 durante un giro. El componente fijo 18 es un componente en la zona del cojinete de pala 6, que no se mueve durante un giro correspondiente de la pala de rotor 4 alrededor del eje de giro 10.

En la fig. 4, el sensor 14 está fijado a la pala de rotor 4 a través de un soporte de sensor 22 y, por tanto, el sensor está colocado en el componente giratorio 16 y en el sistema giratorio. La pala de rotor 4 está conectada a un anillo interior 24 del cojinete de pala.

En el ejemplo de realización de la fig. 4, la superficie de medición 20 forma parte de un bloque de medición 26 que está fijado a un anillo exterior 28 del cojinete de pala 6. Todavía está representado un cuerpo rodante 30 entre el anillo interior 24 y el anillo exterior 28. El buje de rotor 2 está conectado al anillo exterior 28. El anillo exterior 28 y el buje de rotor 2 forman el sistema fijo y el componente fijo 18 - en relación a un giro alrededor del eje de giro 10.

La dirección de medición del sensor 14 sobre la superficie de medición 20 es por tanto paralela al eje de giro 10 según la fig. 4 y se designa en este caso como una medición axial.

A diferencia de ello, en la variante de realización de la fig. 5 está prevista una medida radial, en la que el sensor 14 mide en la dirección perpendicular al eje de giro 10. El sensor 14 está unido aquí al buje 2 como componente fijo y la superficie de medición 20 como la superficie de una chapa de medición en el componente giratorio, especialmente el anillo interior 24.

En ambos casos se determina una distancia A entre el sensor y la superficie de medición 20. En el caso normal, es decir, cuando la respectiva pala de rotor 4 está orientada en la posición normal (ángulo de giro $\beta = 0^\circ$), el sensor 14 y la superficie de medición 20 están opuestos entre sí y se puede realizar una medición de distancia.

A este respecto, las mediciones de distancia se efectúan de forma recurrente, por ejemplo, a intervalos de días o semanas, o también de forma permanente / continua, y en particular en comparación con mediciones anteriores o mediciones de referencia.

Sobre la base de una modificación en la distancia medida A en las mismas situaciones de carga, por ejemplo, la misma velocidad de giro (misma carga de viento, mismo ángulo de rotación del buje 2, temperaturas comparables ...), se verifica por medio de una unidad de evaluación no representada aquí más en detalle si se pueden detectar las modificaciones críticas, es decir, en particular una modificación, por ejemplo, un aumento en la distancia A , que representa una medida de deterioro creciente en el cojinete de pala 6. En función de la distancia medida A se verifica entonces en el marco de un sistema de supervisión de estado si ha progresado un deterioro eventual y en qué medida y si es necesario un cambio de cojinete, etc., y en qué medida, o durante cuántas horas de funcionamiento todavía se puede usar sin problemas el cojinete de pala 6.

En este caso se recurre a los principios de evaluación descritos anteriormente en la parte general de la descripción. Las mediciones de distancia se ordenan a través de una unidad de control no representada aquí más en detalle.

En conjunto, por los componentes de sensor 14, superficie de medición 20, unidad de evaluación y unidad de control se crea un sistema de medición. Este sistema de medición es convenientemente completamente autónomo del control de la instalación real de la instalación de energía eólica. Por lo tanto, el sistema de medición preferentemente no realiza un intercambio de datos con el control de la instalación. Convenientemente, también está configurado para ser energéticamente autosuficiente y presenta su propia unidad de generación de energía que, por ejemplo, obtiene energía de la rotación del buje 2.

Convenientemente, el sistema de medición también presenta un módulo de radio para transmitir los datos de medición registrados por el sensor a una estación de evaluación remota. La evaluación real se realiza, por ejemplo, en esta estación de evaluación. En este caso, por ejemplo, la parte de la unidad de evaluación integrada en el cojinete de pala

se reduce al módulo de radio y una primera preparación de los datos de medición para, por ejemplo, la transmisión de datos digitales a través de una red de telefonía móvil.

Una disposición alternativa para el sensor 14 y la superficie de medición 20 (aquí en forma de un bloque de medición 26) también está representada esquemáticamente en la fig. 6. El sensor 14 y el bloque de medición 26 están colocados en un anillo de cojinete (anillo interior 24 o anillo exterior 28) a una distancia entre sí en la dirección circunferencial. La medición de la distancia A se realiza en este caso por encima de una grieta 32 que se ha configurado en el anillo de cojinete 24, 28. Gracias a esta medida se puede supervisar si la grieta 32 se modifica a fin de poder reconocer de forma precoz si es necesario un cambio del anillo del cojinete.

