

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 977**

51 Int. Cl.:

**F16N 39/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/CN2015/094837**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16169263**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15889746 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 3260755**

54 Título: **Dispositivo de calentamiento para protección de rodamiento de generador de energía eólica y sistema de rodamientos**

30 Prioridad:

**22.04.2015 CN 201510193869**

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

**02.04.2020**

73 Titular/es:

**BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION  
WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD. (100.0%)  
No. 19 Kangding Road, Beijing Economic &  
Technological Development Zone, Daxing District  
Beijing 100176, CN**

72 Inventor/es:

**MA, SHENGJUN;  
LIU, CHENGQIAN y  
LI, YONGSHENG**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 751 977 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 de calentamiento para protección de rodamiento de generador de energía eólica y sistema de rodamientos

### Campo

- 5 Esta solicitud se refiere a un dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica y un sistema de rodamientos, y pertenece al campo de generación de energía eólica.

### Antecedentes

- 10 En un sistema de eje de un generador de energía eólica de rotor externo de accionamiento directo de imán permanente, se proporciona de manera general un rodamiento entre un eje principal de un estator y un eje giratorio de un rotor, y se aplica grasa lubricante de rodamiento al rodamiento. El documento WO 2014/024139 A1 se refiere a un método de control para controlar la precarga de un rodamiento que incluye estimar la precarga en el rodamiento; comparar la precarga estimada con un intervalo de aceptación predeterminado; y corregir la precarga en el rodamiento cuando la precarga está fuera del intervalo de aceptación. El dispositivo del documento WO 2014024139 A1 también comprende intercambiadores de calor para calentar un rodamiento del mismo.

- 15 1. Movimiento de la grasa lubricante en el rodamiento

Con la rotación de un rodamiento, el movimiento de la grasa lubricante rellena en un rodamiento se puede dividir sustancialmente en dos etapas. En general, la cantidad de grasa lubricante rellena en el rodamiento siempre excede la cantidad real requerida de grasa lubricante que participa directamente en la rotación del rodamiento. En una etapa de operación temprana del rodamiento rodante, la mayor parte de la grasa lubricante se expulsa rápidamente (menos de 1 minuto) fuera de una pista de rodadura, y la grasa expulsada se acumula en una jaula y en una cavidad de la cubierta del rodamiento y forma un contorno fuera de los rodillos. En este proceso, la temperatura del rodamiento aumenta rápidamente debido a la resistencia del exceso de grasa lubricante. La mayor parte del exceso de grasa lubricante se expulsa fuera en una etapa de inicio de la operación, y es probable que la grasa lubricante expulsada cerca de la pista de rodadura se lleve a la pista de rodadura por los rodillos. Esta grasa lubricante se descarga sucesivamente poco a poco a medida que los rodillos del rodamiento giran de una manera que da vueltas. En este momento, la temperatura del rodamiento aumenta continuamente, lo que se denomina etapa de rodaje de la grasa lubricante. La etapa de rodaje puede durar una docena de minutos o incluso varias horas, dependiendo de muchos factores, tales como la calidad y la cantidad de grasa lubricante rellena en el rodamiento. Cuando el exceso de grasa lubricante se descarga por completo, una pequeña cantidad de grasa lubricante restante forma películas delgadas de grasa lubricante en las superficies de contacto entre los rodillos, la pista de rodadura y la jaula por un efecto de cuña, entrando de este modo en una etapa de operación normal del rodamiento. En este momento, la temperatura del rodamiento disminuye gradualmente y alcanza un estado de equilibrio. En otras palabras, una lubricación a largo plazo funciona principalmente mediante estas películas de lubricación. Además, durante la operación a largo plazo del rodamiento, la grasa lubricante en los rodillos, en el contorno cerca de la pista de rodadura y en la jaula se reducirá y se forma una parte de aceite base. Cuando el aceite base entra en la pista de rodadura, también ayuda a la lubricación. Las capacidades de las diferentes grasas en el rodamiento son diferentes en la formación de contornos, y la grasa ideal puede formar un contorno relativamente vertical, y tiene una etapa de rodaje de corto tiempo, y asegurar una baja temperatura y una operación suave del rodamiento en una operación a largo plazo. La capacidad de formar una forma de canal de la grasa lubricante es muy importante, y solamente la grasa lubricante "fluidificada" se puede asegurar para formar la forma del canal. Cuando la grasa lubricante se congela, o está cerca del estado congelado, la grasa lubricante se acumulará, aglomerará, perdiendo un efecto de lubricación apropiado como debería tener. La vida de servicio del rodamiento del eje principal del generador de energía eólica del rotor externo de accionamiento directo puede afectar la vida de servicio de todo el generador. La sustitución de la grasa lubricante y la limpieza del rodamiento son difíciles. En el espacio límite del área circundante parcial cerca del rodamiento, la temperatura del aire del entorno de trabajo varía desde -45 grados Celsius hasta +65 grados Celsius. Dado que la grasa lubricante puede tener baja movilidad en condiciones de baja temperatura, la grasa lubricante expulsada del rodamiento difícilmente volverá a la pista de rodadura.

2. El análisis de las razones de deslizamiento del rodamiento rodante

50 El rodamiento se acopla al eje mediante un ajuste de interferencia. Según estadísticas incompletas, el fallo de acoplamiento causado por la rotación relativa entre el eje y un anillo interno del rodamiento representa el 30% de las razones de fallo de las piezas de accionamiento de tipo eje. En el caso de que se presente una rotación relativa entre el eje y el anillo interno del rodamiento, el muñón se frota contra el anillo interno del rodamiento, haciendo que el tamaño del muñón sea menor que el tamaño del anillo interno, de modo que la interferencia se "pierde". La superficie de montaje del muñón se daña y el anillo interno se desguaza.

55 En el caso de que la grasa lubricante del rodamiento se congele o ya no esté "fluidificada", la fricción entre el anillo interno y los rodillos no puede superar la resistencia durante el arranque y es susceptible de causar el deslizamiento de los rodillos y su jaula como un todo por la resistencia significativamente aumentada causada por el estado de la grasa lubricante entre la jaula y los rodillos. En el caso de que el lubricante se congele o ya no esté "fluidificado", las

razones principales para el deslizamiento de los rodillos en un área del rodamiento son las siguientes: ① los rodillos apenas entran en el área del rodamiento, la grasa lubricante se congela, haciendo que el coeficiente de fricción sea más pequeño; ② la grasa lubricante se congela, haciendo que los rodillos se transporten en la jaula y formen además una pieza junto con la jaula, dando como resultado además una resistencia significativamente aumentada; 5 ③ una ráfaga de viento llega en un período de tiempo de baja temperatura, y un generador de energía eólica arranca rápidamente, causando una variación demasiado rápida de la velocidad del rodamiento, causando un deslizamiento adicional.

10 Cuando el generador se usa en áreas de inviernos fríos, la grasa lubricante del rodamiento entre el eje principal del estator y el eje giratorio del rotor es propensa a congelarse después de que se apague el generador. En el caso de que la grasa lubricante se congele o ya no se fluidifique, el arranque forzado causará el deslizamiento de los rodillos del rodamiento en la superficie de la pista de rodadura cuando el viento viene del campo de viento, lo que hace que la fricción de rodadura entre la pista de rodadura y los rodillos se convierta en fricción deslizante, y los rodillos continúen deslizándose, dando como resultado la deformación de los rodillos. En el caso de que los rodillos y la jaula se congelen integralmente, y el generador se arranque por la fuerza cuando el viento viene del campo de viento, los 15 rodillos y la jaula se deslizan integralmente, de este modo la jaula se puede dañar. Múltiples veces de tal acción continua pueden causar un fallo en el rodamiento.

