

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 693**

51 Int. Cl.:

G01B 5/14 (2006.01)

G01B 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2015 PCT/EP2015/072510**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016 WO16102088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2015 E 15771118 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 3237838**

54 Título: **Dispositivo de medición de entrehierros y procedimiento de medición de entrehierros para medir un espesor de entrehierro, en particular de un generador de un aerogenerador**

30 Prioridad:

22.12.2014 DE 102014226825

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

25.05.2020

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

RÖER, JOCHEN

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 762 693 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 medición de entrehierros y procedimiento de medición de entrehierros para medir un espesor de entrehierro, en particular de un generador de un aerogenerador

5

La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de entrehierros para medir un espesor de entrehierro, en particular de un generador de un aerogenerador. La presente invención también se refiere a un dispositivo de medición de entrehierros para medir un espesor de entrehierro, en particular de un generador de un aerogenerador.

10 Como generador según la invención, se entiende en particular un generador síncrono, preferentemente un generador de anillo de rotación lenta. Por un generador de rotación lenta se entiende según la invención una velocidad de rotación por debajo de 40 revoluciones por minuto.

15 Un entrehierro entre el rotor y el estator del generador según la invención está normalmente en el rango de un solo milímetro, por ejemplo, en el rango por debajo de 3 mm. Para la operación fiable de tales generadores, es de vital importancia que el entrehierro cambie lo menos posible a lo largo de su circunferencia. Además de una alineación precisa entre el rotor y el estator, es importante que, por ejemplo, debido a imprecisiones de fabricación, se puedan encontrar las fluctuaciones del entrehierro resultantes. Se deberá poder determinar si estas fluctuaciones del
20 entrehierro debido a un desequilibrio del rotor son causadas en relación con el estator o debido a variaciones geométricas de los componentes.

Para medir el entrehierro del generador de un aerogenerador, los dispositivos de medición de entrehierro adecuados se conocen básicamente por la técnica anterior. Por ejemplo, galgas de espesores con tiras de chapa de espesor creciente, que se introducen sucesivamente en un entrehierro. La tira de chapa más gruesa que se puede insertar en
25 el entrehierro indica el tamaño del entrehierro. En este procedimiento de medición, que hasta ahora se había llevado a cabo en la técnica anterior, el sensor mecánico debe extenderse a lo largo de todo el entrehierro, paralelo al eje de rotación del rotor. Dado que en los generadores de los aerogeneradores, la expansión del entrehierro en la dirección del eje de rotación puede ser fácilmente de un metro o más, el esfuerzo manual y el tiempo requerido para tales operaciones de medición son considerables. Además, es difícil controlar si la galga de espesores pasa realmente por
30 el espacio en la orientación deseada, o si está inclinada en alguna parte. Por lo tanto, la fiabilidad limitada y, en particular, el gran esfuerzo manual se perciben como una desventaja.

También conocidos en la técnica anterior son las galgas de espesores capacitivas, que están equipadas con un elemento de resorte destinado a la inserción en un entrehierro. En el documento DE 100 15 155 A1 se describe un
35 dispositivo para medir entrehierros con un elemento piezoeléctrico como transformador. Aunque las técnicas de medición capacitivas o resistivas conocidas ofrecen una resolución de alto valor medido, presentan escasez en términos de robustez.

Los documentos US 2009/178289 A1 o US 2014/336617 A1 muestran dispositivos para medir o expandir el diámetro
40 de una cavidad o un pasaje de un cuerpo mediante un cuerpo de globo.

Los documentos JP 2014 202569 A o JP S58 138011 U se refieren a dispositivos para medir un entrehierro. Cada uno de los dispositivos comprende un cabezal de medición con al menos dos placas de medición móviles entre sí.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo de medición de entrehierro, que en la medida de lo posible corrige las desventajas encontradas hasta ahora. En particular, la invención tiene el objetivo de especificar un dispositivo de medición de entrehierro, que proporciona resultados de medición satisfactoriamente precisos y al mismo tiempo es muy robusto.

50 Según un primer aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un dispositivo de medición de entrehierro para medir un espesor de entrehierro con un cabezal de medición hidráulico expansible para introducirlo en un entrehierro a medir, en el que el cabezal de medición hidráulico está diseñado como un almohadilla de presión, una bomba de pistón para presurizar y expandir el cabezal de medición hidráulico con un líquido hidráulico, en el que el
55 cabezal de medición hidráulico está adaptado para entrar en contacto mediante expansión con las superficies límite que definen el espacio de aire, de tal manera que después de ajustarse estrechamente a las superficies límite, es imposible una mayor expansión en la dirección de las superficies límite y transversal o tangencialmente a ellas, y un elemento de visualización para la visualización directa o indirecta de un volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico como una medida del espesor de entrehierro del entrehierro.

60 La invención incluye la idea de que una medición del espesor del entrehierro con una galga de espesores según la técnica anterior que dependa del operario es lenta e inexacta. La invención también incluye el reconocimiento de que los dispositivos de medición de entrehierros con un sensor capacitivo cerca de campos eléctricos tienden a ser

inexactos. Además, los dispositivos de medición de entrehierros con un transformador capacitivo o piezoeléctrico siempre requieren una fuente de alimentación.

5 Se ha reconocido como una desventaja particularmente grave de los dispositivos de medición de entrehierros, según la técnica anterior, que deban insertarse en un estado expandido en un entrehierro para ser comprimidos durante el curso de la inserción en el espesor real del entrehierro. Esto puede, por ejemplo, causar la abrasión de las virutas de metal, lo que puede conducir a un cambio adverso en la densidad del flujo magnético en el entrehierro.

10 El medidor de entrehierros de la presente invención evita estas desventajas. Se introduce un cabezal de medición hidráulico expansible, pero preferentemente no completamente o al menos parcialmente expandido, en el entrehierro a medir. Esto evita la abrasión adversa. Al accionar una bomba de pistón, el cabezal de medición hidráulico se presuriza con un líquido hidráulico, de modo que el cabezal de medición hidráulico se expande en la dirección de las superficies límite que definen el entrehierro relativo a un generador de un aerogenerador, por ejemplo, en dirección radial.