En el caso de una grieta 32, la medición de la distancia se realiza preferentemente en la dirección tangencial. Para ello, la superficie de medición 26 se coloca en un lado de la grieta 32 y el sensor 14 se coloca en el otro lado. Bajo la influencia de la carga se produce una apertura de la grieta, de modo que aumenta la distancia medida A. Cuando el rotor da una vuelta, se produce igualmente un trazado sinusoidal de la señal de distancia. Una amplitud creciente con el tiempo permite inferir una progresión de grieta creciente. La velocidad de giro también se puede determinar a partir de dicha señal y clasificarse los resultados de la medición. Una medición con una disposición de este tipo es más precisa en caso de daño de una grieta. Si se reconoce una grieta, se puede prever una remodelación de la disposición del sensor o se puede agregar adicionalmente una disposición de sensor correspondiente.

En este caso, el sistema de medición se monta preferentemente después del reconocimiento de una grieta 32, a fin de supervisarla luego durante el funcionamiento posterior. Los principios descritos anteriormente también se aplican a esta supervisión. En particular, aquí también se tienen en cuenta las situaciones de carga actuales. En este caso están a disposición las opciones descritas anteriormente.

Esta medición de distancia representada en la fig. 6 se combina preferiblemente con una medición de distancia entre componentes rotativos dispuestos unos respecto a otros, tal y como se describió anteriormente, por ejemplo, en conexión con las fig. 4 y 5. En este caso, la información, por ejemplo, sobre el estado de carga actual (incluidas, por ejemplo, las condiciones ambientales) está a disposición igualmente para ambas mediciones de distancia. La evaluación de los resultados de la medición se realiza, por ejemplo, a través de una unidad de evaluación común.

El dispositivo aquí descrito para la supervisión del cojinete de pala 6 y, en particular, los componentes individuales, el sistema de medición (autárquico) descrito aquí se caracteriza en particular por la combinación de las siguientes características:

- a) El dispositivo está configurado para la determinación de la velocidad de giro a partir de la señal de medición del sensor 14. La situación de carga actual se infiere de la velocidad de giro.
- b) El dispositivo está configurado para diferenciar entre diferentes estados de funcionamiento, en particular a través de la configuración con una superficie de medición desplazada 20.
- c) El dispositivo está configurado para tener en cuenta parámetros externos, en particular la temperatura.
- d) Una clasificación de los resultados de la medición (situación de carga actual, temperatura actual) se realiza preferentemente sobre la base de los puntos a) a c) mencionados anteriormente, donde los valores de distancia medidos para una clase respectiva se evalúan para la evaluación de la distancia A con vista a un eventual deterioro y en particular se comparan con valores de comparación específicos a la clase, calculados o almacenados (misma situación de carga y misma temperatura).
- e) El dispositivo está configurado preferentemente para un funcionamiento autárquico independiente de un control de instalación de la instalación de energía eólica, por ejemplo, para permitir un reequipamiento sencillo de instalaciones existentes.
- f) El dispositivo está configurado de forma complementaria para la medición también durante el cabeceo, a fin de poder identificar otros errores.
- g) Los componentes individuales del sistema de medición están configurados preferentemente como componentes autárquicos de un kit de reequipamiento para instalaciones existentes.

Lista de referencias

- 2 Buje
- 4 Pala de rotor
- 6 Cojinete de pala
- 8 Eje de rotación
- 10 Eje de giro
- 12 Plano de rotor
- 14 Sensor
- 16 Componente giratorio
- 18 Componente fijo
- 20 Superficie de medición
- 22 Soporte de sensor
- 24 Anillo interior

	26	Bloque de medición
	28	Anillo exterior
	30	Cuerpo rodante
	32	Grieta
5	A	Distancia
	α	Ángulo de acimut
	β	Ángulo de giro

