

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 993 649**

51 Int. Cl.:

F16C 33/66 (2006.01)

F16C 19/52 (2006.01)

F03D 80/70 (2006.01)

F16C 43/04 (2006.01)

F16C 41/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2021** **PCT/DK2021/050114**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.10.2021** **WO21213597**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2021** **E 21725022 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024** **EP 4139581**

54 Título: **Monitorización de cojinetes mediante sensor de presión**

30 Prioridad:

21.04.2020 DK PA202070243

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2025

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BAGER, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 993 649 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

Monitorización de cojinetes mediante sensor de presión

Campo de la invención

La presente invención está en el campo de la monitorización de un cojinete de elementos rodantes de un aerogenerador.

Antecedentes de la invención

El eje principal de un aerogenerador está soportado de manera giratoria por un cojinete de elementos rodantes dentro de un alojamiento de cojinete principal situado en la góndola del aerogenerador. Una caja de cambios puede soportar el eje principal en el extremo trasero del eje principal. El cojinete de elementos rodantes se monitoriza normalmente mediante sensores de temperatura y/o vibración. Ambos de estos sensores solamente pueden detectar un fallo potencial en el cojinete de elementos rodantes después de que el cojinete de elementos rodantes ya se haya dañado.

Por lo tanto, es deseable ser capaces de monitorizar el cojinete de elementos rodantes y/o el nivel de grasa dentro del alojamiento de cojinete principal de modo que se puedan tomar medidas para evitar daños al cojinete de elementos rodantes.

El documento JP 2011 202626 A describe las características del preámbulo de la reivindicación 1, un dispositivo de detección de fallos para un cojinete de pala que un sensor para detectar el estado del contenido de polvo metálico en el lubricante que lubrica los elementos rodantes del cojinete de pala, y una pieza de detección de fallos para detectar un fallo del cojinete de pala de acuerdo con un cambio en la salida del sensor. Preferiblemente, el lubricante es grasa, y el sensor incluye un sensor para detectar la permeabilidad de la luz en la grasa. La pieza de detección de fallos determina el grado de aumento del polvo metálico de acuerdo con un cambio en la permeabilidad de la luz a la grasa.

El documento US 2015/285224 A1 describe una disposición de componentes para un aerogenerador que incluye un componente exterior, un componente interior dispuesto dentro del componente exterior, y un par de cojinetes rodantes, que tiene un primer cojinete rodante y un segundo cojinete rodante dispuestos de una manera ajustada uno con relación al otro y que se cargan previamente por medio de una fuerza de sujeción. El componente interior y el componente exterior se montan para ser giratorios uno con relación al otro alrededor de un eje de rotación por medio del par de cojinetes rodantes. La disposición de componentes incluye también un sensor de presión para determinar una carga previa del par de cojinetes rodantes, que está dispuesto en un flujo de la fuerza de sujeción.

Compendio de la invención

Un primer aspecto de la invención proporciona un aerogenerador, el aerogenerador que comprende: un alojamiento de cojinete que comprende un cojinete de elementos rodantes dentro del alojamiento de cojinete y un espacio dentro del alojamiento de cojinete para contener grasa para lubricar el cojinete de elementos rodantes; un eje soportado de manera giratoria por el cojinete de elementos rodantes; en donde el cojinete de elementos rodantes comprende una pluralidad de elementos rodantes separados por una jaula, caracterizado por que el aerogenerador comprende además un sensor de presión, en donde el sensor de presión está en comunicación fluida con el espacio y configurado para medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete.

Una ventaja de al menos el primer aspecto es que el uso de un sensor de presión puede evitar una inspección que consume tiempo del cojinete de elementos rodantes que de otro modo se podría hacer monitorizando periódicamente el cojinete de elementos rodantes retirando la cubierta de alojamiento de cojinete y/o desmontando parte de la disposición de cojinete. El sensor de presión se puede usar para generar información importante para la planificación del servicio para ahorrar recursos. El sensor de presión se puede usar para generar una alerta temprana de pérdidas de grasa, que pueden estar causadas por daños o desgaste del sello. El sensor de presión se puede usar para monitorizar la presión de fluido dentro del alojamiento de cojinete para asegurar una correcta función de respiradero y sello. El aerogenerador se puede usar para respaldar la función del sistema de lubricación, por ejemplo, para entregar grasa desde un depósito de grasa al espacio dentro del alojamiento de cojinete para recargar el nivel de grasa. El aerogenerador se puede usar para desencadenar en frío el sistema de lubricación como mediación de emergencia, por ejemplo, para entregar toda la grasa del depósito de grasa al espacio dentro del alojamiento de cojinete hasta que se pueda organizar el servicio.

El alojamiento de cojinete puede comprender además una salida de grasa para añadir y/o retirar grasa del espacio dentro del alojamiento de cojinete. El sensor de presión se puede acoplar a la salida de grasa y puede ser adecuado para contener grasa en el interior del alojamiento de cojinete durante la operación del aerogenerador.

El sensor de presión puede ser un primer sensor de presión. El aerogenerador puede comprender además un segundo sensor de presión en comunicación fluida con el espacio y se puede configurar para medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete. El primer sensor de presión puede estar en comunicación

fluida con el espacio en un primer punto de medición, y el segundo sensor de presión puede estar en comunicación fluida con el espacio en un segundo punto de medición.

- 5 El cojinete de elementos rodantes puede comprender además una segunda pluralidad de elementos rodantes separados por una segunda jaula. El primer punto de medición se puede colocar para medir la presión de la grasa en el espacio adyacente a la primera pluralidad de elementos rodantes, y el segundo punto de medición se puede colocar además para medir la presión de la grasa en el espacio adyacente a la segunda pluralidad de elementos rodantes.

El alojamiento de cojinete puede ser un alojamiento de cojinete principal del aerogenerador. El eje puede ser un eje principal del aerogenerador.

- 10 Un segundo aspecto de la invención proporciona un método de monitorización de un aerogenerador del primer aspecto, el método que comprende:

hacer girar el eje;

medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete usando el sensor de presión para generar una señal de presión a medida que gira el eje; y

- 15 determinar una relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes y/o la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete, en base a la señal de presión,

en donde la relación de deslizamiento de jaula se define como una relación de una velocidad de rotación angular de la jaula con respecto a una velocidad idealizada de la jaula para una velocidad de rotación del eje particular.

- 20 La determinación de la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes puede comprender: determinar una frecuencia de jaula a partir de la señal de presión, en donde la frecuencia de jaula puede corresponder a una velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes; medir la velocidad de rotación angular del eje; y calcular la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes se puede basar en la frecuencia de jaula determinada y en una frecuencia de jaula ideal a la velocidad de rotación angular del eje medida.

- 25 Determinar la frecuencia de jaula a partir de la señal de presión puede comprender descomponer la señal de presión en sus frecuencias constituyentes e identificar la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes.

- 30 Determinar la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete puede comprender: descomponer la señal de presión en sus frecuencias constituyentes e identificar la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes; medir la amplitud de la señal de presión descompuesta a la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del elemento de cojinete rodante; y estimar la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete en base a la amplitud medida.

- 35 La transmisión de una solicitud de mantenimiento para un mantenimiento de aerogenerador se puede basar en la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

El método puede comprender controlar la velocidad del eje o detener la operación del aerogenerador en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

El método puede comprender realizar mantenimiento en el aerogenerador en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

- 40 Un tercer aspecto de la invención proporciona un método para ensamblar o reacondicionar un aerogenerador que comprende un alojamiento de cojinete, un cojinete de elementos rodantes dentro del alojamiento de cojinete y un espacio dentro del alojamiento de cojinete para contener grasa para lubricar el cojinete de elementos rodantes, y un eje soportado de manera giratoria por el cojinete de elementos rodantes, el método que comprende:

- 45 adaptar un sensor de presión de manera que esté en comunicación fluida con el espacio y configurado para medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete.

El método puede comprender retirar un tapón de la salida de grasa. El tapón puede ser adecuado para contener grasa en el interior del alojamiento de cojinete. El método puede comprender adaptar el sensor de presión en la salida de grasa mientras que el eje del aerogenerador está al ralentí.