15 Si el cabezal de medición hidráulico se ajusta estrechamente a las superficies límite, es imposible una mayor expansión en la dirección de las superficies límite, preferentemente también transversal y/o tangencialmente. El volumen de líquido hidráulico presente en este momento en el cabezal de medición hidráulico o introducido hasta este momento es una medida del espesor de entrehierro del entrehierro. Gracias a este principio de medición
20 hidráulica, la medición es independiente de cualquier campo de interferencia, independiente de una fuente de alimentación y, por lo tanto, robusta.

Según la invención, el cabezal de medición hidráulico está diseñado como una almohadilla de presión. La almohadilla de presión puede consistir, por ejemplo, en dos esteras de goma unidas por bordes. El cabezal de
25 medición hidráulico puede comprender o consistir en una cámara hidráulica que se puede expandir por presurización. El dispositivo de medición de entrehierro presenta preferentemente un tubo flexible hidráulico al que se pueden conectar y/o están conectados el cabezal de medición hidráulico y la bomba de pistón. El tubo flexible hidráulico puede ser de plástico y respectivamente presenta un elemento de conexión para el cabezal de medición hidráulico y la bomba de pistón.

30 Preferentemente, el cabezal de medición hidráulico está diseñado de tal manera que, cuando se presuriza, se expande proporcionalmente al aumento del volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico en la dirección de extensión de un espesor de entrehierro en relación con un generador de un aerogenerador, por ejemplo, en dirección radial. Esto facilita la visualización del volumen de líquido hidráulico
35 introducido en el cabezal de medición hidráulico como una medida del espesor del entrehierro. El cabezal de medición hidráulico puede estar curvado de modo que solo se pueda insertar en el entrehierro del generador en una dirección preferida. Preferentemente, el cabezal de medición hidráulico es alargado y puede curvarse en una dirección alargada, preferentemente en forma de menisco. Preferentemente, el cabezal de medición hidráulico presenta una superficie de baja fricción, al menos en partes de su superficie que están destinadas a ajustarse
40 estrechamente a las superficies límite del entrehierro. Ventajosamente, el cabezal de medición hidráulico puede alinearse automáticamente durante el curso de su expansión. El cabezal de medición hidráulico puede, en relación con un entrehierro rotacionalmente simétrico de un generador de anillo, tener una mayor extensión en la dirección tangencial que en la dirección radial, preferentemente tanto en el estado expandido como no expandido. Preferentemente, un cabezal de medición hidráulico insertado según lo previsto en un entrehierro de un generador
45 de anillo tiene una mayor extensión en la dirección axial del generador que en la dirección tangencial del generador.

Preferentemente, el cabezal de medición hidráulico tiene un ancho entre 10 mm y 30 mm. Preferentemente, el ancho es de aproximadamente 20 mm. De esta manera se puede lograr que la curvatura del entrehierro no tenga una influencia importante en los resultados de la medición. El sensor puede presentar forma de lente cuando se ve desde
50 un lado, es decir, en ángulo recto a la dirección de expansión. El radio de curvatura del cabezal de medición hidráulico puede ser de aproximadamente 50 mm, en particular en una configuración lenticular.

Para proteger el cabezal de medición hidráulico, por ejemplo, contra una perforación, este puede presentar una encapsulación. La encapsulación se lleva a cabo preferentemente mediante una tira de chapa, que se extiende
55 preferentemente a lo largo de esos lados del cabezal de medición hidráulico que están destinados a ajustarse estrechamente a las superficies límite que definen el entrehierro.

Si se proporciona una encapsulación, pueden determinarse las porciones de la superficie de la encapsulación que se ajustan estrechamente a las superficies límite que definen el entrehierro. Si no se proporciona la encapsulación del
60 cabezal de medición hidráulico, entonces se puede aplicar directamente contra las superficies límite. Si, por otro lado, se proporciona una encapsulación, entonces el cabezal de medición hidráulico puede hacer contacto indirectamente con las superficies límite. La encapsulación puede diseñarse para ejercer una fuerza de restauración

sobre el cabezal de medición hidráulico con el fin de provocar o favorecer el retorno del cabezal de medición hidráulico desde un estado de expansión a un estado inicial. Preferentemente, la encapsulación actúa como un elemento de guía para promover una expansión proporcional del cabezal de medición hidráulico.

- 5 Preferentemente, el elemento de visualización está dispuesto en la escala de la bomba de pistón. Más preferentemente, la bomba de pistón es transparente al menos en la región de la escala, de modo que se puede leer un volumen de líquido hidráulico similar a una jeringa médica. Por ejemplo, en la escala se puede trazar un volumen de líquido hidráulico en mililitros.
- 10 Preferentemente, se traza una escala en la bomba de pistón de tal manera que cuando la bomba de pistón esté completamente insertada, es decir, el cabezal de medición hidráulico esté expandido al máximo, la cantidad máxima posible de volumen de líquido hidráulico en el cabezal de medición hidráulico se usa al nivel del pistón de la bomba. En la dirección de extensión del pistón, pueden indicarse cantidades gradualmente decrecientes de un volumen de líquido hidráulico. Por lo tanto, se puede leer una indicación directa del volumen de líquido hidráulico introducido como medida del espesor del entrehierro a medir. En la escala, una distancia, por ejemplo en milímetros, se puede usar como una indicación indirecta de un volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico hasta que se ajusta estrechamente a las superficies límite. Indirecto significa, por ejemplo, en este contexto, una conversión de un volumen de líquido hidráulico en una extensión mediante aplicaciones de una escala correspondiente. Una escala de extensión es mucho más conveniente para un usuario, ya que el espesor del entrehierro puede leerse sin conversión por parte del usuario. Para facilitar aún más la lectura, la escala puede tener una escala que marque un espesor de entrehierro óptimo, por ejemplo, 2 mm. La bomba de pistón también puede tener una banda desplazable como ayuda para la lectura, que se puede ajustar mediante el desplazamiento a lo largo de la bomba de pistón, si es necesario, hasta un espesor de entrehierro óptimo.
- 25 Preferentemente, en particular si una relación entre la expansión del cabezal de medición hidráulico y la posición del pistón resulta ser no lineal, el dispositivo de medición de entrehierro se calibra de tal manera que el espesor del entrehierro en mm se pueda leer directamente en la escala de la bomba de pistón. La bomba de pistón puede tener un sensor de desplazamiento eléctrico particularmente integrado, particularmente preferido, por medio del cual se puede medir un espesor de entrehierro. Preferentemente, el espesor del entrehierro se lleva para su visualización o almacenamiento en un sistema de medición.
- 30