### Compendio

20 La invención se refiere a un dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica según la reivindicación 1 y un sistema de rodamientos según la reivindicación 11, para proporcionar una fuente de calor para mantener la fluidización de la grasa lubricante del rodamiento y extender la vida de servicio del rodamiento.

25 Con el fin de lograr el objeto anterior, se proporciona un dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica según una realización de la presente solicitud, que está configurado, entre otras cosas, para ser aplicado a un eje principal de un generador de energía eólica con un rodamiento envuelto en el eje principal. El dispositivo de calentamiento está configurado para ser dispuesto dentro del eje principal y correspondiente al rodamiento en posición, y el dispositivo de calentamiento incluye: múltiples secciones de arco 30 circulares, una fuente de calor flexible configurada para ser dispuesta entre una pared interna del eje principal y las múltiples secciones de arco circulares, y un dispositivo de soporte configurado para soportar superficies internas de las múltiples secciones de arco circulares para ajustar estrechamente la fuente de calor flexible contra la pared interna del eje principal.

35 Se proporciona además un sistema de rodamientos de un generador de energía eólica según una realización de la presente solicitud, que incluye: un eje principal del generador de energía eólica, y un rodamiento del lado de la pala y un rodamiento del lado de la torre envueltos en el eje principal. El dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento del generador de energía eólica como se ha descrito anteriormente se proporciona dentro del eje principal en una posición correspondiente al rodamiento del lado de la pala y/o al rodamiento del lado de la torre.

40 En el dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica y el sistema de rodamientos según las realizaciones de la presente solicitud, la fuente de calor flexible se lleva en estrecho contacto con una pared interna del eje fijo mediante la combinación del dispositivo de soporte y las múltiples secciones de arco circulares, de este modo, se logra la condición necesaria del modo de conducción de calor. Además, la fuente de calor se fija sobre la pared interna del eje principal del generador de energía eólica, para proporcionar una fuente de calor para el rodamiento, de manera que la grasa lubricante del rodamiento no se congelará y se pueda mantener en un estado fluidificado, de este modo, la vida de servicio del rodamiento se prolonga, y se logra un estrecho contacto de la fuente de calor flexible con la pared interna del eje principal del generador de energía eólica.

### Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 es una vista esquemática que muestra la estructura de montaje de un dispositivo de calentamiento según una realización de la presente solicitud montada en un generador de energía eólica;

La Figura 2 es una vista parcial ampliada de la estructura de la Figura 1 en una parte I;

La Figura 3 es una vista frontal de la estructura en la Figura 2 en una parte A;

La Figura 4 es una vista parcial ampliada de la estructura en la Figura 3 en una parte II; y

50 La Figura 5 es un diagrama esquemático de transferencia de calor según una realización de la presente solicitud.

Números de referencia en los dibujos:

1 dispositivo de calentamiento,

11 sección de arco circular,

- 111 sección de arco de apoyo,
- 12 fuente de calor flexible
- 121 capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama,
- 122 capa elástica eléctricamente aislante,
- 5 13 dispositivo de soporte,
- 131 barra de soporte en espiral izquierda
- 132 barra de soporte en espiral derecha,
- 133 manguito en espiral bidireccional
- 134 barra de aplicación de fuerza,
- 10 2 generador de energía eólica
- 21 rodamiento,
- 21a rodamiento del lado de la pala,
- 21b rodamiento del lado de la torre,
- 211 anillo externo del rodamiento,
- 15 212 anillo interno del rodamiento,
- 213 rodillo,
- 22 eje fijo,
- 221 cavidad interna de eje fijo,
- 23 eje giratorio,
- 20 24 góndola,
- 25 propulsor,
- 26 deflector de aire,
- 27 torre.

**Descripción detallada**

25 El dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica según las realizaciones de la presente solicitud se describe en detalle a continuación con referencia a los dibujos.

30 Se proporciona un rodamiento entre un eje principal de un estator y un eje giratorio de un rotor en un sistema de eje de un generador de energía eólica de rotor externo de accionamiento directo de imán permanente. En un área fría en invierno, la grasa lubricante del rodamiento en el rodamiento se congelará después de que se apague el generador. Cuando la grasa lubricante del rodamiento se congela, el arranque forzado del generador, en un aspecto, hará que los rodillos del rodamiento se deslicen instantáneamente sobre una superficie de la pista de rodadura del rodamiento, lo que puede convertir la fricción de rodadura entre la pista de rodadura del rodamiento y los rodillos del rodamiento en fricción deslizante, y si el deslizamiento sigue ocurriendo, los rodillos del rodamiento se pueden deformar. En otro aspecto, cuando la grasa lubricante del rodamiento se congela, los rodillos del rodamiento y la jaula del rodamiento se pueden congelar en una pieza, y el arranque forzado hará que los rodillos del rodamiento y la jaula del rodamiento se deslicen integralmente, y luego la jaula se dañe, y múltiples veces de tal acción continua puede causar un fallo del rodamiento.

40 Con el fin de prolongar la vida de servicio del rodamiento, es necesario precalentar y descongelar la grasa lubricante del rodamiento antes del arranque del generador de energía eólica (o mantener el estado fluidificado de la grasa lubricante del rodamiento), se monta una fuente de calor flexible en el eje del generador de energía eólica del rotor externo de accionamiento directo de imán permanente (en el entorno natural fuera de una góndola) después de que el generador ya se haya puesto en funcionamiento, para abordar el problema de congelación de la grasa lubricante del rodamiento en el período extremadamente frío (también llamado los “terceros nueve días”, los “cuartos nueve días”) después del término solar del “solsticio de invierno”. El diseño de la fuente de calor flexible, la posición fija de la fuente de calor flexible y el dispositivo de soporte para la fuente de calor flexible se han de abordar actualmente.

Antes de introducir el principio de las realizaciones de la presente solicitud, se describen brevemente los antecedentes de la solicitud y la instalación de la fuente de calor flexible.

1. La fuente de calor flexible y la situación actual de aplicación de la misma

Actualmente, la fuente de calor flexible es comúnmente una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona. Según diferentes hábitos, la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona también se denomina lámina de calentamiento de caucho de silicona, placa de calentamiento de caucho de silicona, lámina de calentamiento eléctrica de caucho de silicona, placa de calentamiento eléctrica de caucho de silicona, película de calentamiento eléctrica de caucho de silicona, película de calentamiento eléctrica de poliimida, película de calentamiento eléctrica de PET transparente, calentador eléctrico a prueba de agua, calentador de caucho de silicona, elemento de calentamiento de caucho de silicona, etc. Se incluyen además una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona con control de temperatura y una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona sin control de temperatura.