- 50 El sensor de presión se puede adaptar de modo que sea adecuado para contener grasa en el interior del alojamiento de cojinete durante la operación del aerogenerador.

En cualquiera de los aspectos anteriores, un cojinete de elementos rodantes puede ser un cojinete que lleva una carga colocando elementos rodantes (como bolas o rodillos) entre dos anillos de cojinete llamados pistas. El movimiento relativo de las pistas puede hacer que los elementos rodantes rueden con muy poca resistencia a la rodadura y con poco deslizamiento.

- 5 En cualquiera de los aspectos anteriores, una relación de deslizamiento de jaula refleja directamente el estado de deslizamiento entre los elementos rodantes y la pista de rodadura del cojinete de elementos rodantes. La relación de deslizamiento de jaula puede ser una relación de la velocidad de rotación angular de la jaula con respecto a la velocidad de rotación angular idealizada de la jaula para una velocidad angular particular de la pista interior.

- 10 En cualquiera de los aspectos anteriores una solicitud de mantenimiento puede ser cualquier señal transmitida lo que puede dar como resultado que se haga que se realice un mantenimiento en el aerogenerador. Esta puede ser un valor específico (como la cantidad de grasa o la relación de deslizamiento de jaula), que se puede analizar en un centro de control distinto del aerogenerador, que puede indicar que el aerogenerador requiere mantenimiento. Alternativamente, esta puede ser una solicitud directa de mantenimiento del aerogenerador que puede comprender detalles o razones para la solicitud. Por ejemplo, esta se puede formatear como: mantenimiento solicitado; dirección del aerogenerador; y/o detalles adicionales (por ejemplo, volumen de grasa bajo).

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 ilustra un aerogenerador.

- 20 La Figura 2 ilustra esquemáticamente una sección transversal de una góndola de un aerogenerador que muestra un eje principal, un alojamiento de cojinete, una caja de cambios y un generador de energía eléctrica.

La Figura 3 ilustra esquemáticamente una sección transversal de un cojinete de elementos rodantes y un eje principal de un aerogenerador.

La Figura 4 ilustra un ejemplo esquemático de un cojinete de elementos rodantes y sus componentes constituyentes.

- 25 La Figura 5a ilustra esquemáticamente una sección ampliada de la Figura 3 que muestra un cojinete de elementos rodantes y un único sensor de presión en una salida de grasa.

La Figura 5b ilustra esquemáticamente una sección ampliada de la Figura 3 que muestra un cojinete de elementos rodantes y dos sensores de presión en las salidas de grasa respectivas.

La Figura 5c ilustra esquemáticamente una sección ampliada de la Figura 3 que muestra dos cojinetes de elementos rodantes, cada uno con una salida de grasa y un sensor de presión respectivos.

- 30 La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método para monitorizar un cojinete de elementos rodantes en un aerogenerador.

La Figura 7a ilustra un gráfico de la presión de grasa de cojinete frente al tiempo recibida experimentalmente desde un sensor de presión en comunicación fluida con la grasa dentro de un cojinete de elementos rodantes.

- 35 La Figura 7b ilustra el gráfico de frecuencia encontrado realizando una Transformada Rápida de Fourier (FFT) de la Figura 7a.

La Figura 8 ilustra una vista esquemática de un cojinete de elementos rodantes que muestra las variables características asociadas con el cojinete de elementos rodantes.

Descripción detallada de la realización o realizaciones

- 40 La Figura 1 ilustra, en una vista esquemática en perspectiva, un ejemplo de un aerogenerador 1. El aerogenerador 1 incluye una torre 2, una góndola 3 dispuesta en el vértice de la torre y un rotor 4 acoplado operativamente a un generador alojado en el interior de la góndola 3. Además del generador, la góndola aloja componentes diversos requeridos para convertir energía eólica en energía eléctrica y diversos componentes necesarios para operar, controlar y optimizar el rendimiento del aerogenerador 1.

- 45 El rotor 4 del aerogenerador 1 incluye un buje central 5 y una pluralidad de palas 6 que sobresalen hacia fuera desde el buje central 5. En el aerogenerador 1 ilustrado, el rotor 4 incluye tres palas 6, pero el número puede variar. Además, el aerogenerador comprende un sistema de control. El sistema de control se puede colocar en el interior de la góndola o distribuir en una serie de ubicaciones en el interior de (o externamente a) el aerogenerador y conectar comunicativamente.

- 50 Cuando el viento sopla contra el aerogenerador 1, las palas 6 generan una fuerza de sustentación que hace que el rotor 4 gire, lo que a su vez hace que el generador dentro de la góndola 3 genere energía eléctrica.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente el interior de la góndola 3 del aerogenerador 1. La góndola 3 comprende un bastidor de góndola 13 que soporta estructuralmente la góndola 3 y los componentes dentro de la góndola 3. El aerogenerador 1 comprende las palas de rotor 6 que están conectadas mecánicamente a un generador eléctrico 10 a través de la caja de cambios 9. En sistemas de accionamiento directo y otros sistemas, la caja de cambios 9 puede no estar presente. La energía eléctrica generada por el generador 10 se inyecta en una red eléctrica a través de un convertidor eléctrico (no mostrado). Un eje principal 11 está unido mecánicamente al buje 5 en un extremo delantero. Un alojamiento de cojinete 12 está unido mecánicamente al bastidor de góndola 13 y está configurado para soportar de manera giratoria el eje principal 11 de manera que el alojamiento de cojinete 12 soporte el buje 5 y la pluralidad de palas 6 para permitirles girar con relación a la góndola 3. El eje principal 11 se extiende a través del alojamiento de cojinete 12 y dentro de la caja de cambios 9 (o el generador de energía eléctrica 10 en un sistema de accionamiento directo) en el extremo trasero.

La Figura 3 ilustra una sección transversal del eje principal 11 y el alojamiento de cojinete principal 12 del aerogenerador 1. El alojamiento de cojinete principal 12 contiene el cojinete de elementos rodantes 15. El alojamiento de cojinete principal 12 soporta de manera giratoria el eje principal 11 con el cojinete de elementos rodantes 15. El cojinete de elementos rodantes comprende una pluralidad de elementos rodantes 17 separados por una jaula (no mostrada en la Figura 3) configurada para guiar la pluralidad de los elementos rodantes 17.

El alojamiento de cojinete 12 contiene además grasa 18 u otro lubricante para la lubricación del cojinete de elementos rodantes 15, en particular la pluralidad de elementos rodantes 17, en un espacio dentro del alojamiento de cojinete. La grasa 18 llena preferiblemente parcialmente, por ejemplo, aproximadamente la mitad de, el espacio con el resto como aire. El espacio puede estar ventilado. El espacio puede estar conectado de manera fluida a un depósito de grasa que puede suministrar grasa al espacio, por ejemplo, mediante una bomba de fluido. El espacio puede incluir un sumidero, u otro punto bajo, dentro del alojamiento de cojinete 12 donde el exceso de grasa se recoge por gravedad y para su entrega sobre el cojinete de elementos rodantes 15 a medida que el cojinete gira.

Esta grasa 18 se puede monitorizar con un sensor de presión 20 para obtener una percepción del nivel de grasa y/o del estado presente del cojinete de elementos rodantes 15 y/o se puede usar como un sistema de alerta temprana que puede informar al aerogenerador 1 (a través de un sistema de control) y/o a un operador de potenciales eventos adversos que se pueden evitar además (por ejemplo, mediante mantenimiento y/o mediante control del aerogenerador 1).

El eje principal 11 está fijado a la pista interior 22 del cojinete de elementos rodantes 15. La pista exterior 23 se puede fijar de manera que no gire con respecto al alojamiento de cojinete principal 12 durante la operación del aerogenerador 1. La pista exterior 23 se puede fijar a la estructura del alojamiento de cojinete principal 12, la góndola 3 o el bastidor de góndola 13. Esto permite que la pista interior gire con el eje principal 11 durante la operación del aerogenerador 1, con respecto a la pista exterior 23 fija.