La escala se escala preferentemente linealmente. La escala también se puede escalar de forma no lineal en su totalidad o en secciones para tener en cuenta un cabezal de medición hidráulico, cuyo comportamiento de expansión es desproporcionado o parcialmente desproporcionado al aumento en el volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico.

- 35
- El elemento de visualización puede formarse, por ejemplo, como una pantalla digital. El dispositivo de medición de entrehierros puede presentar medios electrónicos para almacenar el volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico como un valor medido, como una memoria de medición. La memoria de medición puede tener una interfaz de datos para leer los valores medidos. Esto facilita la documentación del espesor de entrehierro medido.
- 40

En una realización preferida, el cabezal de medición hidráulico tiene una escala de profundidad, por medio de la cual, además del espesor de entrehierro determinado, se puede detectar una posición axial relacionada con el generador, en la que se determinó el espesor de entrehierro. Por ejemplo, la escala de profundidad puede ser una escala a escala en milímetros y puede proporcionar información sobre qué tan profundo ha sido empujado el cabezal de medición hidráulico hacia el entrehierro del generador en la dirección axial. La posición axial de la dimensión del entrehierro se puede detectar por medio de un sistema eléctrico de medición de profundidad incluido en el dispositivo de medición de entrehierro.

- 50
- En una realización preferida adicional, la bomba de pistón está diseñada para un accionamiento manual. Una presión máxima del sistema hidráulico es preferentemente inferior a 50 bar, más preferentemente inferior a 20 bar, particularmente preferentemente inferior a 2 bar. En una realización preferida adicional, la bomba de pistón tiene un resorte de desacoplamiento incorporado y/o dispuesto sobre él, en particular un resorte de compresión. Por lo tanto, el cabezal de medición hidráulico puede definirse ventajosamente y llevarse de manera reproducible al entrehierro medido en las superficies límite del entrehierro para el contacto.
- 55

Un líquido hidráulico puede ser, por ejemplo, un aceite hidráulico a base de aceite mineral, un triglicérido o similar. Si la presión máxima del sistema hidráulico es inferior a 2 bar, entonces también se puede usar agua como líquido hidráulico. El líquido hidráulico puede ser coloreado para facilitar la lectura del elemento de visualización. En el rango de aplicación de presión del medidor de entrehierros, el líquido hidráulico se considera incompresible.

- 60

Se ha demostrado que es particularmente ventajoso si el cabezal de medición hidráulico y la bomba de pistón están conectados entre sí a través de un tubo flexible hidráulico y están listos para usar y llenos, en especial de fábrica, con un líquido hidráulico. Por lo tanto, el usuario puede omitir una calibración del medidor de entrehierros, la cual requiere mucho tiempo. Preferentemente, el medidor de entrehierros está dimensionado y/o calibrado de manera que la cámara hidráulica se expande proporcionalmente al volumen de líquido hidráulico utilizado. De manera particularmente preferente, el medidor de entrehierros está ventilado y/o tiene un dispositivo de ventilación. Por lo tanto, se puede evitar influir en la medición mediante inclusiones de aire compresible en el medidor de entrehierros.

Preferentemente, el medidor de entrehierros es un sistema hidráulico cerrado. Preferentemente, el volumen de líquido hidráulico en el medidor de entrehierros ventilado es constante. De manera particularmente preferente, la suma del líquido hidráulico en los volúmenes de trabajo del cabezal de medición hidráulico y la bomba de pistón es constante. El volumen de líquido hidráulico en el medidor de entrehierros es preferentemente inferior a 100 ml, más preferentemente inferior a 10 ml. Preferentemente, un recorrido del pistón de la bomba de la bomba de pistón es como máximo de 150 mm. Más preferentemente, el diámetro de pistón del pistón de la bomba es como máximo de 20 mm.

Según un segundo aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un procedimiento de medición de entrehierro para medir un espesor de entrehierro, en particular de un generador de un aerogenerador, con los siguientes pasos:

- introducir un cabezal de medición hidráulico que se puede expandir como una almohadilla de presión presurizando en un entrehierro a medir,
- presurizar y expandir el cabezal de medición hidráulico con un líquido hidráulico de modo que el cabezal de medición hidráulico expandido se ajusta estrechamente a las superficies límite que definen el entrehierro, de tal manera que después de que este se ajuste estrechamente a las superficies límite, es imposible que se expanda aún más en la dirección de las superficies límite y transversal y/o tangencialmente a ellas, y
- determinar un volumen de líquido hidráulico que se introduce y/o ubica en el cabezal de medición hidráulico hasta que este se ajusta estrechamente a las superficies límite como medida del espesor de entrehierro del entrehierro.

Preferentemente, el procedimiento de medición del entrehierro se realiza con un medidor de entrehierros según el primer aspecto de la invención.

En una realización preferida, determinar el volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico comprende leer un elemento de visualización.