Una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona es una lámina de generación de calor inmediatamente cuando se le suministra energía. El núcleo de la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona emplea un hilo de níquel cromo o una lámina de níquel cromo grabado en una cierta forma, que tiene alta fiabilidad. El método para producir una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona incluye: grabar una lámina de níquel cromo con un espesor de 0,02 mm a 0,1 mm en una cierta forma, recubrir materiales de aislamiento térmico en dos lados de la lámina de níquel cromo, y realizar un moldeo a alta temperatura y un tratamiento de calor de envejecimiento a la lámina de níquel cromo. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona es una lámina suave roja, o de otro color, que puede ajustarse estrechamente a diversas superficies curvas. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona se puede producir dependiendo de diversas formas y potencias. Las características de la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona incluyen: generar calor rápidamente, calentar inmediatamente después de ser alimentada, con una potencia por unidad de área de 8 w/cm<sup>2</sup>. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene una capacidad de calor pequeña, de este modo, y la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona se puede encender y apagar rápidamente como fuente de calor y tiene una alta eficiencia térmica. En el caso de calentar un líquido, la temperatura de una película de calentamiento en sí misma es solamente unas pocas decenas de grados más alta que la temperatura del líquido, lo que puede ahorrar energía de dos a tres veces en comparación con un horno eléctrico ordinario. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona es resistente al agua, resistente a los ácidos, resistente a los álcalis, y tiene una alta resistencia de aislamiento eléctrico. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene una alta resistencia mecánica: presión mecánica 200 kg/cm<sup>2</sup>. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene un volumen pequeño, y casi no ocupa espacio en uso. El uso de la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona también es cómodo, y debido a que la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona en sí misma está aislada, no se generará luz desnuda, y el proceso tras el aislamiento térmico se simplifica enormemente. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene un intervalo amplio de resistencia al calor: desde -60 grados Celsius hasta 250 grados Celsius. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene una larga vida de servicio, y se puede usar de manera casi permanente en condiciones de trabajo normales. La lámina de níquel cromo puede resistir cualquier corrosión, y la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene una resistencia superficial de hasta 200 kg/cm<sup>2</sup>. Además, la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona tiene opciones de tamaño, dureza y espesor.

En el aspecto de la estructura, la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona consiste en una tela de fibra de vidrio de gel de silicona hecha presionando dos telas de fibra de vidrio y dos láminas dobles de gel de silicona prensada. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona como producto de lámina (con un espesor estándar de 1,5 mm) tiene una buena suavidad, y puede ajustar estrechamente completamente el objeto a ser calentado. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona se puede adaptar fácilmente al sujeto a ser calentado por la suavidad, de este modo, la forma se puede diseñar según requisitos reales. De esta forma, la almohadilla de calentamiento de caucho de silicona puede transferir calor a cualquier lugar deseado. La almohadilla de calentamiento de caucho de silicona incluye hilos de resistencia de aleación de níquel dispuestos y, por lo tanto, es segura y fiable. Los productos se usan ampliamente en el campo de anticongelantes, aislamiento térmico y calentamiento, tal como piezas tubulares o planas en el cuidado de la salud, instrumentación, equipos mecánicos y similares. El caucho de silicona es un nuevo tipo de elastómero de polímero, que tiene excelente rendimiento en resistir altas y bajas temperaturas, tiene un excelente rendimiento de resiliencia y un rendimiento de deformación permanente pequeño. En términos de rendimiento eléctrico, incluso en el caso de cortocircuito, la sílice generada es un aislante. En términos de propiedad de la superficie, el caucho de silicona no se adherirá a muchos otros materiales.

2. Dificultades en el montaje de la fuente de calor flexible en el parque eólico

Un número considerable de generadores de energía eólica de rotor externo de accionamiento directo que se han puesto en operación y se pondrán en operación en los parques eólicos en el noreste, noroeste, regiones del Tíbet, se sitúan en el entorno natural frío, y los generadores de energía eólica de rotor externo de accionamiento directo no tienen medidas anticongelantes de grasa lubricante del rodamiento en sus sistemas de eje cuando se diseñan. De este modo, se requiere proporcionar adicionalmente un aparato de calentamiento eléctrico posteriormente, y determinar el tipo y el modo de fijación del aparato de calentamiento eléctrico. Se han aplicado medidas

anticorrosión en la superficie de la cavidad de un eje principal del estator. Se requiere que se emplee el canal en la cavidad del eje principal del estator del generador de energía eólica, que también es el único canal para líneas eléctricas, líneas de comunicación de datos en la góndola que entran en un cubo del generador de energía eólica. De este modo, este canal necesita permanecer desbloqueado y no tiene riesgo de incendio en absoluto.

5 El método de establecimiento de un aparato de calentamiento tal como un calentador de aire en la cavidad del eje principal del estator del generador de energía eólica no es de ahorro de energía. En el método en que la fuente de calor flexible se adhiere a la pared interna de la cavidad del eje principal del estator, puede haber riesgos tales como la temperatura fuera de control, el disparo, etc., dado que la fuente de calor flexible está en un estado de vibración forzada a largo plazo. Hay cambios de temperatura que oscilan desde -45 grados Celsius hasta +60 grados Celsius en la cavidad del eje principal del estator del generador de energía eólica, de este modo, la vibración a largo plazo y el efecto de temperatura alternativa causará un fallo del adhesivo. Además, incluso si la fuente de calor flexible se adhiere a la superficie de la pared de la cavidad interna, el otro lado de la fuente de calor flexible irradiará calor a la cavidad interna, por lo tanto, hay una necesidad de añadir una capa de aislamiento de calor, no obstante, esto aumenta el peso de la fuente de calor flexible, haciendo que la fuente de calor flexible se desprenda más fácilmente. Aunque se fija la fuente de calor flexible, necesita mantener además el desbloqueo de la cavidad interna del eje principal del estator del generador de energía eólica, y el requisito de eficiencia energética de calentamiento requiere que la fuente de calor flexible y la superficie de la cavidad del eje principal del estator del generador de energía eólica logre un "estrecho contacto". Si no se puede lograr un "estrecho contacto", la fuente de calor flexible en sí misma se quemará, fallará e incluso causará un incendio. No obstante, en la industria actual de aparatos de calentamiento eléctrico, cuando se emplea la fuente de calor flexible para calentar, necesita explorar además los casos de desarrollo de herramientas de fijación para usar la fuente de calor flexible en entornos naturales extremos. Esto se debe a que la fijación fiable no se puede fijar de manera fiable simplemente mediante la tecnología de adhesivos (proceso de adhesión). Incluso si el proceso de adhesión para la fuente de calor se completa en interior antes de que el generador de energía eólica deje la fábrica, en el proceso de cientos de kilómetros de transporte de larga distancia, la fuente de calor y el material de aislamiento son susceptibles de desprenderse debido a las vibraciones de baches. Si se desprende la fuente del calentador o el material de aislamiento, difícilmente puede llevar a cabo el proceso de adhesión en el sitio en invierno, y la baja temperatura puede causar el fallo del adhesivo o degradar el rendimiento del adhesivo. Incluso en verano, el proceso de adhesión se puede transportar al sitio, pero también necesita tomar medidas para fijar la fuente de calor y el material de aislamiento, para evitar desprenderse. En otro aspecto, adherir no es la forma preferida. Esto se debe a que si la fuente de calor se adhiere a la pared interna del eje principal del estator del generador de energía eólica, es malo para la expansión y contracción térmica del material de la fuente de calor, además, se llegará a ser una restricción. Se puede generar un esfuerzo de cizalla en la superficie de adhesión, que es susceptible de hacer que la capa anticorrosión original se desprenda de la superficie de la pared de la cavidad interna del eje principal del estator en el generador de energía eólica y se dañe, y así es el caso para la superficie del material de caucho de silicona de la fuente de calor. Los generadores de energía eólica se colocan en el entorno natural salvaje desatendido, y una vez que el generador de energía eólica se prende fuego, es difícil llevar a cabo la lucha contra el fuego, y la pradera de sotavento y los generadores de energía eólica pueden sufrir incluso grandes pérdidas debido al desastre del fuego.