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la supervisión de un cojinete de pala (6) de una instalación de energía eólica, que está montado de forma giratoria en un ángulo de rotación (β) alrededor de un eje de rotación (10) en un buje (2), que se puede rotar alrededor de un eje de rotación y está conectado a un rotor, donde el dispositivo presenta
 - un componente giratorio alrededor del eje de giro (10) durante el funcionamiento y un componente fijo (18)
 - un sistema de medición con
 - un sensor (14) que está dispuesto en uno de los dos componentes (16, 18),
 - una superficie de medición (20) asignada al sensor (14), que está dispuesta en el otro componente (18, 16) de los dos componentes (16, 18) o en el mismo componente (16, 18),
 - una unidad de control que está concebida para ordenar repetidamente una medición automatizada con la ayuda del sensor (14) durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica
 - una unidad de evaluación para la evaluación de la medición, donde el sensor (14) está configurado para una medición sin contacto de la distancia (A) entre el sensor (14) y la superficie de medición (20) y la unidad de evaluación está concebida para examinar mediante la medición si el cojinete de pala (6) presenta un deterioro.
2. Dispositivo según la reivindicación anterior, donde el sistema de medición está configurado para la determinación de una situación de carga actual y la establece en relación con la distancia medida (A) para el examen, donde para ello se tiene en cuenta un comportamiento de carga y funcionamiento del cojinete de pala (6).
3. Dispositivo según la reivindicación anterior, donde la unidad de evaluación está configurada para la determinación de un momento de flexión que actúa actualmente sobre el cojinete de pala (6) y, para ello, tiene en cuenta en particular un primer momento de flexión (M_y) causado por el peso de la respectiva pala de rotor (4) y/o un segundo momento de flexión (M_x) causado por la carga de viento actual.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde una respectiva pala de rotor (6) se puede girar desde una posición normal en un ángulo de giro definido (β) alrededor del eje de giro hasta una posición de reposo, donde la unidad de evaluación está configurada de modo que el examen solo se realiza con un ángulo de giro constante (β), donde la superficie de medición (20) se extiende preferiblemente solo sobre un primer ángulo de medición de algunos grados, en particular de como máximo 5° con respecto al eje de giro (10), y donde además preferentemente la superficie de medición (20) está dispuesta con respecto al sensor (14) de tal manera que solo está presente un solapo del sensor (14) y la superficie de medición (20) en la posición normal.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores y según la reivindicación 2 o 3, donde la unidad de evaluación está configurada de tal manera que se tiene en cuenta la velocidad del viento actual y para ello - en particular en la posición normal - se determina una velocidad de giro del rotor y a partir de la velocidad de giro se deduce la velocidad del viento y además preferentemente el segundo momento de flexión (M_x) dependiente de la carga del viento.
6. Dispositivo según la reivindicación anterior, donde para la determinación de la velocidad de giro del rotor está previsto un sensor adicional, que está configurado de forma autónoma de un control de instalación de la instalación de energía eólica y en particular como sensor de gravedad.
7. Dispositivo y según una de las dos reivindicaciones anteriores, donde la unidad de evaluación está configurada para la evaluación de una medición de distancia durante al menos una revolución del rotor para la determinación de la velocidad de giro del rotor, en particular en tanto que se evalúa un intervalo de tiempo entre mínimos / máximos de los valores de distancia medidos o se lleva a cabo un análisis FFT de los valores medidos.
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde la unidad de evaluación está configurada para tener en cuenta una posición de giro del sensor (14) con respecto al eje de giro (10) y las palas de rotor (4) fijan un plano de rotor (12), donde el sensor (14) está dispuesto preferiblemente al menos esencialmente dentro del plano de rotor (12).
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema de medición está configurado para un funcionamiento autónomo independientemente del control de la instalación de la instalación de energía eólica y, para ello, la unidad de evaluación está configurada como una unidad autónoma, que en particular no recibe ningún dato de estado del control de la instalación, y/o para este fin el sistema de medición es autónomo en energía.