Preferentemente, la presurización del cabezal de medición hidráulico se realiza manualmente, en particular con una fuerza de accionamiento de menos de 100 N coaxial con la dirección de movimiento de la bomba de pistón. Por ejemplo, si la bomba de pistón tiene forma de jeringa, la fuerza de accionamiento puede ser una fuerza del pulgar. De manera particularmente preferente, se introduce una fuerza de accionamiento a través de un resorte de desacoplamiento, en particular un resorte de compresión, que se instala en la bomba de pistón y/o se proporciona en la bomba de pistón. Ventajosamente, dicha fuerza que actúa sobre la fuerza del líquido hidráulico puede desacoplarse de una fuerza de accionamiento, en particular la fuerza del pulgar.

En una realización preferida adicional, el procedimiento de medición del entrehierro comprende un retorno del cabezal de medición hidráulico desde un estado de expansión a un estado inicial al generar una presión negativa en el cabezal de medición hidráulico. Una supresión se puede hacer, por ejemplo, mediante la activación de la bomba de pistón.

El procedimiento de medición del entrehierro puede desarrollarse mediante características descritas con referencia al primer aspecto de la invención. Las ventajas se aplican de forma análoga.

Según un tercer aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante el uso de un medidor de entrehierros según el primer aspecto de la invención para medir un entrehierro del generador de un aerogenerador. El uso puede desarrollarse mediante características descritas con referencia al primer y/o segundo aspecto de la invención. Las ventajas se aplican de forma análoga.

A continuación se describen ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a los dibujos. Otras ventajas, características y detalles de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de los ejemplos de realización preferidos así como en base a los dibujos. Estos se muestran a continuación:

La fig. 1 muestra una representación esquemática de un medidor de entrehierros según la invención para medir un entrehierro del generador de una planta de energía eólica;

La fig. 2 muestra una ilustración esquemática de una realización preferida de un cabezal de medición hidráulico de un medidor de entrehierros según la invención;

5 La fig. 3 es una representación esquemática de un cabezal de medición hidráulico de un medidor de entrehierros según la invención colocado en un generador de anillo de un aerogenerador;

La fig. 4 muestra una representación esquemática de una realización preferida de un procedimiento de medición de entrehierro para medir un entrehierro de un generador de un aerogenerador.

10

Un medidor de entrehierros 100 en la fig. 1 presenta un cabezal de medición hidráulico 10 incorporado como una almohadilla de presión, una bomba de pistón 20 diseñada como una jeringa para presurizar el cabezal de medición hidráulico 10, un elemento de visualización 30 diseñado como una escala lineal y dispuesto en la bomba de pistón 20, y un tubo flexible hidráulico 40. El cabezal de medición hidráulico 10 y la bomba de pistón 20 están conectados entre sí a través del tubo flexible hidráulico 40 y se llenan con un líquido hidráulico H, en este caso un aceite hidráulico, listo para usar. El medidor de entrehierros 100 está completamente ventilado. La bomba de pistón 20 diseñada como una jeringa tiene un cuerpo de bombeo móvil 21 y un elemento de mando 22. Acerca del elemento de mando 22 como un punto de aplicación de fuerza, el pistón de la bomba 21 se acciona manualmente para una fuerza de pulgar. Se introduce una fuerza coaxial en la dirección de movimiento del pistón de la bomba 21. El indicador de escala lineal 30 tiene en este ejemplo 11 divisiones, en el que cada división significa 0,1 ml.

15

20

En la fig. 1 también se muestra un entrehierro 200 a medir con un espesor de entrehierro D. El espesor de entrehierro D es de 5 mm en el presente ejemplo. El cabezal de medición hidráulico 10 está dispuesto en el entrehierro 200. El entrehierro 200 está definido por dos superficies límite paralelas 201, 202. En el presente ejemplo, las superficies límite 201, 202 representan un emparejamiento núcleo laminado-polo de un generador de un aerogenerador.

25

En la figura 1a), el cabezal de medición hidráulico 10 formado como una almohadilla de presión se muestra en estado no expandido (estado inicial) con un volumen de líquido hidráulico V_{10ne} en el estado no expandido. El pistón de la bomba 21 de la bomba de pistón 20 se muestra en el estado extendido, es decir, en el estado en que el cabezal de medición hidráulico diseñado como almohadilla de presión 10 no se expande. Una flecha en el elemento de visualización de escala lineal 30 indica un volumen de líquido hidráulico V_{20ne} en la bomba de pistón 20 cuando el cabezal de medición hidráulico 21 no está expandido. En el estado que se muestra en la fig. 1a) hay un total de 1,1 ml de medidor de entrehierros 100 de líquido hidráulico H, de los cuales 1,1 ml se encuentran en la bomba de pistón 20 y 0 ml en el cabezal de medición hidráulico 10, es decir, $V_{20ne} = 1,1 \text{ ml}$ y $V_{10ne} = 0 \text{ ml}$. Cualquier volumen muerto en el cabezal de medición hidráulico 10, en la bomba de pistón 20, así como en el tubo flexible hidráulico 40 se ignora por razones de simplicidad, es decir, es asumido como 0 ml.

30

35

La presurización del cabezal de medición hidráulico 10 tiene lugar presionando el pistón de la bomba 21 de la bomba de pistón 20. En el procedimiento, el cabezal de medición hidráulico 10 se expande en la dirección de expansión E. En el presente caso, el cabezal de medición hidráulico 10 está diseñado para expandirse proporcionalmente al aumento del volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico en la dirección de extensión del espesor de entrehierro D, que aquí coincide con la dirección de expansión E. El cabezal de medición hidráulico 10 se presuriza hasta que se ajusta estrechamente a con las superficies límite 201, 202, que definen el entrehierro 200.