40 El principio técnico de las realizaciones de la presente solicitud se postula en base a la situación anterior: la fuente de calor flexible se lleva en estrecho contacto con la superficie de la pared de la cavidad interna del eje fijo del generador de energía eólica mediante la combinación del dispositivo de soporte y múltiples secciones de arco y se fija en la pared interna del eje principal del generador de energía eólica por medio del dispositivo de soporte junto con el material aislante de calor para proporcionar calor al rodamiento, lo que aborda el problema de congelación y mantiene la fluidificación de la grasa lubricante del rodamiento, prolonga la vida de servicio del rodamiento y logra un estrecho contacto entre la fuente de calor flexible y la pared interna del eje principal del generador de energía eólica.

Primera realización

50 Como se muestra en las Figuras 1 a 3, la Figura 1 es una vista esquemática que muestra la estructura de montaje de un dispositivo de calentamiento según una realización de la presente solicitud montada en un generador de energía eólica, la Figura 2 es una vista parcial ampliada de la estructura en la Figura 1 en una parte I, y la Figura 3 es una vista frontal de la estructura en la Figura 2 en una parte A.

55 En esta realización de la presente solicitud, se proporciona un dispositivo de calentamiento 1 para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica, que se puede aplicar a un eje principal, con un rodamiento envuelto en el mismo, de un generador de energía eólica. El dispositivo de calentamiento 1 está dispuesto dentro del eje principal, y calienta el rodamiento envuelto en el eje principal a través de una pared interna del eje principal. En el generador de energía eólica, el estator y el rotor tienen sus propios ejes principales. El eje principal del estator se abrevia como eje fijo, y el eje principal del rotor se abrevia como eje giratorio. Dependiendo de las diferentes estructuras del generador de energía eólica, la relación de posición entre el eje giratorio y el eje fijo también es diferente. Para un generador de energía eólica que tiene una estructura con un estator interno y un rotor externo, el eje giratorio se envuelve en el eje fijo por medio de un rodamiento. En este caso, el eje principal descrito anteriormente es el eje fijo del generador de energía eólica, esto es, el dispositivo de calentamiento está dispuesto dentro del eje fijo. Para un generador de energía eólica que tiene una estructura con un estator externo y un rotor interno, el eje fijo está envuelto en el eje giratorio por medio de un rodamiento. En este caso, el eje principal descrito

anteriormente es el eje giratorio del generador de energía eólica, esto es, el dispositivo de calentamiento está dispuesto dentro del eje giratorio. En general, se requieren dos rodamientos para lograr la cooperación del eje giratorio y del eje fijo. Uno de los dos rodamientos está cerca del lado de la torre, y se conoce como rodamiento del lado de la torre en la presente solicitud, y el otro está cerca del lado de la pala, y se conoce como rodamiento del lado de la pala en la presente solicitud.

Como ejemplo de la presente solicitud, el generador de energía eólica mostrado en la Figura 1 es una estructura con un rotor externo y un estator interno. El dispositivo de calentamiento 1 se aplica al eje fijo 22, y el eje giratorio 23 está envuelto fuera del eje fijo 22. El dispositivo de calentamiento 1 está dispuesto en el interior del eje fijo 22 en una posición correspondiente a la posición del rodamiento 21. La correspondencia en la posición aquí significa una condición que permite que el dispositivo de calentamiento 1 caliente el rodamiento 21 a través de la pared del eje del eje fijo 22 desde el interior del eje fijo 22, es decir, el dispositivo de calentamiento 1 se debería situar en las inmediaciones de la posición donde está envuelto el rodamiento 21. Además, en la estructura mostrada en la Figura 1, el rodamiento 21 incluye un rodamiento del lado de la pala 21a y un rodamiento del lado de la torre 21b. En una aplicación práctica, generalmente, cada una de las posiciones correspondientes al rodamiento del lado de la pala 21a y al rodamiento del lado de la torre 21b se dota con el dispositivo de calentamiento 1, es decir, se proporcionan dos dispositivos de calentamiento 1 dentro del eje fijo 22. También puede haber solamente un dispositivo de calentamiento 1 dispuesto en una de las posiciones según requisitos prácticos. Se hace una descripción en lo sucesivo tomando el caso de que el dispositivo de calentamiento 1 se proporciona en cada una de las posiciones correspondientes al rodamiento del lado de la pala 21a y al rodamiento del lado de la torre 21b como ejemplo.

La Figura 1 muestra además componentes tales como una góndola 24, un impulsor 25, un deflector de aire 26, una torre 27, un eje fijo 22, una cavidad interna del eje fijo 221 y un eje giratorio 23, para describir con precisión la posición de instalación específica del dispositivo de calentamiento 1.

Como trabajo de preparación, una capa de grasa de silicona térmica (grasa de silicona retardante de llama) con un espesor de 1 mm a 2 mm (-45 grados Celsius a 80 grados Celsius) se recubre sobre la superficie de la cavidad interna del eje fijo 221 (o la superficie de la cavidad interna del eje giratorio) de un generador de energía eólica 2. El límite de temperatura superior no necesita tener en consideración los requisitos de resistencia a altas temperaturas. En el proceso de construcción en el sitio en invierno, también se necesita un aparato soplador de aire tal como una pistola de aire caliente. La superficie de la cavidad interna del eje fijo 22 se limpia para que esté limpia, y luego se seca mediante el aparato soplador de aire tal como la pistola de aire caliente, y luego se calienta continuamente durante media hora hasta alcanzar una temperatura ambiente que oscila desde 20 grados Celsius hasta 30 grados Celsius. De este modo, el calor en el eje fijo 22 del generador de energía eólica se acumula, cumpliendo por ello el requisito de mantener la grasa térmica "fluidificada" en el proceso de operación, y luego se recubre la grasa térmica.

Según la invención, el dispositivo de calentamiento 1 incluye múltiples secciones de arco circulares 11, una fuente de calor flexible 12 y un dispositivo de soporte 13. La fuente de calor flexible 12 se dispone entre la pared interna del eje fijo 22 y las secciones de arco circulares 11, y el dispositivo de soporte 13 soporta las superficies internas de las secciones de arco circulares 11 para ajustar estrechamente la fuente de calor flexible 12 con la pared interna del eje fijo 22. Específicamente, las posiciones de dos dispositivos de calentamiento 1 corresponden a las posiciones del rodamiento del lado de la pala 21a y del rodamiento del lado de la torre 21b del generador de energía eólica 2 (como se muestra en la Figura 1, un lado izquierdo es el lado de la torre del generador de energía eólica 2 y un lado derecho es el lado de la pala del generador de energía eólica 2) respectivamente. La fuente de calor flexible 12 se presiona entre la pared interna del eje fijo 22 y las múltiples secciones de arco circulares 11 mediante la combinación del dispositivo de soporte 13 y las múltiples secciones de arco circulares 11, de modo que la fuente de calor flexible 12 esté en "estrecho contacto" con la pared interna del eje fijo 22. De este modo, se aborda el problema técnico de estrecho contacto de la fuente de calor flexible 12 con la pared interna del eje fijo 22. El "estrecho contacto" es necesario para que la fuente de calor flexible 12 caliente un sólido conduciendo calor a la superficie del sólido calentado. La fuente de calor flexible 12 proporciona una fuente de calor para el rodamiento 21, de este modo, se aborda el problema de congelación de la grasa lubricante del rodamiento y se prolonga la vida de servicio del rodamiento 21.