Hay muchos tipos de cojinetes de elementos rodantes 15, por ejemplo, el cojinete de elementos rodantes 15 puede ser cojinetes de rodillos cilíndricos como se muestra en la figura 4. Alternativamente, se pueden usar otros muchos tipos de cojinetes de elementos rodantes 15, tales como: cojinetes de bolas de surco profundo de una sola hilera; cojinetes de contacto angular de una sola hilera; cojinetes de bolas de contacto angular de dos hileras; cojinetes de bolas con autoalineación; cojinetes de agujas; cojinetes de rodillos cónicos; y/o cojinetes de rodillos esféricos, entre otros.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de un cojinete de elementos rodantes 15. El cojinete de elementos rodantes 15 se muestra comprendiendo la pista interior 22, la pista exterior 23 y la pluralidad de elementos rodantes 17 separados por la jaula 24. La jaula 24 gira con la velocidad de la rotación de la pluralidad de elementos rodantes alrededor del centro del cojinete de elementos rodantes dentro de la pista interior 22 y la pista exterior 23. La velocidad de rotación de la jaula 24 puede ser menor que la velocidad de rotación de la pista interior 22.

La Figura 5a ilustra una vista ampliada del cojinete de elementos rodantes de la Figura 3. Se puede ver que el aerogenerador 1 comprende además el sensor de presión 20. Un sensor de presión (incluyendo el sensor de presión 20) en general es una herramienta fácil de manejar y un sensor de bajo coste a implementar con el fin de monitorizar la grasa 18 del cojinete de elementos rodantes 15. El sensor de presión 20 puede supervisar de manera fiable la grasa 18 sin intervención en campo. Se puede extraer información adicional con respecto a la condición operativa del cojinete de elementos rodantes 15 y/o la grasa 18 a partir de los datos sin procesar del sensor de presión 20, o bien bajo pedido a través de un sistema de control (no mostrado) o bien mediante lectura del sensor de presión 20.

El sensor de presión 20 está en comunicación fluida con la grasa 18 y configurado para medir la presión de la grasa dentro del alojamiento de cojinete 12. El sensor de presión 20 está situado preferiblemente en el sumidero u otro punto bajo del alojamiento de cojinete 12 donde la grasa 18 se recoge por gravedad.

El alojamiento de cojinete 12 comprende una salida de grasa 26 para la adición y/o retirada de grasa 18 del alojamiento de cojinete 12, por ejemplo, durante una sustitución de grasa. La salida de grasa 26 puede estar situada en el sumidero u otro punto bajo del alojamiento de cojinete 12. Las salidas de grasa tales como la salida de grasa 26 comprenden además típicamente un tapón (no mostrado) adecuado para contener la grasa 18 en el interior del

alojamiento de cojinete 12. El tapón evita que la grasa 18 se escape del alojamiento de cojinete 12 durante la operación normal del aerogenerador 1.

Como se muestra en la Figura 5a, el sensor de presión 20 realiza adicionalmente el mismo papel que el tapón 26. El sensor de presión 20 está acoplado a la salida de grasa 26 de manera que pueda ser adecuado para contener la grasa 18 en el interior del cojinete de elementos rodantes 15 al menos durante la operación del aerogenerador 1. Por lo tanto, es posible que ya no se requiera el uso de un tapón. Alternativamente, se puede usar un adaptador de tapón (no mostrado) para acoplar el sensor de presión 20 a la salida de grasa 26 de manera que sea adecuado para contener la grasa 18 en el interior del alojamiento de cojinete 12 al menos durante la operación del aerogenerador 1.

La Figura 5b ilustra las mismas características que la Figura 5a, excepto que muestra dos sensores de presión 20a, 20b en lugar de un sensor de presión 20. El primer sensor de presión 20a está asociado con una primera pluralidad de elementos rodantes 17a. El primer sensor de presión 20a está en comunicación fluida con la grasa 18 en el espacio dentro del alojamiento de cojinete 12 y está colocado de manera que pueda medir la presión de la grasa 18 asociada con la primera pluralidad de elementos rodantes 17a del cojinete de elementos rodantes 15. La posición del primer sensor de presión 20a con respecto a la primera pluralidad de cojinetes de rodillos 17a es, por lo tanto, proximal. El beneficio de un sensor de presión proximal (tal como 20, 20a y/o 20b) es una señal de presión recibida más grande. Esto se debe a la atenuación de la señal de presión a medida que discurre a través de la grasa 18 y/o cualquier aire en la grasa. En la práctica, esto puede significar que el primer sensor de presión 20a está situado más cerca de la primera pluralidad de cojinetes de rodillos 17a que de la segunda pluralidad de cojinetes de rodillos 17b. La posición del primer sensor de presión 20a se puede definir como un primer punto de medición. El primer punto de medición está colocado para medir la presión de la grasa 18 correspondiente a la primera pluralidad de elementos rodantes 17a, de manera que la señal de presión causada por la primera pluralidad de elementos rodantes 17a se pueda identificar por el primer sensor de presión 20a y el análisis posterior de la señal de salida del primer sensor de presión 20a.

De manera similar, el segundo sensor de presión 20b corresponde a la segunda pluralidad de elementos rodantes 17b de forma muy parecida a como se describió anteriormente. Es de señalar que el cojinete de elementos rodantes 15 comprende una primera pluralidad de elementos rodantes 17a y una segunda pluralidad de elementos rodantes 17b, cada una de las cuales está separada por una jaula respectiva (no mostrada en la Figura 5b). Dado que cada una de la pluralidad de elementos rodantes 17a y 17b es parte del mismo cojinete de elementos rodantes, ambas de la pluralidad de elementos rodantes 17a y 17b comparten la misma grasa 18 en el mismo espacio dentro del alojamiento de cojinete 12.

La Figura 5c ilustra que el eje principal 11 puede estar soportado por el alojamiento de cojinete principal 12 que soporta de manera giratoria el eje principal 11 con el primer cojinete de elementos rodantes 15a y el segundo cojinete de elementos rodantes 15b. Cada cojinete de elementos rodantes 15a, 15b comprende: una pluralidad de elementos rodantes 17a, 17b; y las jaulas respectivas (no mostradas en la Figura 5c); y la grasa 18a, 18b para lubricación (de los espacios respectivos dentro del alojamiento de cojinete 12). Cada cojinete de elementos rodantes 15a, 15b comprende también un sensor de presión 20a, 20b que está en comunicación fluida con la grasa 18a, 18b respectiva en el espacio respectivo. Cada sensor de presión 20a, 20b está configurado para medir la presión de la grasa 18a, 18b respectiva dentro de su espacio respectivo asociado con el cojinete de elementos rodantes 15a, 15b respectivo en el alojamiento de cojinete común 12.

Usando el sensor de presión 20 en comunicación fluida con la grasa 18 asociada con el cojinete de elementos rodantes 15, es posible monitorizar el cojinete de elementos rodantes 15 y/o el nivel de grasa dentro del alojamiento de cojinete del aerogenerador 1. La salida del sensor de presión 20 se puede analizar para decidir si se requiere mantenimiento u otra acción, y/o si se puede requerir en el futuro mantenimiento u otra acción. Esta monitorización puede permitir que el sistema de control (no mostrado) del aerogenerador 1 detenga la operación del aerogenerador 1 si ocurrió un fallo importante con el cojinete de elementos rodantes 15. Por ejemplo, si hubiera una pérdida repentina de grasa 18, entonces el cojinete de elementos rodantes 15 se calentaría por fricción y podría llegar a ser dañado si el aerogenerador 1 continuó operando.

Típicamente, se pueden usar sensores de temperatura (no mostrados) en el aerogenerador 1 para detectar indirectamente que el alojamiento de cojinete 12 está excediendo los límites térmicos normales y luego detener la operación del aerogenerador 1. No obstante, una vez que la temperatura se ha elevado lo suficientemente alta para desencadenar una alarma, puede que ya sea demasiado tarde para que el cojinete de elementos rodantes 15 se salve y pueda necesitar sustitución. Esto puede conducir a un coste adicional de sustitución del cojinete 15 acompañado de la pérdida debida al tiempo de inactividad del aerogenerador.

Por lo tanto, usando el sensor de presión 20 en comunicación fluida con la grasa 18 en el espacio dentro del alojamiento de cojinete 12 se puede evitar tal incidente y proporcionar beneficios de mantenimiento adicionales que pueden aumentar la vida útil operativa del cojinete de elementos rodantes 15. El sensor de presión 20 también se puede usar para indicar un nivel de grasa bajo y sugerir que se añada grasa 18 adicional al cojinete desde el sistema de lubricación. Tal acción preventiva de "puente" entre un mantenimiento programado normal puede reducir significativamente el número de servicios de mantenimiento adicionales requeridos entre los intervalos de mantenimiento programado normales.