40

45

En la fig. 1b) el cabezal de medición hidráulico 10 formado como una almohadilla de presión se muestra ahora en estado no expandido con un volumen de líquido hidráulico V_{10e} en el estado expandido. El cabezal de medición hidráulico 10 se ajusta estrechamente a las superficies límite 201, 202, que definen el entrehierro 200. El pistón de bomba 21 de la bomba de pistón 20 se muestra en un estado retraído máximo, es decir, en el estado en el que el cabezal de medición hidráulico diseñado como almohadilla de presión 10 se expande y se ajusta estrechamente a las superficies límite 201, 202.

50

Una flecha en el elemento de visualización 30 diseñada como una escala lineal indica un volumen de líquido hidráulico V_{20e} en la bomba de pistón 20 cuando el cabezal de medición hidráulico 10 se expande. En el estado que se muestra en la fig. 1b), hay un total de 1,1 ml de medidor de entrehierros 100 de líquido hidráulico H, de los cuales 0,6 ml se encuentran en la bomba de pistón 20 y 0,5 ml en el cabezal de medición hidráulico 10, es decir, $V_{20e} = 0,6 \text{ ml}$ y $V_{10e} \approx 0,5 \text{ ml}$. La suma de los volúmenes de los líquidos hidráulicos del cabezal de medición hidráulico 10 y la bomba de pistón 20 son constantes, es decir, $V_{20ne} + V_{10ne} = V_{20e} + V_{10e} = 1,1 \text{ ml}$.

55

60

En consecuencia, a partir de la fig. 1a), se introdujeron 0,5 ml (es decir, $V_{20ne} - V_{20e}$) en el cabezal de medición hidráulico 10, en el que este último se expandió al máximo al espesor de entrehierro D de 5 mm. Como la expansión

es proporcional como se describió anteriormente, 0,1 ml (una división) de líquido hidráulico H corresponde a 1 mm de expansión del cabezal de medición hidráulico 10. En el presente ejemplo, el espesor de entrehierro D del entrehierro 200 puede leerse en el elemento de visualización 30 diseñado como una escala lineal contando las marcas. Una inserción del pistón de la bomba 21 en 5 marcas significa un espesor de entrehierro D de 5 mm. Dado
5 que la escala identifica ml en el presente ejemplo, es un elemento de visualización 30 para la visualización inmediata de un volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico 10 hasta que entra contacto con las superficies límite 201, 202.

En el presente ejemplo, alternativamente sería posible identificar las marcas de la escala directamente con la unidad
10 de milímetros. La escala sería entonces un elemento de visualización 30 para la visualización indirecta de un volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico 10 hasta su contacto con las superficies límite 201, 202.

La fig. 2 muestra una ilustración esquemática de una realización preferida de un cabezal de medición hidráulico 10
15 de un medidor de entrehierros 100 según la invención, en la que la bomba de pistón 20 y el elemento de visualización 30 no se muestran. La fig. 2a) muestra una vista lateral del cabezal de medición hidráulico 10 con la dirección de expansión E dibujada hacia adentro. En la fig. 2b) se muestra una vista en planta del cabezal de medición hidráulico 10. El cabezal de medición hidráulico 10 está cubierto por su tira de chapa 11 y se muestra en líneas discontinuas.

20 El cabezal de medición hidráulico 10 está diseñado como una almohadilla de presión y está conectado a un tubo flexible hidráulico 40, que a su vez está conectado a una bomba de pistón 20 (no mostrada). El cabezal de medición hidráulico 10 se muestra en estado no expandido. El cabezal de medición hidráulico 10 está envuelto con la tira de chapa 11, de modo que el cabezal de medición hidráulico 10 está protegido cuando se ajusta estrechamente a las
25 superficies límite (por ejemplo, las superficies límite 201, 202 de la fig. 1). Las porciones opuestas de la tira de chapa 11 son biconvexas entre sí para promover una expansión proporcional del cabezal de medición hidráulico 10.

En el sentido de una mejor manejabilidad en la capacidad de introducción del cabezal de medición hidráulico 10 en un entrehierro, el tubo flexible hidráulico 40 se extiende en secciones en la tira de chapa 11 y es soportado por este.
30 Como también se puede ver en la fig. 2 a), el cabezal de medición hidráulico 10 no está oculto lateralmente.

Un cabezal de medición hidráulico 10 en la fig. 3 está dispuesto en un entrehierro 200 de un generador de anillo, no mostrado en detalle, de un aerogenerador. Las superficies límite 201, 202 que definen el entrehierro 200 son curvas y corren concéntricamente. En la fig. 3a), se muestra el cabezal de medición hidráulico 10 en estado no expandido
35 (estado inicial). En el presente caso, el cabezal de medición hidráulico 10 está provisto de aproximadamente el mismo radio de curvatura que el entrehierro 200, de modo que solo se puede acceder al entrehierro 200 en una dirección preferencial como se muestra. En relación con el entrehierro curvo 200, la dirección de expansión E del cabezal de medición hidráulico 10 se extiende radialmente. En la dirección tangencial, el cabezal de medición hidráulico 10 tiene una mayor extensión que en la dirección radial.

40 En la fig. 3b), sin embargo, se muestra el cabezal de medición hidráulico 10 en el estado expandido. El cabezal de medición hidráulico 10 se expande por presurización con un líquido hidráulico, de tal manera que el cabezal de medición hidráulico 10 se ajuste estrechamente a las superficies límite 201, 202, que definen el entrehierro 200.

45 En un ejemplo de procedimiento de medición del entrehierro en la fig. 4, en una primera etapa S1, se introduce un cabezal de medición hidráulico expandible por presurización en un entrehierro para ser medido. En una segunda etapa S2, el cabezal de medición hidráulico se presuriza con un líquido hidráulico de modo que el cabezal de medición hidráulico expandido se ajusta estrechamente a las superficies límite que definen el entrehierro. En una
50 tercera etapa S3, se determina un volumen de líquido hidráulico introducido en el cabezal de medición hidráulico como una medida del espesor de entrehierro del entrehierro. En una cuarta etapa S4, el cabezal de medición hidráulico regresa de un estado de expansión a un estado inicial generando una presión negativa en el cabezal de medición hidráulico.