10. Dispositivo según la reivindicación anterior, donde el sistema de medición está configurado para transmitir el resultado de la medición, en particular de forma inalámbrica, a una estación central.
- 5 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de evaluación está configurada de tal manera que se tienen en cuenta dos clases de evaluación diferentes, a saber, con un ángulo de giro constante (β) y con un ángulo de giro variable (β) durante una regulación de la pala, donde durante la regulación de la pala se evalúa preferentemente el deterioro por medio del análisis FFT.
- 10 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, donde está configurada una superficie de medición expandida que se extiende sobre un rango angular alrededor del eje de giro (10) que se barrer durante el giro del respectivo cojinete de pala (6) y que es mayor de 5° y preferentemente menor de 110° , donde se realiza una medición de distancia preferiblemente al pasar de la posición de reposo a la posición normal, donde la medición se comienza preferentemente tan pronto como se reconoce un abandono de la posición de reposo.
- 15 13. Dispositivo según la reivindicación anterior, donde la superficie de medición expandida y la superficie de medición forman una superficie de medición total que se extiende en una dirección circunferencial alrededor del eje de giro (10), que presenta varias zonas parciales desplazadas entre sí que están dispuestas decaladas entre sí, de modo en el caso de diferentes ángulos de rotación (β) están ajustadas diferentes distancias características (A) entre el sensor (14) y la superficie de medición (20), donde preferentemente mediante las distancias características se infiere el estado de funcionamiento actual.
- 20 14. Sistema de medición configurado para un dispositivo para la supervisión de un cojinete de pala (6) de una instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones anteriores, con
- 25 - un sensor (14) que está configurado para la disposición en un componente (16, 18) del dispositivo y para una medición sin contacto de una distancia (A) entre el sensor (14) y una superficie de medición (20),
- una unidad de control que está concebida para ordenar repetidamente una medición automatizada de la distancia (A) con la ayuda del sensor (14) durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica,
- 30 - una unidad de evaluación para la evaluación de la medición, donde
- la unidad de evaluación está concebida para examinar mediante la medición de la distancia (A) si el cojinete de pala (6) presenta un deterioro y donde la unidad de evaluación es preferiblemente independiente de un control de instalación de la instalación de energía eólica.
- 35 15. Procedimiento para la supervisión de un cojinete de pala (6) de una instalación de energía eólica, que está montado de manera giratoria en un ángulo de giro (β) alrededor de un eje de giro (10) en un buje (2) y el buje (2) se puede rotar alrededor de un eje de rotación (8) y está conectado con un rotor, donde está previstos un componente giratorio (16) alrededor del eje de giro (10) y un componente fijo (18), así como un sistema de medición, donde el sistema de medición presenta
- 40 - un sensor (14) que está dispuesto en uno de los dos componentes (16, 18),
- 45 - una superficie de medición (20) asignada al sensor (14), que está dispuesta en el otro componente (18, 16) de los dos componentes o en el mismo componente (16, 18), donde
- se ordena repetidamente una medición automatizada con la ayuda del sensor (14) durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica, donde con el sensor (14) se realiza una medición sin contacto de la distancia (A) entre el sensor (14) y la superficie de medición (20) y mediante la medición se evalúa si el cojinete de pala (6) presenta un deterioro.
- 50