La Figura 3 es una vista frontal de la estructura en la Figura 2 en la dirección A. En el dispositivo de calentamiento anterior, según la invención, las secciones de arco circulares 11 son del mismo tamaño y el número de secciones de arco circulares 11 es un número par, y cada dos secciones de arco circulares 11 opuestas en una dirección radial del eje fijo 22 forman un grupo. Las secciones de arco circulares 11 pueden ser uno o más grupos, y preferiblemente, estas secciones de arco 11 se pueden empalmar en un anillo circular (se permite que se presente un cierto hueco en la parte de empalme entre las secciones de arco circulares), de modo que se pueda calentar uniformemente un círculo de la pared interna del eje fijo 22. Según la invención, el dispositivo de soporte 13 incluye múltiples grupos de barras de soporte en espiral izquierdas 131, barras de soporte en espiral derechas 132 y manguitos en espiral bidireccionales 133 con el número de grupos igual al número de los grupos de las secciones de arco circulares 11. Dos extremos del manguito en espiral bidireccional 133 están conectados a un extremo de la barra de soporte en espiral izquierda 131 y a un extremo de la barra de soporte en espiral derecha 132, respectivamente, y otro extremo de la barra de soporte en espiral izquierda 131 y otro extremo de la barra de soporte en espiral derecha 132 se soportan, respectivamente, en el medio de las superficies internas de dos secciones de arco circulares 11 en el mismo grupo, respectivamente. Específicamente, cada una de las secciones

de arco circulares 11 está hecha de un material rígido y es preferiblemente una sección de arco semicircular, de manera que un anillo circular se puede formar por sólo un grupo de secciones de arco y, de este modo, todo el círculo de la pared interna del eje fijo 22 se puede calentar uniformemente, y las secciones de arco circulares 11 pueden tener un espesor que oscila desde 5 mm hasta 6 mm. En la cavidad interna del eje fijo 22, la fuente de calor flexible 12 se proporciona en un lado externo del anillo circular anterior. Proporcionando una combinación del dispositivo de soporte 13 y las secciones de arco circulares 11, la fuente de calor flexible 12 puede ser forzada a entrar en contacto estrechamente con la pared interna del eje fijo. Tal estructura también puede simplificar el proceso de montaje y desmontaje, para permitir que el grado de estanqueidad del contacto de la fuente de calor flexible 12 con la pared interna del eje fijo 22 sea ajustable. Además, el dispositivo de soporte 13 está situado en el centro de un grupo de secciones de arco circulares 11, y hay un hueco que se presenta entre el dispositivo de soporte 13 y el grupo de secciones de arco circulares 11, de modo que la cavidad del eje fijo 22 se mantenga desbloqueada, y la combinación del dispositivo de soporte 13 y las múltiples secciones de arco circulares 11 no ocupen el canal de los cables de alimentación y comunicación originales. Se facilitan trabajos como mantenimiento de rutina e inspección.

Además, las dos secciones de arco circulares 11 (un grupo de secciones de arco 11) están conectadas a las dos barras de soporte (la barra de soporte en espiral izquierda 131 y la barra de soporte en espiral derecha 132 conectadas al mismo manguito en espiral bidireccional 133) mediante soldadura para formar una pieza. Se puede conectar un manguito en espiral bidireccional 133 a las dos barras de soporte mediante roscas de tornillo trapezoidales (o roscas de tornillo dentadas). Una barra de aplicación de fuerza 134 para girar el manguito en espiral bidireccional 133 se puede proporcionar en el medio del manguito en espiral bidireccional 133. La barra de aplicación de fuerza 134 se puede soldar directamente a una pared del manguito en espiral bidireccional 133 giratorio, o un par de orificios pasantes se pueden formar en la pared del manguito en espiral bidireccional 133 giratorio, a través del cual pasa la barra de aplicación de fuerza 134. Girando la barra de aplicación de fuerza 134 y de este modo girando además el manguito en espiral bidireccional 133 y empleando una estructura de "tornillo de transmisión de fuerza" entre el manguito en espiral bidireccional 133 y las dos barras de soporte (la barra de soporte en espiral izquierda 131 y la barra de soporte en espiral derecha 132), el dispositivo de soporte 13 está habilitado para producir un gran empuje radial con un par más pequeño, y un empuje radial empuja las dos secciones de arco circulares 11 para moverse en direcciones radiales opuestas, para ajustar el dispositivo de soporte 13 para cambiar el diámetro del anillo circular anterior, forzando de este modo las secciones de arco circulares 11 a "entrar en contacto estrechamente" con la fuente de calor flexible 12. Cuando la diferencia entre el diámetro interno del eje fijo 22 y el diámetro del anillo circular anterior es menor o igual que el espesor de las dos fuentes de calor flexibles 12, indica que la fuente de calor flexible 12 se ha presionado entre el anillo circular y la pared interna del eje fijo 22, y se logra el estrecho contacto de la fuente de calor flexible 12 con la pared interna del eje fijo 22 del generador de energía eólica 2. Además, el dispositivo de calentamiento según la realización de la presente solicitud ha tenido en cuenta plenamente el problema de que el espacio en una cámara de eje fijo es pequeño (generalmente solamente se puede acomodar para que acceda un trabajador). Proporcionando el mecanismo de manguito en espiral bidireccional y cooperando con la barra de aplicación de fuerza, el montaje y desmontaje y el mantenimiento se pueden realizar cómodamente, y la barra de aplicación de fuerza se puede operar completamente con una mano, facilitando de este modo la realización del mantenimiento del trabajador.

Como se muestra en la Figura 4, la Figura 4 es una vista parcial ampliada de la estructura de la Figura 3 en una parte II. Con el fin de proporcionar una fuerza de presión estable a la fuente de calor flexible 12, esta realización de la presente solicitud puede incluir además una sección de arco de apoyo 111. La sección de arco de apoyo 111 se puede disponer en una unión de secciones de arco circulares 11 adyacentes (las secciones de arco circulares 11 en el mismo grupo) en la dirección circunferencial y conectar de manera fija a las secciones de arco circulares 11 en los dos lados. De este modo, las fuerzas de presión aplicadas por la sección de arco circular 11 a varias posiciones de la fuente de calor flexible 12 pueden ser uniformes.

En la estructura anterior, la sección de arco de apoyo 111 puede ser en forma de "T", y una tira vertical de la forma de "T" (un extremo de la tira vertical) puede apoyarse directamente contra la pared interna del eje fijo 22 (es decir, no hay ninguna fuente de calor flexible en la sección de arco de apoyo 111), las paredes laterales de las secciones de arco circulares 11 adyacentes pueden apoyarse contra las paredes laterales de la tira vertical de la forma de T, y una tira transversal de la forma de "T" se puede conectar de manera fija a las superficies internas de las secciones de arco circulares 11 adyacentes.