Lista de referencias

- 55 10 Cabezal de medición hidráulico
- 11 Tiras de chapa
- 60 20 Bomba de pistón
- 21 Pistón de la bomba

- 22 Elemento de mando
- 30 Elemento de visualización
- 5 40 Tubo flexible hidráulico
- 100 Dispositivo de medición de entrehierros
- 10 200 Entrehierro
 - 201,202 Superficies límite del entrehierro
 - D Espesor del entrehierro
- 15 E Dirección de expansión
- H Líquido hidráulico
- 20 S1..S4 Etapas del procedimiento
 - V10e Volumen de líquido hidráulico del cabezal de medición hidráulico expandido
 - V10ne Volumen de líquido hidráulico del cabezal de medición hidráulico no expandido
- 25 V20e Volumen de líquido hidráulico en la bomba de pistón con el cabezal de medición hidráulico expandido
- V20ne Volumen de líquido hidráulico en la bomba de pistón con el cabezal de medición hidráulico no expandido

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de entrehierros (100) para medir un espesor de entrehierro (D), en particular
5 de un generador de un aerogenerador, que comprende:
- un cabezal de medición hidráulico (10) que se puede expandir por presurización para introducirlo en un entrehierro (200) a medir, en el que el cabezal de medición hidráulico está diseñado como una almohadilla de presión,
 - una bomba de pistón (20) para presurizar y expandir el cabezal de medición hidráulico (10) con un líquido
10 hidráulico (H), en el que el cabezal de medición hidráulico (10) está ajustado, por expansión a las superficies límite (201,202), que definen el entrehierro (200), para ajustarse estrechamente de tal manera que, después del contacto con las superficies límite (201, 202), es imposible una mayor expansión en la dirección de las superficies límite (201, 202) y de forma transversal y/o tangencial a ellas,
 - un elemento de visualización (30) para mostrar un volumen de líquido hidráulico (V10e) que se introduce en el
15 cabezal de medición hidráulico (10) hasta que se ajusta estrechamente con las superficies límite (201, 202) como una medida del espesor de entrehierro (D) del entrehierro (200).
2. Dispositivo de medición de entrehierros (100) según la reivindicación 1, caracterizado porque el
20 cabezal de medición hidráulico (10) tiene una encapsulación, en particular una tira de chapa (11).
3. Dispositivo de medición de entrehierros (100) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el
elemento indicador (30) es una escala dispuesta en la bomba de pistón (20).
4. Dispositivo de medición de entrehierros (100) según una de las reivindicaciones anteriores,
25 caracterizado porque la bomba de pistón (20) está diseñada para un accionamiento manual y la presión de un sistema hidráulico es preferentemente inferior a 2 bar.
5. Dispositivo de medición de entrehierros (100) según una de las reivindicaciones anteriores,
30 caracterizado porque el cabezal de medición hidráulico (10) y la bomba de pistón (20) están conectados entre sí a través de un tubo flexible hidráulico (40) y están listos para usar y llenos con un líquido hidráulico (H).
6. Procedimiento de medición de entrehierros para medir el espesor del entrehierro (D), en particular de
un generador de un aerogenerador, que comprende las etapas:
- 35 - (S1) introducir un cabezal de medición hidráulico (10), que puede expandirse por presurización, en forma de una almohadilla de presión en un entrehierro (200) a medir,
- (S2) presurizar y expandir el cabezal de medición hidráulico (10) con un líquido hidráulico (H) de tal manera que el cabezal de medición hidráulico expandido (10) se ajusta estrechamente con las superficies límite (201, 202) que definen el entrehierro (200), de tal manera que después de que este se ajuste estrechamente a las superficies límite
40 (201,202), es imposible que se expanda aún más en la dirección de las superficies límite (201,202) y transversal y/o tangencialmente a ellas,
- (S3) determinar un volumen de líquido hidráulico (V10e) que se introduce y/o ubica en el cabezal de medición hidráulico (10) hasta que este se ajusta estrechamente a las superficies límite (201,202) como medida del espesor de entrehierro (D) del entrehierro (200).
45
7. Procedimiento de medición de entrehierros según la reivindicación 6, caracterizado porque la
determinación del volumen de líquido hidráulico (V10e) introducido en el cabezal de medición hidráulico (10) comprende una lectura de un elemento de visualización (30).
- 50 8. Procedimiento de medición de entrehierros según la reivindicación 6, caracterizado porque la presurización se realiza manualmente.
9. Procedimiento de medición de entrehierros según la reivindicación 6, caracterizado por la etapa:
- (S4) devolver el cabezal de medición hidráulico (10) desde un estado de expansión a un estado inicial generando
55 una presión negativa en el cabezal de medición hidráulico (10).