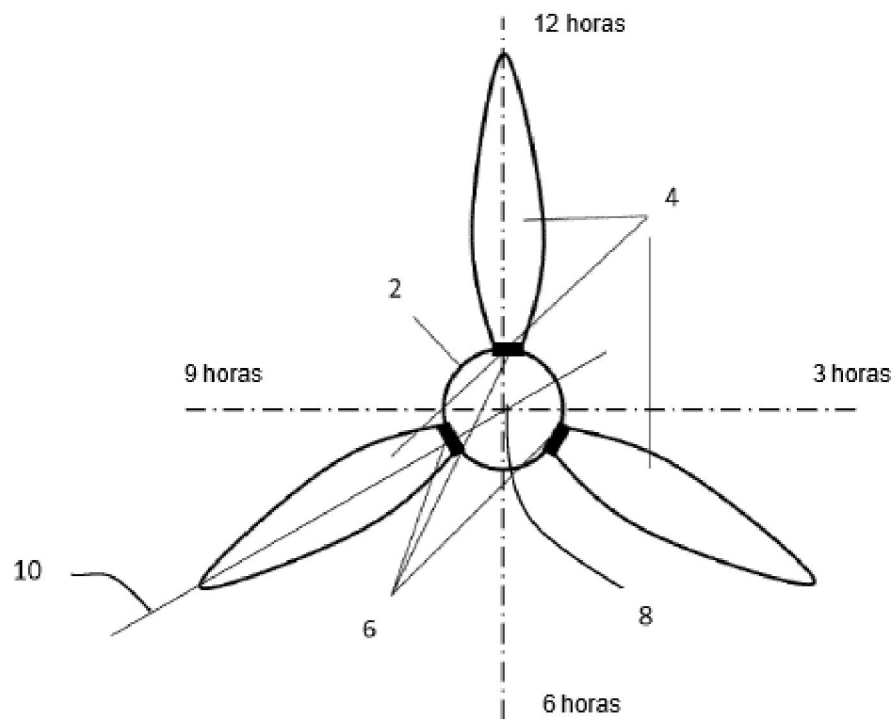


FIG 1

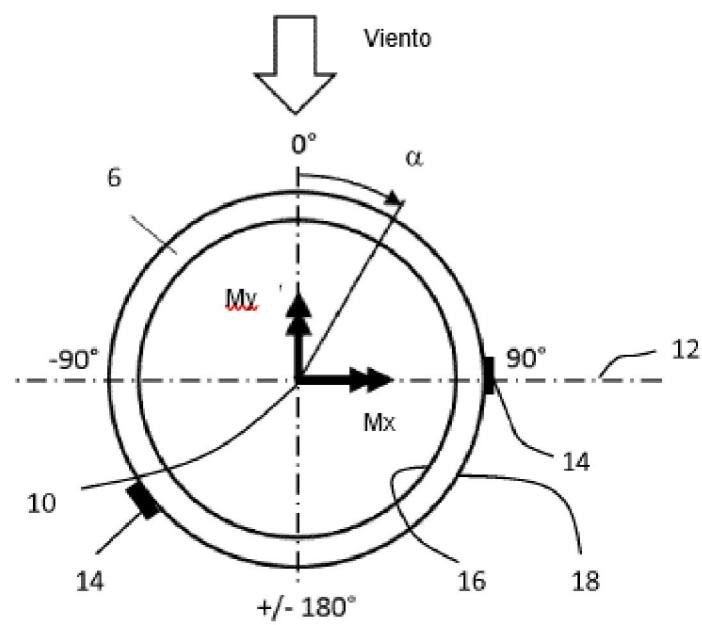


FIG 2

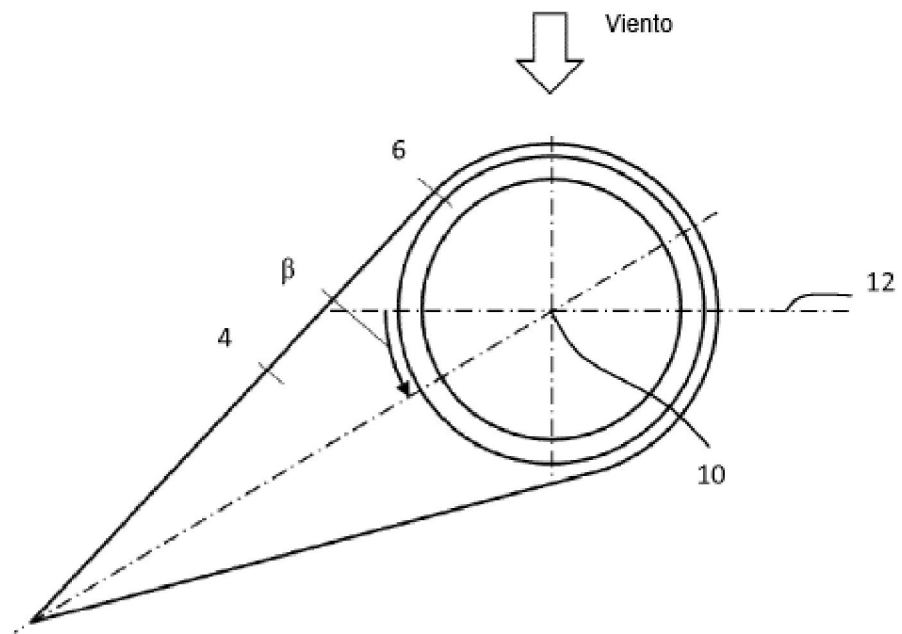


FIG 3