La Figura 6 ilustra el método de monitorización de un cojinete de elementos rodantes 15 de un aerogenerador 1 de al menos las Figuras 3, 5a, 5b o 5c. En primer lugar, en el paso S1, se hace girar el eje principal, típicamente por la operación del aerogenerador 1. La rotación del eje principal hace que la pista interior 22 se mueva con respecto a la jaula 24. La rotación del eje principal hace que la jaula 24 se mueva con respecto a la pista exterior 23. Esto causa fluctuaciones de presión de la grasa 18 que corresponden a: (i) la cantidad de grasa 18; y, (ii) la rotación de la pluralidad de cojinetes de elementos rodantes 17, como se describe a continuación. Estas fluctuaciones de presión se pueden detectar por el sensor de presión 20.

En el paso S2, las fluctuaciones de presión de la grasa 18 se pueden medir por el sensor de presión 20 para generar una señal de presión. La señal de presión se muestra con respecto al tiempo en la Figura 7a. La Figura 7a ilustra la presión a lo largo del eje y el tiempo a través del eje x.

En el paso S3, la cantidad de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15 se puede determinar aislando las componentes de señal de presión, por ejemplo, descomponiendo la señal de presión en sus frecuencias constituyentes e identificando la frecuencia que corresponde a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos de rotación 17. Haciendo referencia de vuelta a la Figura 7a, se muestra que la componente de señal de presión 29 corresponde a la velocidad de rotación de la pluralidad de elementos rodantes. La componente 29 puede ser una señal de frecuencia relativamente alta en comparación con otras componentes de señal del sensor de presión 20. La componente 29 también puede tener una amplitud 30 relativamente estable durante muchos períodos. La componente 29 puede ser una señal consistente y puede estar presente en aislamiento relativo durante una mayoría temporal, como se muestra en la Figura 7a.

La presencia de señales de presión de gran magnitud distintas de la componente 29 se puede ver a partir de la Figura 7a. Estas pueden ser un artefacto del banco de pruebas específico usado para recopilar las mediciones y pueden no estar presentes en la operación de un aerogenerador.

En el paso S4, la amplitud de las componentes de señal de presión 29 se mide como se muestra en la Figura 7a, el resultado es una amplitud medida 30. Alternativamente, la amplitud medida 30 puede ser un promedio de amplitud durante un período de tiempo.

En el paso S5, la cantidad de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15 se puede estimar en base a la amplitud medida 30. Si el nivel de grasa es normal entonces la amplitud 30 será mayor. Si el nivel de grasa es bajo, entonces la amplitud 30 será menor. Si no se observan componentes de señal de presión debido a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos de rotación 17 en la señal de presión, entonces se puede determinar que el nivel de grasa es muy bajo o está fuera ya que no hay grasa entre el sensor de presión 20 y los elementos de cojinete de rodillos para transferir el impulso. La componente de señal de presión 29 medida y la amplitud 30 de la componente de señal de presión 29 pueden ser, por lo tanto, un buen indicador de la cantidad de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15. Si hay una cantidad subóptima de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15, entonces las fluctuaciones de presión de la grasa 18 se atenuarán más. Esto se debe a que las fluctuaciones de presión de la grasa 18 requieren grasa 18 con el fin de propagarse al sensor de presión 20.

Además de, o como alternativa a, generar una estimación de la cantidad de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15, la señal de presión se puede usar para estimar la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes 15. La relación de deslizamiento de jaula se puede definir como una relación de la velocidad de rotación angular de la jaula con respecto a la velocidad idealizada de la jaula, para una velocidad de rotación angular particular de la pista interior 21 (es decir, la velocidad de rotación del eje). Las relaciones de deslizamiento de jaula idealizadas para un rango de velocidades de rotación angulares de la pista interior se pueden calcular a partir de las dimensiones del cojinete o se pueden proporcionar por el fabricante del cojinete. La relación de deslizamiento de jaula es un indicador (o trazador) del desgaste de los cojinetes. Específicamente, la relación de deslizamiento de jaula se puede usar para determinar el desgaste de uno o más elementos rodantes 17 de la pluralidad de elementos rodantes 17. Cuanto más del deslizamiento de jaula medido se desvíe del deslizamiento de jaula idealizado (o bien calculado a partir de las dimensiones del cojinete o bien recibido de la hoja de datos del fabricante), más estará presente el desgaste. Este desgaste se puede indicar mediante la señal de presión mucho antes de cualquier pérdida notable de rendimiento o fallo del cojinete. El mantenimiento para reparar o sustituir el cojinete se puede programar, por lo tanto, mucho antes, en consecuencia. La operación del aerogenerador se puede ajustar, por ejemplo, limitando la velocidad del rotor, para extender la operación del aerogenerador al puente hasta el próximo mantenimiento programado. Esto puede evitar el mantenimiento provisional no programado que de otro modo habría llegado a ser necesario.

Este proceso comienza en el paso S6, en donde se puede determinar una frecuencia de jaula, que corresponde a una velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes 17. Haciendo referencia a la Figura 7b, que ilustra una Transformada Rápida de Fourier (FFT) de la señal mostrada en la Figura 7a. La Figura 7b muestra que hay una componente de frecuencia 32 a alrededor de 2,6 Hz (aunque el valor depende de una multitud de factores). La componente de frecuencia 32 corresponde a la FFT de la componente 29 en el dominio del tiempo. La componente de frecuencia 32 puede ser una señal de frecuencia relativamente alta en comparación con otras componentes de señal del sensor de presión 20. La componente de frecuencia 32 se puede caracterizar por una magnitud relativamente grande debido a la consistencia de la componente 29 (es decir, la señal de presión). La

componente de frecuencia 32 puede ser la señal de la frecuencia más alta con una de las mayores magnitudes. La componente de frecuencia 32 puede tener una magnitud pico mayor que el 400% de la magnitud pico de cualquier otra componente de frecuencia dentro de un rango de 1 Hz o 2 Hz de la componente de frecuencia 32. La componente de frecuencia 32 representa la frecuencia de rotación de la jaula 24 multiplicada por el número de elementos rodantes de la pluralidad de elementos rodantes 17. Por ejemplo, si hay diez elementos rodantes en el cojinete de elementos rodantes 15, luego diez elementos rodantes pasarán por una posición fija de la pista exterior 23 durante una rotación de la jaula 24. La posición fija puede ser la ubicación del sensor de presión 20.

En el paso S7, la frecuencia del eje principal se puede medir a partir de la velocidad de rotación angular del eje principal. La frecuencia de rotación del eje principal se puede medir mediante un tacómetro del eje principal (no mostrado) o cualquier otro sensor del aerogenerador 1, incorporado o de otro modo.

En el paso S8, la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes 15 se calcula en base a: la frecuencia de jaula determinada y una frecuencia de jaula idealizada a la velocidad de rotación angular del eje medido. La frecuencia de jaula idealizada a la frecuencia de rotación del eje principal medido se puede conocer en base a el diseño del cojinete de elementos rodantes 15 y/o se puede recibir a partir de (o calcular fácilmente a partir de) las hojas de datos del fabricante del cojinete. Haciendo referencia a la Figura 8, la frecuencia de jaula idealizada se denota ω_{cr} donde:

$$\omega_{cr} = 0.5 * \omega_t \left(1 - \frac{R_r}{R_m}\right) \quad (1)$$

Donde R_r es el radio de un elemento rodante de la pluralidad de elementos rodantes 17, R_m es el radio de paso del cojinete y ω_t es la velocidad angular de la pista interior 22 = la velocidad angular del eje principal.

La relación de deslizamiento de jaula se puede definir como:

$$\text{relación de deslizamiento de jaula} = \left(1 - \frac{\omega_c}{\omega_{cr}}\right) * 100\% \quad (2)$$

Donde ω_c es la velocidad angular de la jaula 24.

La Figura 8 ilustra una vista esquemática del cojinete de elementos rodantes 15 y puede ayudar en la definición de los parámetros usados en las ecuaciones anteriores (1), (2).