En los dispositivos de calentamiento anteriores, una barra de aplicación de fuerza 134 que gira horizontalmente puede accionar el manguito en espiral bidireccional 133 para que gire, lo que permite que las dos barras de soporte se extiendan o retraigan, y el diámetro interno del círculo formado por las dos secciones de arco circulares 11 se aumenta por medio de la estructura de "tornillo de transmisión de fuerza". Cuando las dos barras de soporte se extienden, a medida que aumenta el diámetro interno del círculo mencionado anteriormente, comienza a presentar un hueco en la unión de las dos secciones de arco circulares 11, y hasta que el hueco aumenta en la medida en que dos secciones de arco de apoyo 111 (la sección de arco de apoyo 111 tiene una longitud de 15 mm) se pueden incrustar en las uniones de las dos secciones de arco circulares 11, las dos secciones de arco de apoyo 111 se incrustan, y luego girando la barra de aplicación de fuerza 134 se detiene. Mediante tal operación, el hueco se aumenta gradualmente hasta un grado apropiado (por ejemplo, 15 mm), y el grado de presión de las dos secciones de arco circulares 11 con respecto a las dos secciones de arco de apoyo 111 alcanza una extensión apropiada,



logrando de este modo el “estrecho contacto” de las dos secciones de arco de apoyo 111 con las dos secciones de arco circulares 11 adyacentes. El grado de compresión de la fuente de calor flexible 12 por las dos secciones de arco circulares 11 se ajusta además para permitir que la fuente de calor flexible 12 “entre en contacto estrechamente” con las dos secciones de arco circulares 11, y luego las secciones de arco de apoyo 111 se conectan además, respectivamente, a las dos secciones de arco (en la Figura 4, se emplea una conexión de pernos) para formar un “anillo circular completo”. Después de que las secciones de arco de apoyo 111 se conectan respectivamente a las dos secciones de arco 11, se genera una fuerza de acción radial inversa al dispositivo de soporte 13. Esto también aborda el problema de aflojamiento ocurrido en la conexión entre el manguito en espiral bidireccional 133 y las dos barras de soporte, y cumple con el requisito de anti aflojamiento. Después de que se forma un “anillo circular completo”, puede asegurarse que las presiones de un grupo de secciones de arco circulares 11 contra la fuente de calor flexible 12 en la dirección radial es consistente (es decir, el “estrecho contacto” tiene una extensión consistente), permitiendo por ello que la extensión del “estrecho contacto” de la fuente de calor flexible 12 con la pared interna del eje fijo 22 del generador de energía eólica 2 sea consistente. Es necesario asegurar que el “estrecho contacto” entre la fuente de calor flexible 12 y el eje fijo 22 del generador de energía eólica 2, de otro modo, la fuente de calor flexible 12 puede haber subido su temperatura a decenas de grados en unos pocos minutos debido a su pequeña capacidad calorífica. La fuente de calor flexible 12 en sí misma no tiene “capacidad de equilibrio automático”, y si no hay ningún cuerpo de almacenamiento de calor con un cuerpo térmico alto para absorber calor, la fuente de calor flexible 12 en sí misma se quemará, fallará e incluso causará un incendio.

Como se muestra en la Figura 5, es un diagrama esquemático de la transferencia de calor de esta realización de la presente solicitud (la vista esquemática es con respecto al rodamiento trasero). En el dibujo,  $\Phi D1$  a  $\Phi D5$  representan los siguientes significados respectivamente:  $\Phi D1$ : un diámetro externo del eje fijo 22;  $\Phi D2$ : un diámetro interno de un anillo interno del rodamiento;  $\Phi D3$ : un diámetro externo del anillo interno del rodamiento;  $\Phi D4$ : un diámetro interno de un anillo externo del rodamiento;  $\Phi D5$ : un diámetro externo del anillo externo del rodamiento,  $\Phi D6$ : un diámetro interno del eje giratorio 23. Después de que la fuente de calor flexible 12 se soporta por la combinación del dispositivo de soporte 13 y las secciones de arco circulares 11, la fuente de calor flexible 12 está en “estrecho contacto” con la pared interna del eje fijo 22 del generador de energía eólica 2, y las flechas hacia arriba en el eje fijo 22 en la Figura 5 indican las trayectorias para transferir calor por la fuente de calor flexible 12, las flechas hacia abajo y hacia arriba en el rodillo 213 indican las trayectorias de flujo del calor generado por la rotación del rodamiento 21, las flechas hacia abajo en el anillo externo del rodamiento 211 indican la trayectoria de flujo del calor generado por la rotación del eje giratorio 23. El calor irradiado por la fuente de calor flexible 12 pasa a través de la pared del cilindro del eje fijo 22, de este modo una parte del calor se distribuye al entorno natural en una dirección axial del eje fijo 22, y otra parte del calor se transfiere parcialmente al anillo interno del rodamiento 212 en la dirección radial del eje fijo 22. El calor generado por la rotación del rodamiento 21 y el calor de la fuente de calor flexible 12 se encuentran en el interior del anillo interno del rodamiento 212. El calor generado por la rotación del rodamiento 21 y el calor generado por la rotación del eje giratorio 23 se encuentran en el interior del anillo externo del rodamiento 211. La fuente de calor flexible 12 dota al rodamiento 21 con una fuente de calor, de manera que la grasa lubricante del rodamiento no se congele y pueda mantener que la grasa lubricante se fluidifique, prolongando de este modo la vida de servicio del rodamiento 21, y asegurando que la grasa lubricante tenga un efecto de lubricación.

Además, la fuente de calor flexible 12 puede incluir una capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama 121 y una capa elástica eléctricamente aislante 122. La capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama 121 puede adherirse a y encajar en la pared interna del eje fijo 22 y la capa elástica eléctricamente aislante 122 se puede disponer entre la capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama 121 y las superficies externas de las secciones de arco circulares 11. La capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama 121 puede tener un espesor que oscila desde 1,5 mm hasta 2 mm, y el interior de la capa de fuente de calor flexible retardante de llama 121 se puede dotar con un elemento de detección de temperatura de tipo sensor Pt100. Un hilo conductor del sensor se puede conectar al armario de control de la góndola con el fin de realizar el control de monitor de proceso a la capa de fuente de calor eléctrica flexible retardante de llama 121. La capa de fuente de calor flexible retardante de llama 121 puede ser una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona (que contiene un componente retardante de llama). La capa elástica eléctricamente aislante 122 puede ser una almohadilla de caucho de silicona de metilvinilo que tenga un espesor de no menos de 8 mm a 10 mm, y la almohadilla de caucho de silicona de metilvinilo es un material elástico resistente al calor que tiene una gran cantidad de deformación, y tiene propiedades de excelente resiliencia y una pequeña deformación permanente. La almohadilla de caucho de silicona de metilvinilo generará una gran cantidad de deformación (del 20% al 25% del espesor del material base puede cumplir justo los requisitos), lo que puede compensar la insuficiencia del grado circular y la suavidad de la superficie de la cavidad interna del eje fijo 22 (el eje fijo 22 está hecho de un material de fundición, y durante el proceso de fundición, el grado circular y la suavidad de la superficie rodeada por el molde es menos de 0,5 mm a 1 mm). Además, la fuente de calor flexible 12 y la capa elástica eléctricamente aislante 122 se pueden unir y fijar con una cinta adhesiva de doble cara de poliimida. La capa elástica eléctricamente aislante 122 se puede usar como una capa de aislamiento de calor para evitar que el calor de la fuente de calor flexible 12 se transfiera desde un extremo de la sección de arco circular 11 y reducir aún más el consumo de energía de la fuente de calor flexible 12. La presión aplicada por el dispositivo de soporte 13 a la capa de aislamiento de calor en un lado de la cavidad de la fuente de calor flexible 12 es ajustable para acomodar la deformación permanente del material. Además, una capa de material refractario aislante se puede añadir entre el material elástico, tal como la almohadilla de caucho de

silicona de metilvinilo y las secciones de arco circulares 11, por ejemplo, un fieltro de lana de vidrio encerrado por una tela ignífuga.