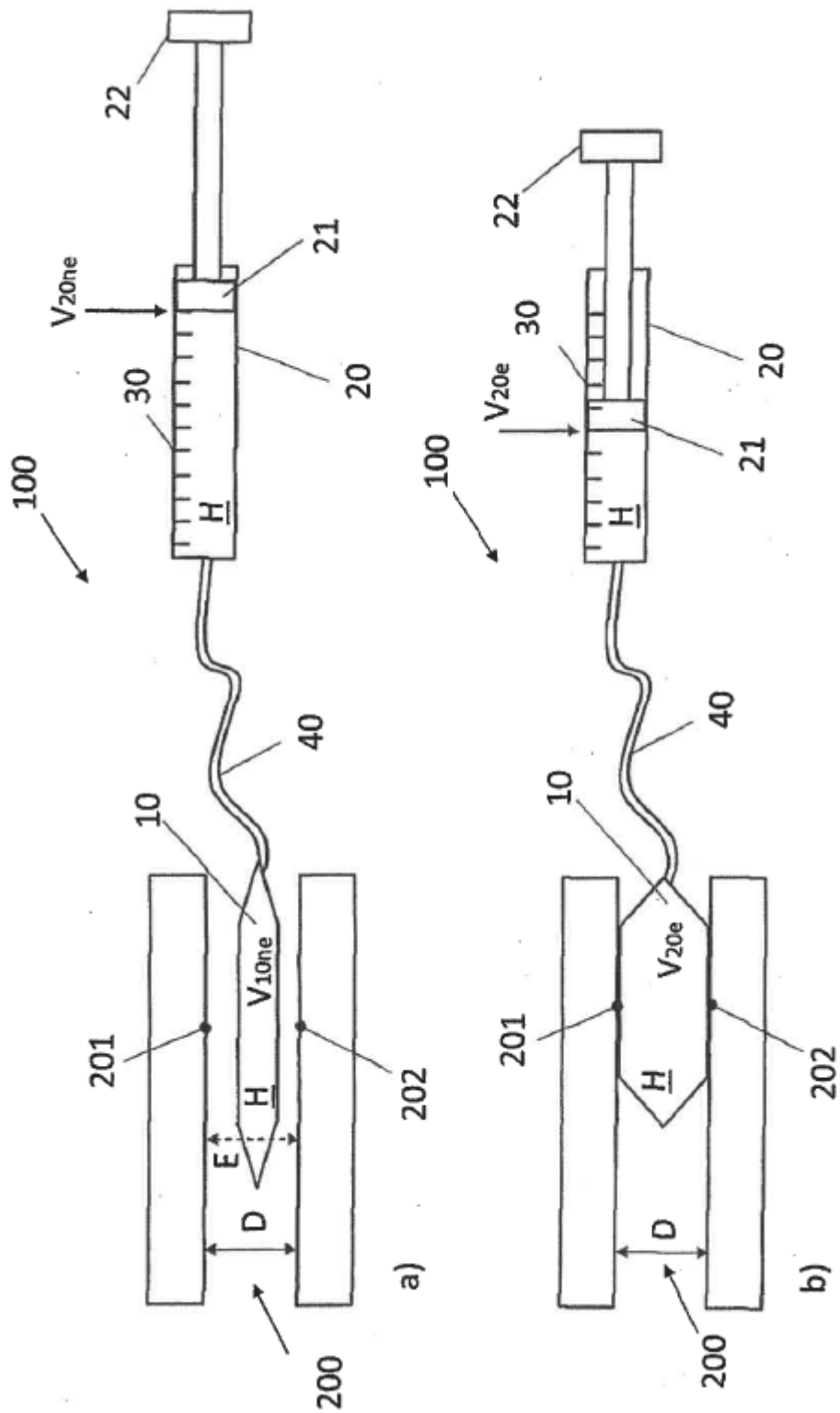


Fig. 1

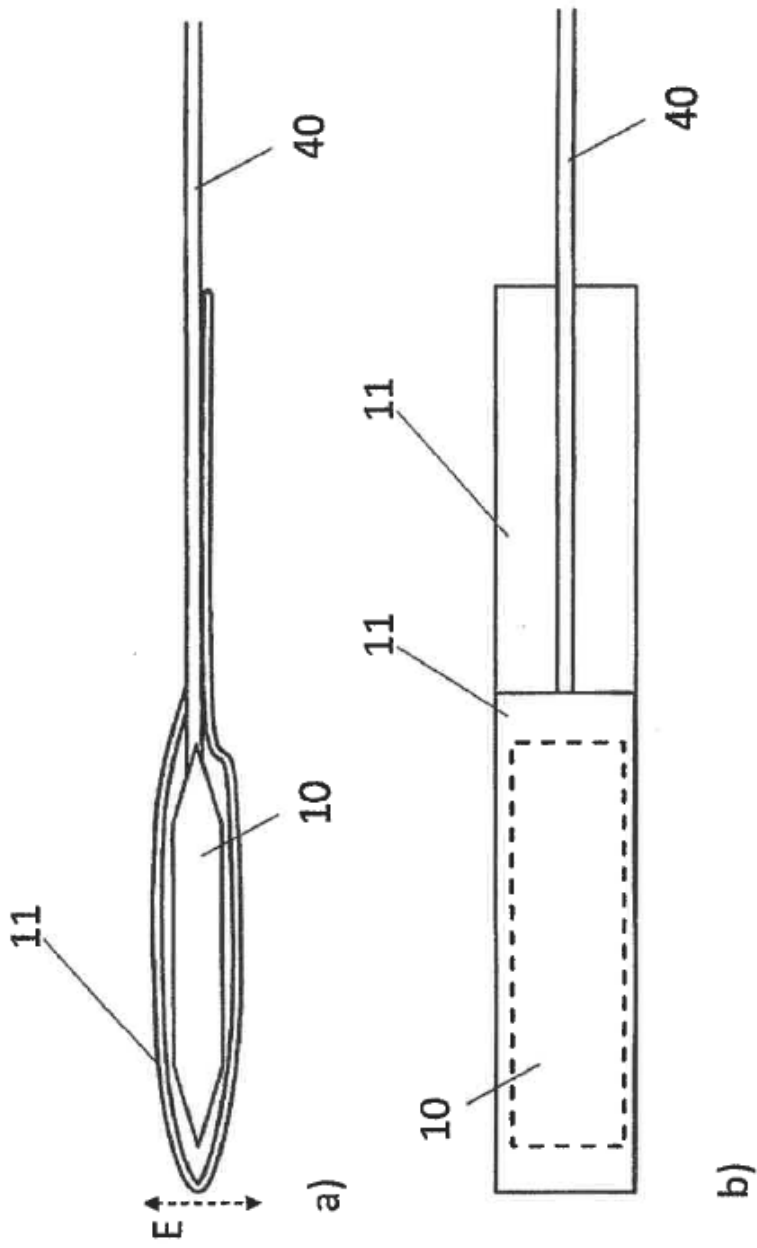


Fig. 2