En base a la cantidad recomendada predeterminada de grasa 18, o, alternativamente, los límites de la cantidad de grasa 18 para una funcionalidad aceptable del cojinete de elementos rodantes 15, el aerogenerador 1 puede transmitir una solicitud de mantenimiento. Además, o alternativamente, el aerogenerador 1 puede transmitir una solicitud de mantenimiento en base a la relación de deslizamiento de jaula. Un microcontrolador (no mostrado) del sistema de control (no mostrado) del aerogenerador 1 puede procesar datos entrantes y transmitir una solicitud de mantenimiento en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa 18. Alternativamente, el sistema de control (no mostrado) del aerogenerador 1 puede procesar además los resultados del paso S8 y el paso S5 para determinar cuándo, en su caso, se puede transmitir una solicitud de mantenimiento.

En el paso S10, el sistema de control (no mostrado) del aerogenerador 1 puede conmutar el estado operativo del aerogenerador 1. La relación de deslizamiento calculada y/o la estimación de la cantidad de grasa se pueden comparar con umbrales predeterminados o variables y, si se exceden, pueden controlar el aerogenerador 1 para reducir la velocidad del eje principal 11. La velocidad del eje principal 11 se puede reducir mediante un sistema de frenado (no mostrado), inclinando las palas 6 u otro mecanismo.

Alternativamente, la relación de deslizamiento calculada y/o la estimación de la cantidad de grasa se pueden comparar con umbrales predeterminados o variables y, si se exceden, pueden controlar que el aerogenerador 1 detenga completamente la operación del aerogenerador 1, o conmutar el aerogenerador 1 a un estado de operación al ralentí.

Se puede considerar que una relación de deslizamiento de jaula de menos que el 0,5% está dentro de los límites operativos normales. El umbral predeterminado o variable asociado con la relación de deslizamiento de jaula puede ser 0,5%, 1%, 2%, 5% o cualquier valor que se considere que requiere mantenimiento (esto se puede determinar a partir de las hojas de datos del fabricante). El umbral puede depender además de: el tipo de cojinete de elementos rodantes 15; y/o, las condiciones de operación. El umbral predeterminado o variable asociado con la cantidad de grasa 18 puede ser un porcentaje de la cantidad máxima de grasa 18 para un cojinete de elementos rodantes 15 particular, tal como 0,5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 20% o cualquier valor que se pueda considerar que requiere mantenimiento (este se puede determinar a partir de las hojas de datos del fabricante). El umbral puede depender además del tipo de cojinete de elementos rodantes 15 y/o de las condiciones de operación.

Como ejemplo, se puede requerir el paso 810 si hay una pérdida drástica de la cantidad de grasa que se estima en el paso S5. Esto puede indicar una pérdida repentina de presión de la grasa 18 que podría causar daños al cojinete de elementos rodantes 15. Alternativamente, un cambio grande en el valor de la relación de deslizamiento de jaula puede ser indicativo de un cojinete de elementos rodantes 15 dañado.

- 5 Aunque no se muestra en las Figuras, se puede usar una válvula de alivio de presión/respirador de aire con la cavidad o espacio de grasa del alojamiento de cojinete 12 para acomodar los cambios de presión con la temperatura. Este cambio de presión con la temperatura se puede factorizar en cualquier cálculo para la cantidad de grasa 18 y/o relación de deslizamiento de jaula. Un sensor de temperatura se puede utilizar con este propósito.

- 10 En el paso S11, se realiza mantenimiento en el cojinete de elementos rodantes 15 en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa 18. El mantenimiento puede comprender añadir grasa al cojinete de elementos rodantes 15. El mantenimiento puede comprender sustituir la grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15. El mantenimiento puede comprender el desmontaje del cojinete de elementos rodantes 15 y la sustitución de algunos o todos los componentes o las piezas. Por ejemplo, se pueden sustituir al menos algunos de la pluralidad de elementos rodantes 17, o cualquier otro componente del cojinete de elementos rodantes 15.

- 15 Cualquiera de los pasos S9, S10 y S11 puede tener lugar en cualquier orden. Al menos algunos de los pasos S9, S10 y S11 pueden no tener lugar para algunas operaciones, o incluso para todas. Por ejemplo, los pasos S1 – S8 se pueden realizar durante una prueba de mantenimiento, por lo tanto, no se requiere que se realicen los pasos S9 y S10 durante esta prueba. Además, el paso de S11 solamente necesita ser realizado si hay resultados del paso 8 y/o S5 que requieren mantenimiento en el cojinete de elementos rodantes 15. Además, estará claro para los expertos en la técnica que no habría ningún requisito en absoluto para que se realicen los pasos S3 – S5 o los pasos S6 – S8, de manera que solamente se pueda determinar una de la relación de deslizamiento de jaula y/o la cantidad de grasa 18 en el cojinete de elementos rodantes 15.

- 25 El alojamiento de cojinete principal 12 y/o el cojinete de elementos rodantes 15 de la Figura 3 se pueden ensamblar o reacondicionar mediante la adición del sensor de presión 20 a: un cojinete de elementos rodantes 15; alojamiento de cojinete principal 12; o, cualquier parte del aerogenerador 1. La adición del sensor de presión 20 es de manera que el sensor de presión 20 esté en contacto fluido con la grasa 18 del cojinete de elementos rodantes 15. Dado que el único requisito es que el sensor de presión 20 esté en contacto fluido con la grasa 18 del cojinete de elementos rodantes 15, puede haber pocas limitaciones físicas para la ubicación del sensor de presión 20. El sensor de presión 20 puede tener un tamaño total pequeño y/o ser un sensor inalámbrico (el sensor de presión puede estar cableado en algunas aplicaciones). Estas características permiten que el sensor de presión 20 tenga pocas limitaciones de ubicación física cuando se ensambla o reacondiciona. Por ejemplo, el sensor de presión 20 se puede colocar en la salida de grasa 26 durante el ensamblaje.

- 35 El reacondicionamiento puede colocar el sensor de presión 20 en una ubicación subóptima para la detección de presión, pero puede dar como resultado cambios mínimos en el cojinete de elementos rodantes 15 existente con el fin de acomodar el sensor de presión 20. Por lo tanto, este sistema puede ser óptimo en general dependiendo de la aplicación y el propósito. Colocar el sensor de presión 20 en la salida de grasa 26 puede ser especialmente útil para el reacondicionamiento, porque la salida de grasa 26 ya es un punto de acceso para la grasa 18. En otro ejemplo, el sensor de presión 20 se puede fabricar de manera que esté en el interior del cojinete de elementos rodantes 15, o en el exterior del cojinete de elementos rodantes 15 pero en otra ubicación dentro del alojamiento de cojinete principal 12. Si el sensor de presión 20 estaba en el interior del cojinete de elementos rodantes 15, se puede colocar en la pista exterior 23 en contacto fluido con la grasa 18, o en la pista interior 22, o en un lado del cojinete de elementos rodantes 15 colocado de manera que la pluralidad de elementos rodantes 17 no se vea obstaculizada en su recorrido. En conclusión, el sensor de presión 20 se puede fabricar para ser colocado en cualquier lugar alrededor del cojinete de elementos rodantes 15 siempre que pueda medir la presencia de la grasa 18 dentro del alojamiento de cojinete que está en contacto con el cojinete de elementos rodantes 15.

- 45 Como se mencionó anteriormente, la salida de grasa 26 es particularmente conveniente para reacondicionar el sensor de presión en un alojamiento de cojinete de elementos rodantes 12 existente. El proceso de reacondicionar un sensor de presión 20 puede requerir la retirada del tapón de la salida de grasa 26, y la inserción del sensor de presión 20 en la salida de grasa 26. Idealmente este proceso ocurre mientras que el eje principal del aerogenerador 1 está estacionario para evitar pérdidas de presión de la grasa 18 innecesarias y permitir el acceso del personal de mantenimiento. El resultado final del reacondicionamiento es que el sensor de presión 20 está asegurado en la salida de grasa 26 de modo que sea adecuado para contener la grasa 18 en el interior del cojinete de elementos rodantes 15 durante la operación del aerogenerador 1. De este modo, el sensor de presión 20 se puede usar como elemento instalado fijo para un sistema de monitorización de estado (CMS) o como herramienta de diagnóstico para los técnicos de servicio.