Además, con el fin de evitar el peligro de seguridad causado por el fallo del dispositivo de soporte 13, se puede proporcionar un sensor de presión en la sección de arco de apoyo 111 y configurar para medir la presión de la fuente de calor flexible 12. Cuando la sección de arco de apoyo 111 pierde presión, el sensor de presión transmite una señal a un sistema de control correspondiente, y el sistema de control envía una señal de alarma, y el sistema de control corta el sistema de fuente de alimentación de la fuente de calor flexible 12 a través del control correspondiente, de este modo, se evita en tiempo real que se prenda fuego, fugas eléctricas, etc. Específicamente, se puede proporcionar un elemento de medición sensible a la presión (sensor de presión) en la superficie y el interior de la sección de arco de apoyo 111, de este modo, se evita el "fallo de contacto" de la fuente de calor flexible 12 con el arco de apoyo 111 (separación de la superficie de contacto). En el dispositivo anterior, dos secciones de arco circulares 11 se apoyan por medio de la sección de arco de apoyo 111 que contiene un sensor de presión dentro de la misma, y cuando el sensor de presión mide que la presión de un grupo de secciones de arco circulares 11 es menor que un valor normal, se envía una señal alarmante y se corta la fuente de alimentación, logrando por ello la medición del grado estrecho del apoyo entre la fuente de calor flexible 12 y la pared interna del eje fijo 22, abordando el problema de aflojamiento del dispositivo de soporte 13, la sección de arco circular 11, la sección de arco de apoyo 111 y la fuente de calor flexible 12.

#### Segunda realización

Como se muestra en la Figura 1, esta realización se refiere a un sistema de rodamientos para un generador de energía eólica, que incluye principalmente un eje principal de un generador de energía eólica y un rodamiento del lado de la pala 21a y un rodamiento del lado de la torre 21b envueltos en el eje principal. El dispositivo de calentamiento 1 descrito en la primera realización se proporciona dentro del eje principal en una posición correspondiente al rodamiento del lado de la pala 21a y/o al rodamiento del lado de la torre 21b.

Además, el generador de energía eólica anterior puede tener una estructura con un rotor externo y un estator interno, y en este caso, el eje principal es un eje fijo del generador de energía eólica, y un eje giratorio del generador de energía eólica está envuelto fuera del eje fijo por el rodamiento del lado de la torre y el rodamiento del lado de la pala.

Como modificación adicional, el generador de energía eólica también puede emplear una estructura con un estator externo y un rotor interno, y en este caso, el eje principal anterior es un eje giratorio del generador de energía eólica, y un eje fijo del generador de energía eólica está envuelto fuera del eje giratorio por el rodamiento del lado de la torre y el rodamiento del lado de la pala.

En esta realización, el dispositivo de calentamiento 1 según la primera realización se proporciona en el sistema de rodamientos del generador de energía eólica que incluye el eje principal y el rodamiento, y el rodamiento del lado de la pala 21a y/o el rodamiento del lado de la torre 21b envueltos fuera del eje principal se pueden calentar desde el interior del eje principal, de manera que la grasa lubricante del rodamiento no se congele y la grasa lubricante se pueda mantener para ser fluidificada, prolongando por ello la vida de servicio del rodamiento, y logrando un estrecho contacto entre la fuente de calor flexible y la pared interna del eje principal del generador de energía eólica.

Solamente se han descrito anteriormente realizaciones de la presente solicitud, y el alcance de la presente solicitud no se limita a las mismas. Cualquier variación o sustitución concebida fácilmente por los expertos en la técnica dentro del alcance técnico descrito en la presente solicitud debería estar cubierto en el alcance de la presente solicitud. Por lo tanto, el alcance de la presente solicitud se debería interpretar con el alcance definido por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de calentamiento para proteger un rodamiento de un generador de energía eólica, en donde el dispositivo de calentamiento (1) está configurado para ser aplicado a un eje principal de un generador de energía eólica con un rodamiento (21) envuelto en el eje principal, el dispositivo de calentamiento (1) está configurado para ser dispuesto dentro del eje principal en una posición correspondiente al rodamiento, caracterizado porque el dispositivo de calentamiento (1) comprende:
- 5 una pluralidad de secciones de arco circulares (11),
- una fuente de calor flexible (12) configurada para ser dispuesta entre una pared interna del eje principal y la pluralidad de secciones de arco circulares (11), y
- 10 un dispositivo de soporte (13) configurado para soportar superficies internas de la pluralidad de secciones de arco circulares (11) para ajustar estrechamente la fuente de calor flexible (12) contra la pared interna del eje principal; y
- en donde cada una de la pluralidad de secciones de arco circulares (11) tienen el mismo tamaño y el número de la pluralidad de secciones de arco circulares es un número par, cada dos secciones de arco circulares (11)
- 15 radialmente opuestas forman un grupo, el dispositivo de soporte (13) comprende una pluralidad de grupos de barras de soporte en espiral izquierdas (131), barras de soporte en espiral derechas (132) y manguitos en espiral bidireccionales (133), con el número de grupos igual al número de grupos de las secciones de arco circulares (11), dos extremos de un manguito en espiral bidireccional (133) se conectan respectivamente a un extremo de una barra de soporte en espiral izquierda (131) correspondiente y a un extremo de una barra de soporte en
- 20 espiral derecha (132) correspondiente, y otro extremo de la barra de soporte en espiral izquierda (131) y otro extremo de la barra de soporte en espiral derecha (132) se soportan respectivamente en el medio de las superficies internas de las dos secciones de arco circulares (11) en el mismo grupo.
2. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, en donde una barra de aplicación de fuerza (134) para rotar el manguito en espiral bidireccional (133) se proporciona en el medio del manguito en espiral bidireccional (133).
- 25 3. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, que comprende además:
- una sección de arco de apoyo (111) dispuesta en una unión de secciones de arco circulares (11) adyacentes en una dirección circunferencial y conectadas de manera fija a las secciones de arco circulares (11) en dos lados.
- 30 4. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 3, en donde la sección de arco de apoyo (111) es en forma de "T", y una tira vertical de la forma de "T" está configurada para apoyarse contra la pared interna del eje principal, y las paredes laterales de las secciones de arco circulares (11) adyacentes se apoyan contra las paredes laterales de la tira vertical de la forma de "T", y una tira transversal de la forma de "T" se conecta de manera fija a las superficies internas de las secciones de arco circulares (11) adyacentes.
- 35 5. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, en donde la fuente de calor flexible (12) comprende:
- una capa de fuente de calentamiento eléctrico flexible retardante de llama (121), y
- una capa elástica eléctricamente aislante (122),
- 40 en donde la capa de fuente de calentamiento eléctrico flexible retardante de llama (121) está configurada para adherirse a y encajar en la pared interna del eje principal; y
- la capa elástica eléctricamente aislante (122) está dispuesta entre la capa de fuente de calentamiento eléctrico flexible retardante de llama (121) y las superficies externas de la pluralidad de secciones de arco circulares (11).
- 45 6. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 3, en donde un sensor de presión se proporciona en la sección de arco de apoyo (111) para medir la presión de la fuente de calor flexible (12).
7. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, en donde la sección de arco circular (11) está hecha de un material rígido.
- 50 8. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, en donde el número de secciones de arco circulares (11) es dos, y la sección de arco circular (11) es una sección de arco semicircular.

9. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 5, en donde la capa de fuente de calentamiento eléctrico flexible retardante de llama (121) es una almohadilla de calentamiento de caucho de silicona.
- 5 10. El dispositivo de calentamiento para proteger el rodamiento del generador de energía eólica según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de calentamiento está configurado para ser dispuesto en una posición correspondiente a cada uno de un rodamiento del lado de la torre y un rodamiento del lado de la pala, o
- el dispositivo de calentamiento está configurado para ser dispuesto en una posición correspondiente al rodamiento del lado de la torre o al rodamiento del lado de la pala.
11. Un sistema de rodamientos de un generador de energía eólica, que comprende:
- 10 un eje principal del generador de energía eólica, y
- un rodamiento del lado de la pala (21a) y un rodamiento del lado de la torre (21b) envueltos en el eje principal,
- en donde el dispositivo de calentamiento (1) para proteger un rodamiento del generador de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 se proporciona dentro del eje principal en una posición correspondiente a cada uno del rodamiento del lado de la pala (21a) y el rodamiento del lado de la torre (21b), o
- 15 el dispositivo de calentamiento (1) para proteger un rodamiento del generador de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 se proporciona dentro del eje principal en una posición correspondiente al rodamiento del lado de la pala (21a) o al rodamiento del lado de la torre (21b).
12. El sistema de rodamientos del generador de energía eólica según la reivindicación 11, en donde el generador de energía eólica es una estructura con un rotor externo y un estator interno, el eje principal es un eje fijo del generador de energía eólica, y un eje giratorio del generador de energía eólica está envuelto fuera del eje fijo por el rodamiento del lado de la pala (21a) y el rodamiento del lado de la torre (21b).
- 20 13. El sistema de rodamientos del generador de energía eólica según la reivindicación 11, en donde el generador de energía eólica es una estructura con un estator externo y un rotor interno, el eje principal es un eje giratorio del generador de energía eólica, y un eje fijo del generador de energía eólica está envuelto fuera del eje móvil por el rodamiento del lado de la pala (21a) y el rodamiento del lado de la torre (21b).
- 25

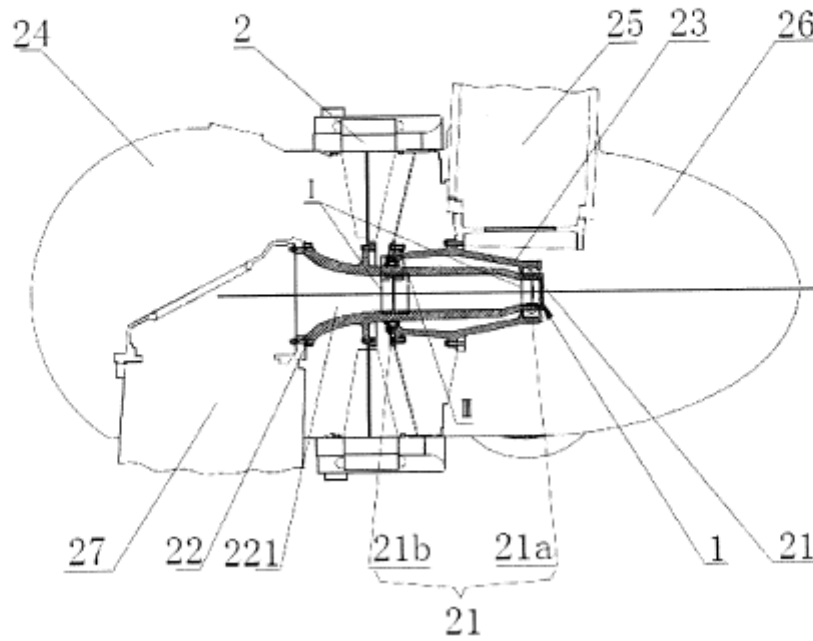


Figura 1

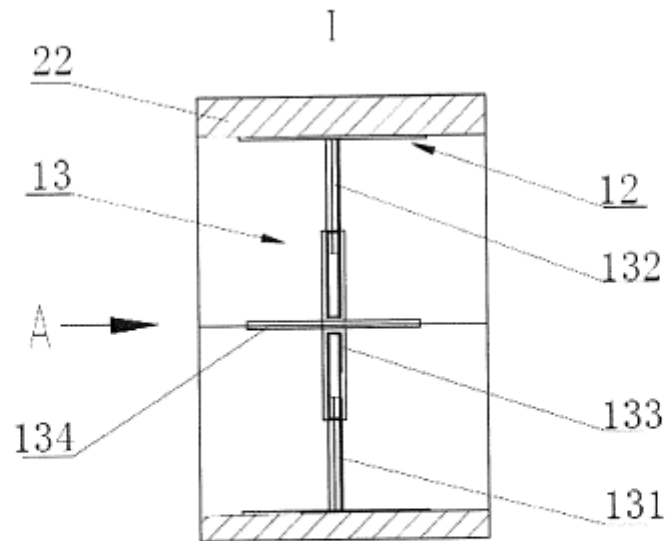


Figura 2

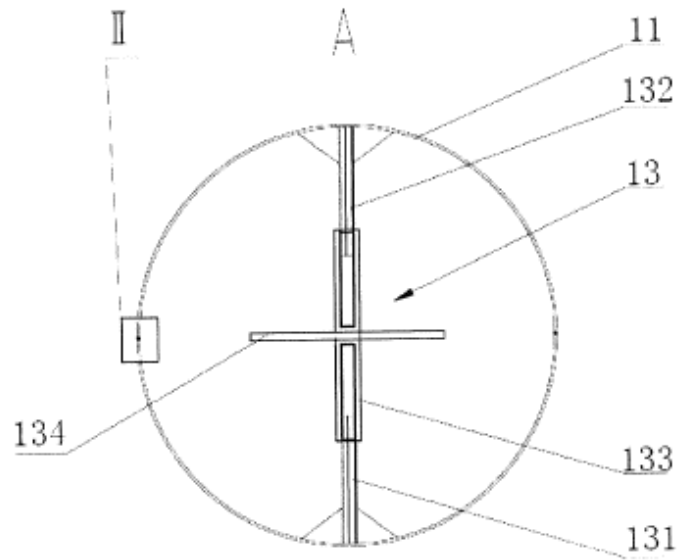


Figura 3

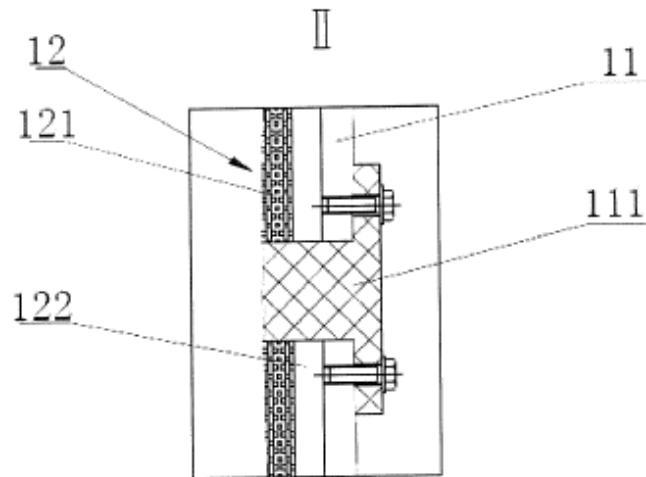


Figura 4

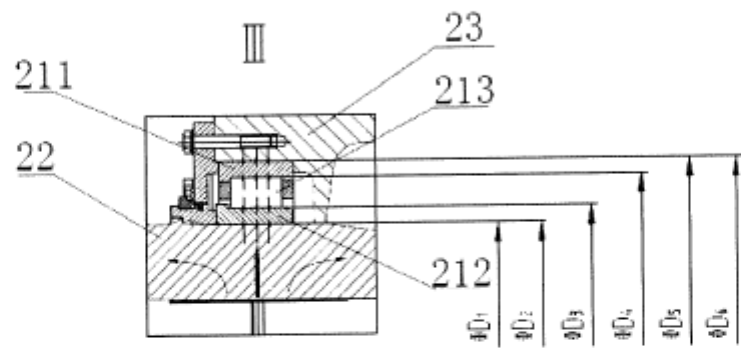


Figura 5