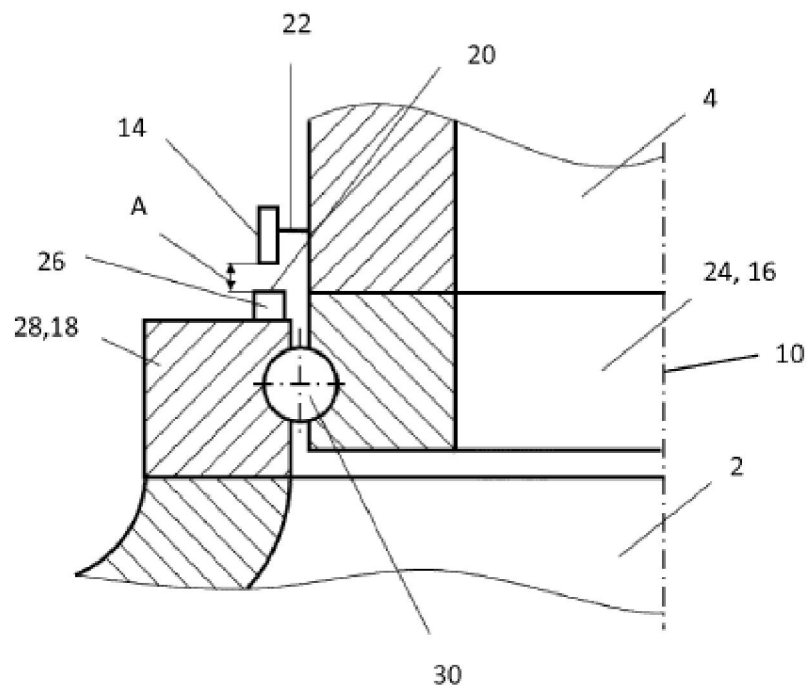


FIG 4

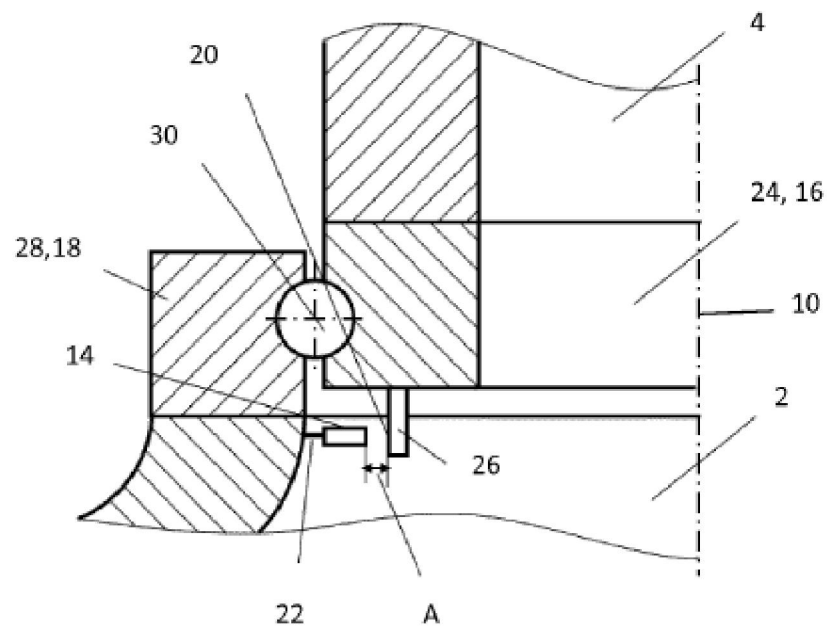


Fig 5

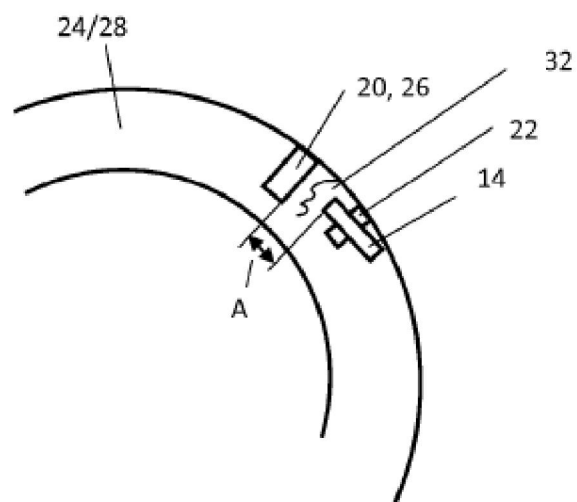


Fig 6