El método de fabricación del aerogenerador (específicamente, el alojamiento de cojinete principal 12 y/o el cojinete de elementos rodantes 15) ensamblando o reacondicionando el sensor de presión 20, también es igualmente aplicable si hay dos sensores de presión 20a, 20b a ser reacondicionados o ensamblados en el mismo cojinete de elementos rodantes 15 de la manera descrita anteriormente.

Los beneficios del aerogenerador y los métodos respectivos son:

1. Evitar una inspección que consume tiempo del cojinete de elementos rodantes 15 que de otro modo se puede hacer monitorizando periódicamente el cojinete de elementos rodantes 15 retirando el alojamiento de cojinete principal 12 y/o desmontando parte del cojinete de elementos rodantes 15.
- 5 2. Generar información importante para la planificación de servicio para ahorrar recursos.
3. Generar una alerta temprana de pérdidas de grasa 18, que pueden ser causadas por daño o desgaste del sello.
4. Monitorizar la presión interna del cojinete de elementos rodantes 15 para asegurar la correcta función del respiradero y del sello.
5. Respaldar la función del sistema de lubricación.
- 10 6. Desencadenar en frío el sistema de lubricación como mediación de emergencia hasta que se pueda organizar el servicio.

Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que se pueden hacer diversos cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES

1. Un aerogenerador (1) que comprende: un alojamiento de cojinete (12); un cojinete de elementos rodantes (15) dentro del alojamiento de cojinete y un espacio dentro del alojamiento de cojinete para contener grasa para lubricar el cojinete de elementos rodantes; un eje (11) soportado de manera giratoria por el cojinete de elementos rodantes; en donde el cojinete de elementos rodantes comprende una pluralidad de elementos rodantes (17) separados por una jaula (24), caracterizado por que el aerogenerador comprende además un sensor de presión (20),
 5 en donde el sensor de presión está en comunicación fluida con el espacio y configurado para medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete.
2. El aerogenerador de la reivindicación 1, en donde el alojamiento de cojinete comprende además una salida de grasa (26) para añadir y/o retirar grasa del espacio dentro del alojamiento de cojinete, en donde el sensor de presión está acoplado a la salida de grasa y es adecuado para contener grasa en el interior del alojamiento de cojinete durante la operación del aerogenerador.
 10
3. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el sensor de presión es un primer sensor de presión (20a), y
 15 en donde el aerogenerador comprende además un segundo sensor de presión (20b) en comunicación fluida con el espacio y configurado para medir la presión de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete,
 en donde el primer sensor de presión está en comunicación fluida con el espacio en un primer punto de medición, y el segundo sensor de presión está en comunicación fluida con el espacio en un segundo punto de medición.
4. El aerogenerador de la reivindicación 3, en donde el cojinete de elementos rodantes comprende una primera pluralidad de elementos rodantes (17a) separados por una jaula, y comprende además una segunda pluralidad de elementos rodantes (17b) separados por una segunda jaula,
 20 en donde el primer punto de medición se coloca para medir la presión de la grasa en el espacio adyacente a la primera pluralidad de elementos rodantes, y el segundo punto de medición se coloca además para medir la presión de la grasa en el espacio adyacente a la segunda pluralidad de elementos rodantes.
5. El aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el alojamiento de cojinete es un alojamiento de cojinete principal, y el eje es un eje principal del aerogenerador.
 25
6. Un método de monitorización de un aerogenerador de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, el método que comprende:
 hacer girar el eje;
 30 medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete usando el sensor de presión para generar una señal de presión a medida que gira el eje; y
 determinar una relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes y/o la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete, en base a la señal de presión, en donde la relación de deslizamiento de jaula se define como una relación de una velocidad de rotación angular de la jaula con respecto a una velocidad idealizada de la jaula para una velocidad de rotación del eje particular.
 35
7. El método de la reivindicación 6, en donde determinar la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes comprende:
 determinar una frecuencia de jaula a partir de la señal de presión, en donde la frecuencia de jaula corresponde a una velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes;
 40 medir la velocidad de rotación angular del eje; y
 calcular la relación de deslizamiento de jaula del cojinete de elementos rodantes en base a la frecuencia de jaula determinada y una frecuencia de jaula ideal a la velocidad de rotación angular del eje medida.
8. El método de la reivindicación 7, en donde determinar la frecuencia de jaula a partir de la señal de presión comprende descomponer la señal de presión en sus frecuencias constituyentes e identificar la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes.
 45
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde determinar la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete comprende:
 descomponer la señal de presión en sus frecuencias constituyentes e identificar la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes;
 50

medir la amplitud de la señal de presión descompuesta a la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación angular de la pluralidad de elementos rodantes del cojinete de elementos rodantes; y,

estimar la cantidad de grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete en base a la amplitud medida.

10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende además:

- 5 transmitir una solicitud de mantenimiento en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, que comprende además:

controlar la velocidad del eje o detener la operación del aerogenerador en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

- 10 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, que comprende además:

realizar el mantenimiento sobre el aerogenerador en base a la relación de deslizamiento de jaula determinada y/o la cantidad de grasa.

- 15 13. Un método de ensamblaje o reacondicionamiento de un aerogenerador que comprende un alojamiento de cojinete, un cojinete de elementos rodantes dentro del alojamiento de cojinete y un espacio dentro del alojamiento de cojinete para contener grasa para lubricar el cojinete de elementos rodantes, y un eje soportado de manera giratoria por el cojinete de elementos rodantes, el método que comprende:

adaptar un sensor de presión de manera que esté en comunicación fluida con el espacio y configurado para medir la presión de la grasa en el espacio dentro del alojamiento de cojinete.

- 20 14. El método de la reivindicación 13, en donde el alojamiento de cojinete comprende además una salida de grasa para añadir y/o retirar grasa del espacio dentro del alojamiento de cojinete, el método que comprende además:

retirar un tapón de la salida de grasa, el tapón adecuado para contener la grasa en el interior del alojamiento de cojinete; y,

- 25 adaptar el sensor de presión en la salida de grasa mientras que el eje del aerogenerador está al ralentí, en donde el sensor de presión está adaptado para ser adecuado para contener la grasa en el interior del alojamiento de cojinete durante la operación del aerogenerador.