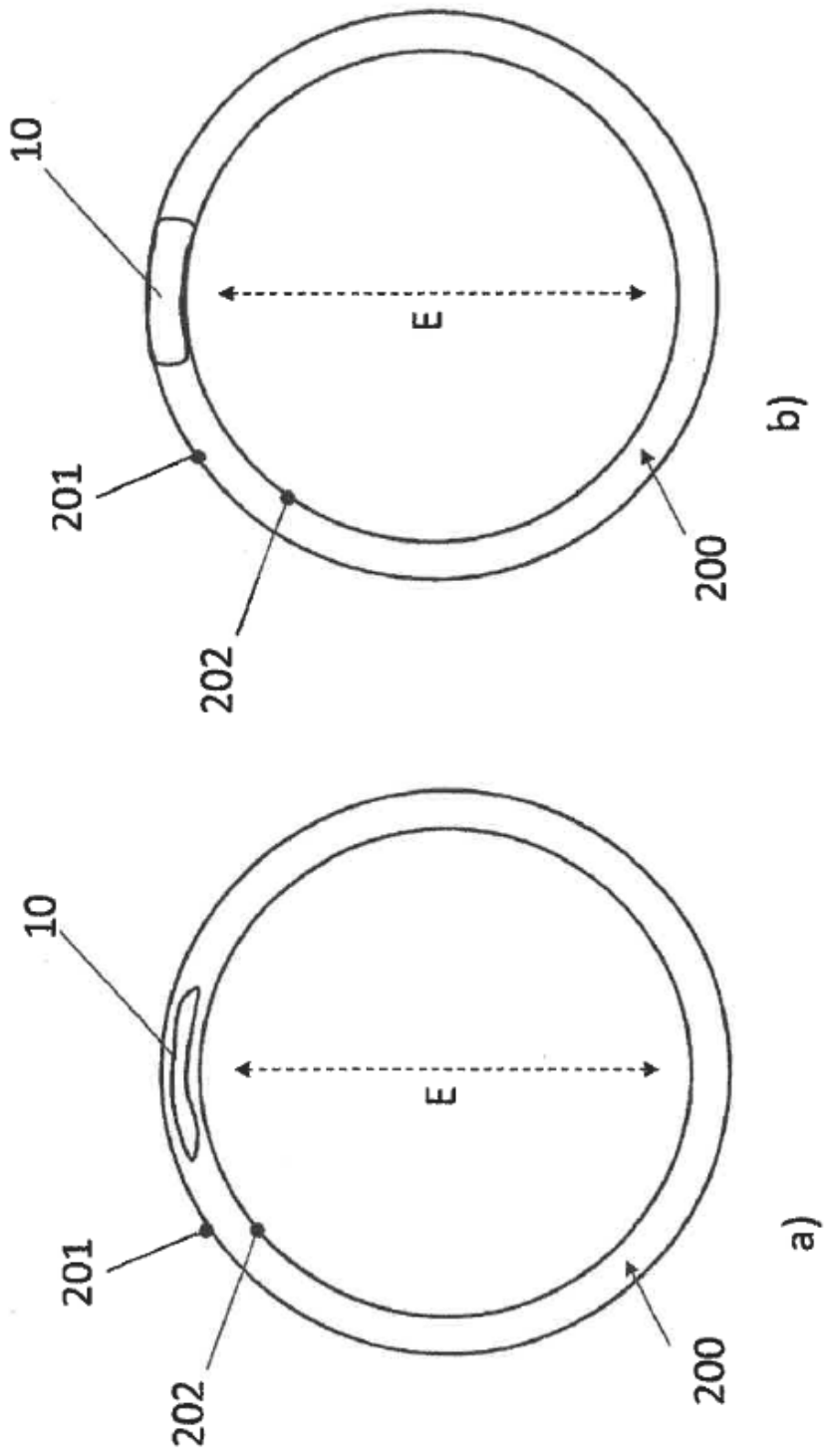


Fig. 3

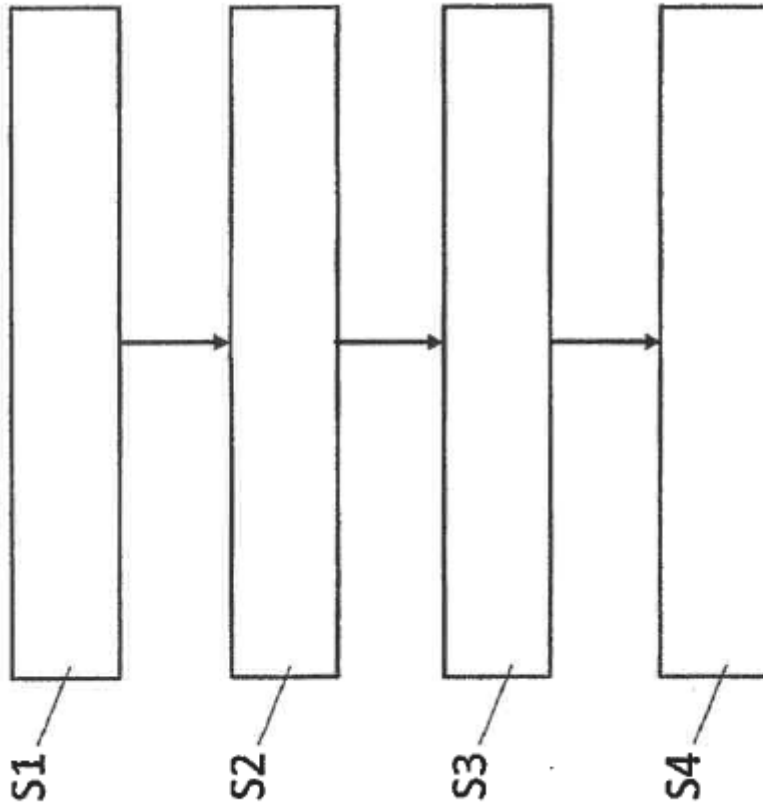


Fig. 4