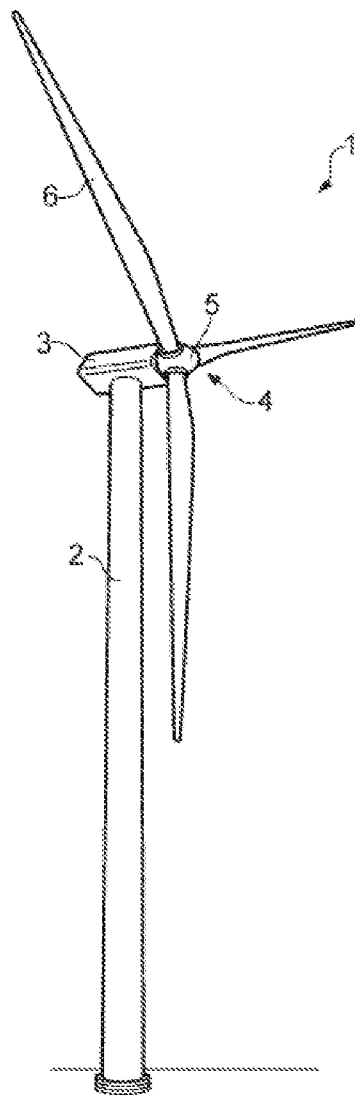


FIG. 1

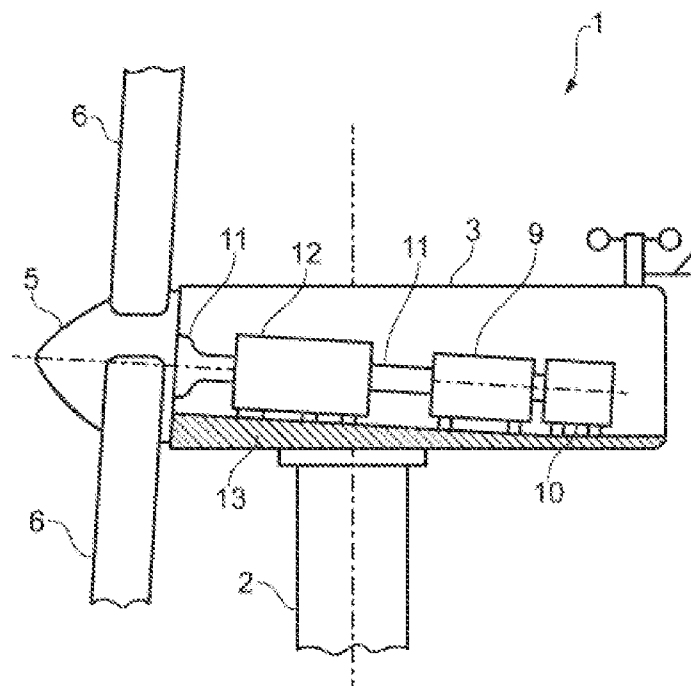


FIG. 2

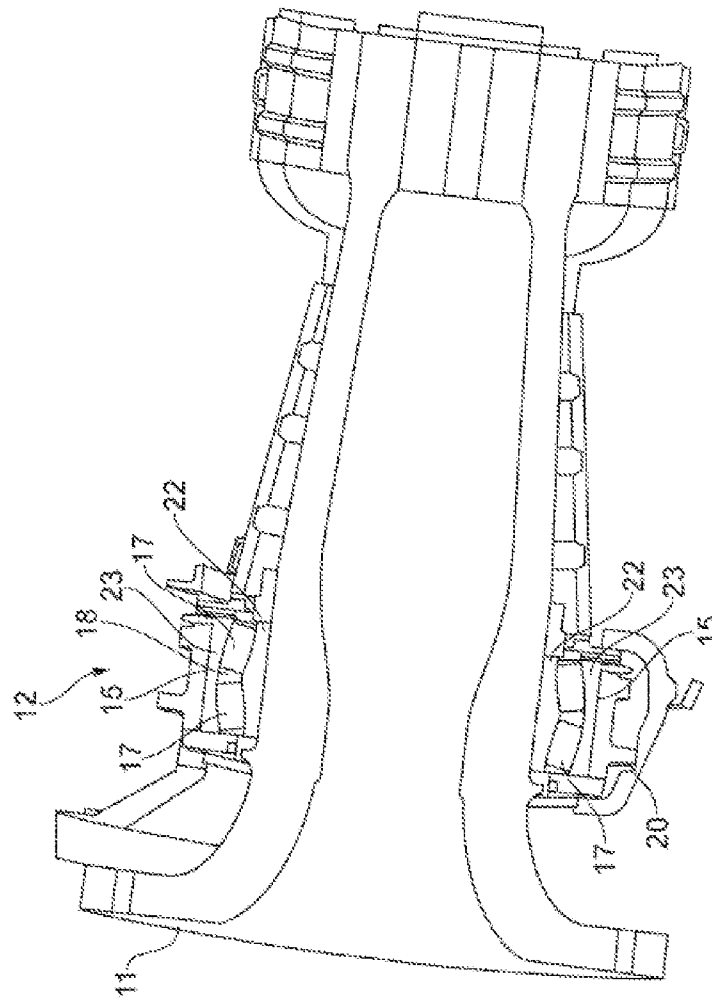


FIG. 3

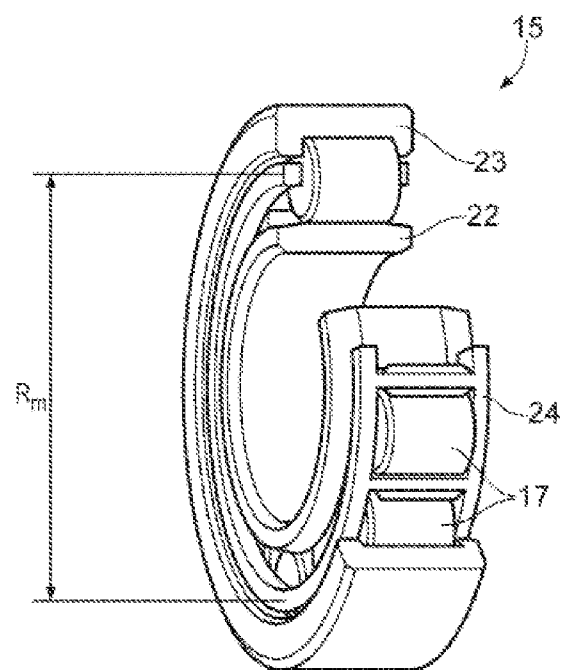


FIG. 4

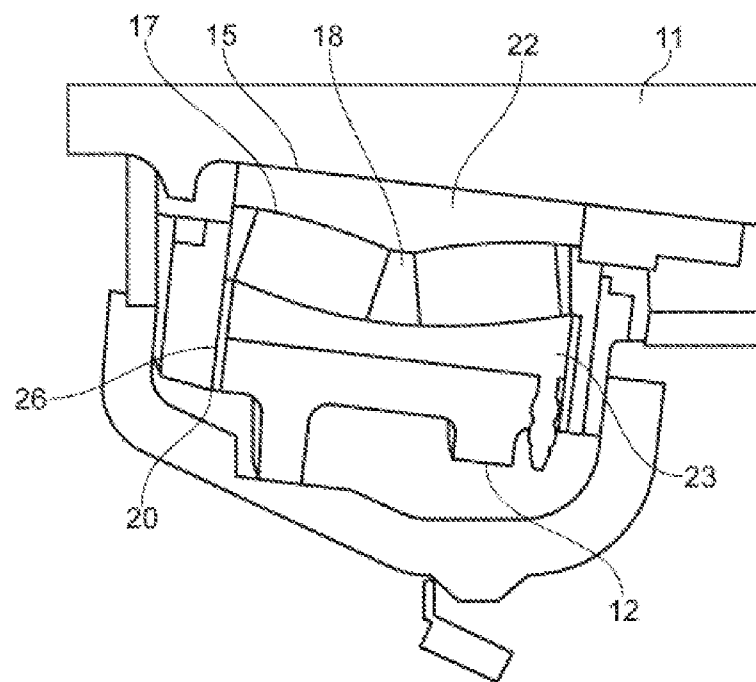


FIG. 5a

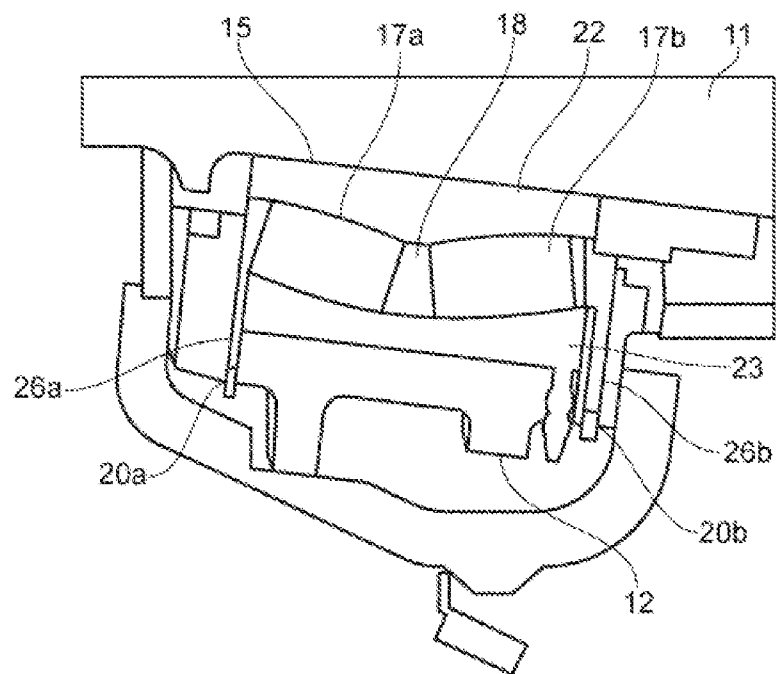


FIG. 5b

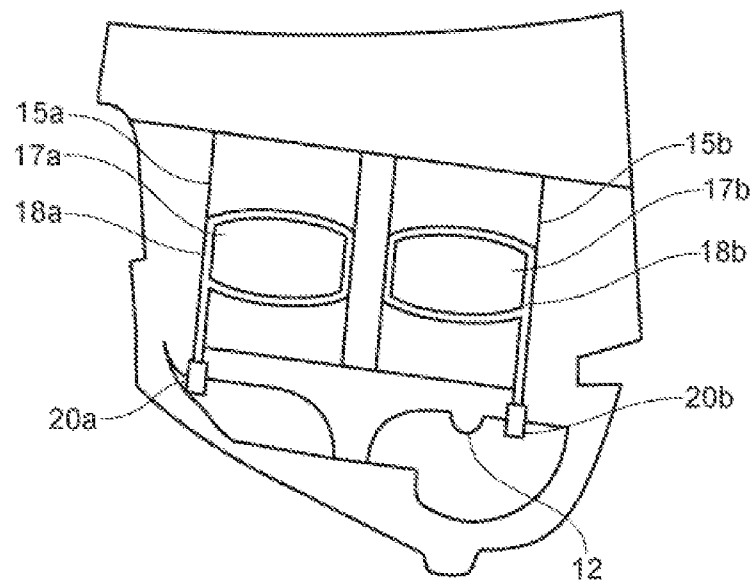


FIG. 5c

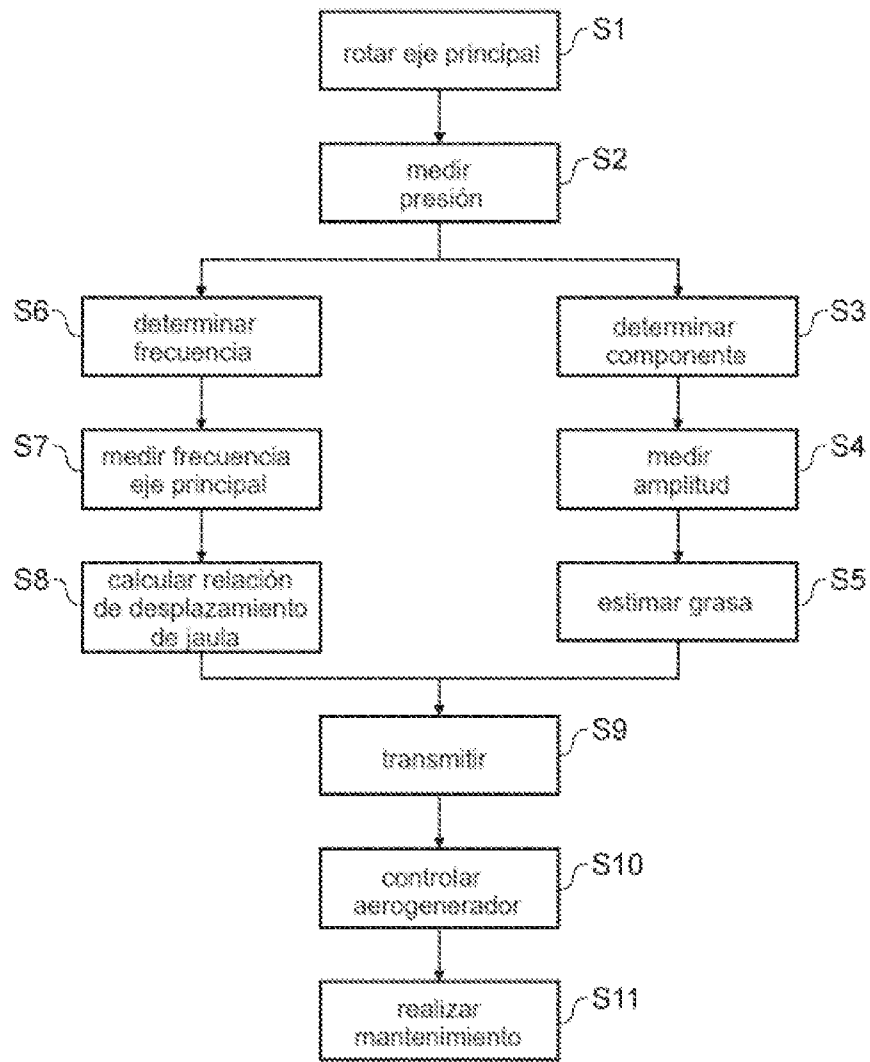
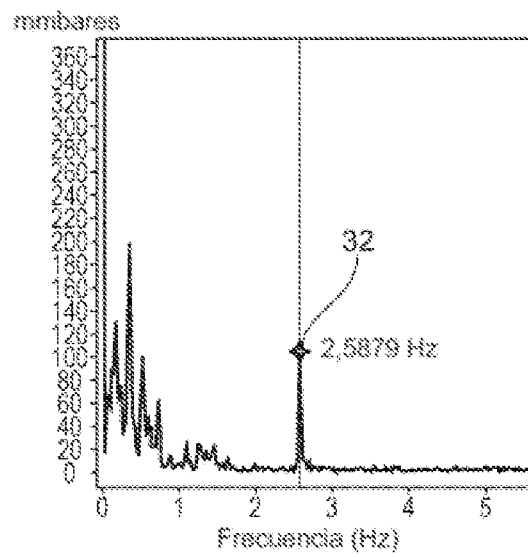
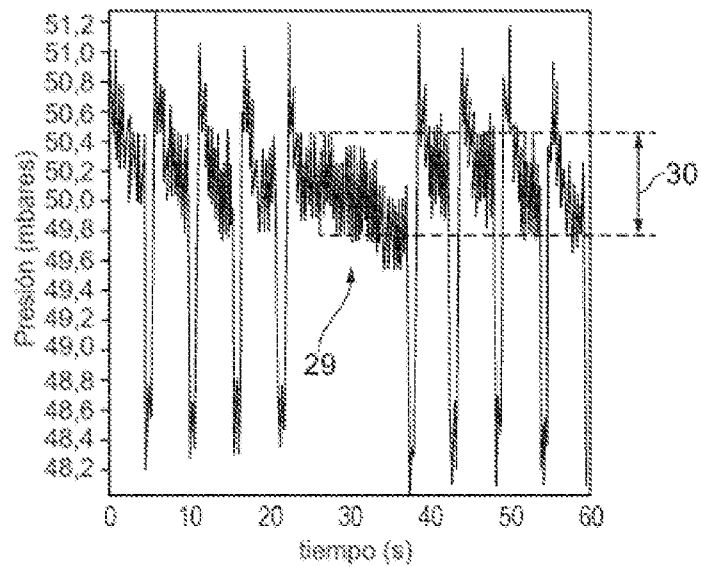


FIG. 6



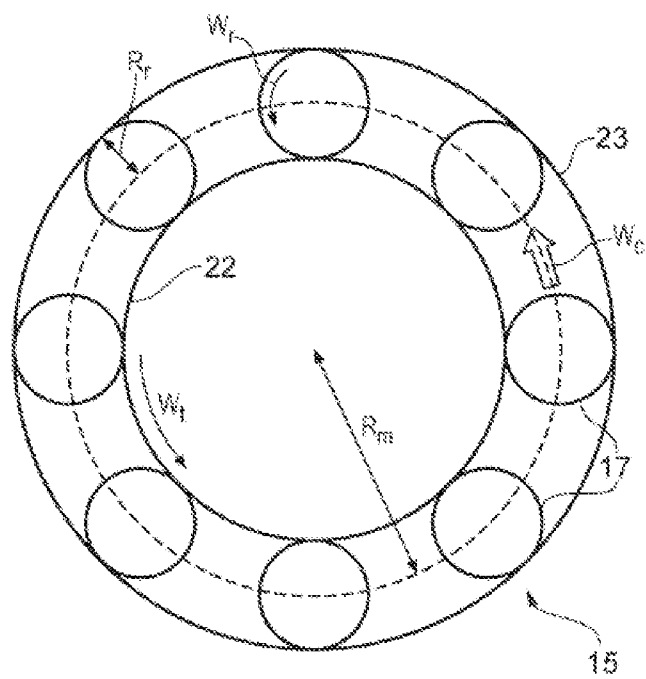


FIG. 8