

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 337**

51 Int. Cl.:

G01G 19/18 (2006.01)

F03D 13/35 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2018** **PCT/EP2018/050412**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2018** **WO18188820**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2018** **E 18702079 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.02.2022** **EP 3593100**

54 Título: **Dispositivo de ponderación para un álabe de rotor de turbina eólica**

30 Prioridad:

12.04.2017 DE 102017206349

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

25.05.2022

73 Titular/es:

SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK

72 Inventor/es:

PEDERSEN, DAVID STIEN y
POULSEN, LASSE EINSBOHR

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 912 337 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 ponderación para un álabe de rotor de turbina eólica

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de ponderación para determinar una propiedad de un álabe de rotor para una turbina eólica, tal como el peso, la masa o la fuerza de torsión del álabe de rotor. La invención también se refiere al uso de este dispositivo de ponderación y un método para determinar una de las propiedades mencionadas de un álabe de rotor de turbina eólica.

10 Cuando se proporciona una turbina eólica con álabes de rotor, es importante que todos los álabes de rotor tengan una fuerza de torsión similar. Una fuerza de torsión similar de todos los álabes de rotor evita desequilibrios del rotor debido a diferentes fuerzas de torsión. Esto evita vibraciones problemáticas durante la operación de la turbina eólica, es decir, durante la rotación del rotor de la turbina eólica. Con respecto a las diferencias de fuerza de torsión, incluso pequeñas desviaciones de las respectivas fuerzas de torsión de los álabes de rotor pueden conducir a estas vibraciones. En general, se evitarán desviaciones de más del uno por ciento, en particular de más del 0,5 por ciento de la fuerza de torsión de un álabe de rotor individual.

Por consiguiente, se requiere una alta exactitud durante la determinación de la fuerza de torsión de un álabe de rotor después de la fabricación.

20 Convencionalmente, un dispositivo de ponderación para un álabe de rotor comprende una celda de peso que se puede, por ejemplo, diseñar con un muelle o medios similares para cuantificar el peso que es debido a la masa del álabe de rotor y que está accionando sobre la celda de peso. Las celdas de peso están disponibles regularmente en el mercado. Sin embargo, las celdas de peso convencionales tienen un cierto límite con respecto a la exactitud.

25 El documento RU 2204117 C2 divulga un dispositivo de ponderación adecuado para determinar el peso de un álabe de rotor de una turbina eólica con un primer asiento para recibir el álabe de rotor, una primera celda de peso para cuantificar un primer peso que está accionando sobre la primera celda de peso, un primer contrapeso que se configura para aliviar el primer peso y donde el álabe de rotor comprende una sección de borde frontal y una sección de borde posterior.

30 Actualmente, se acepta que la exactitud de la determinación del peso de un álabe de rotor se ve influenciada fuertemente por la exactitud de la celda de peso del dispositivo de ponderación que se utiliza.

35 La presente invención tiene como objetivo en particular proporcionar un concepto que mejore la situación actual. En general, la invención tiene como objetivo proporcionar un dispositivo que sea capaz de determinar una propiedad de un álabe de rotor de una turbina eólica con alta exactitud.

Este concepto se describe en la reivindicación 1 de aparato independiente y la reivindicación 9 de método. Las modificaciones y variaciones ventajosas se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

40 Se proporciona un dispositivo de ponderación para determinar una propiedad de un álabe de rotor de una turbina eólica. El dispositivo de ponderación comprende un primer asiento para recibir el álabe de rotor en una primera posición radial del álabe de rotor, un segundo asiento para recibir el álabe de rotor en una segunda posición radial del álabe de rotor, una primera celda de peso para cuantificar un primer peso que está accionando sobre la primera celda de peso, una segunda celda de peso para cuantificar un segundo peso que está accionando sobre la segunda celda de peso y un primer contrapeso que se configura para aliviar el primer peso. En particular, el primer contrapeso se levanta del suelo cuando el álabe de rotor se recibe por el primer asiento del dispositivo de ponderación.

50 Un dispositivo de ponderación también se conoce como una balanza de ponderación o, simplemente, una balanza. Un dispositivo de ponderación se conoce como un dispositivo que es capaz de determinar un peso de un objeto. En este caso, el dispositivo de ponderación se destina a determinar una propiedad de un álabe de rotor, donde el álabe de rotor es adecuado para utilizarse en una turbina eólica. Se debe observar que, en principio, la presente invención se puede utilizar para determinar la masa de cualquier objeto, en particular objetos pesados que presentan una masa por encima de, por ejemplo, una tonelada. Un ejemplo de un objeto que es de alguna manera similar a un álabe de rotor de turbina eólica y que se podría evaluar por el presente dispositivo es, por ejemplo, un álabe de rotor para turbinas de corriente marina.

60 El dispositivo de ponderación comprende medios para recibir el álabe de rotor. En otras palabras, comprende medios para acomodar y colocar el objeto que se va a pesar, con respecto a esto, medios para colocar el álabe de rotor.

Además, el dispositivo de ponderación comprende medios para cuantificar la fuerza que está accionando en el mismo. Por consiguiente, se utiliza una celda de peso, que se puede diseñar como un muelle, por ejemplo, un muelle de metal, donde la celda de peso se puede comprimir por una fuerza que está accionando en la misma.

65 Como es bien conocido por la persona experta en la técnica, el peso de un objeto se define como la fuerza que está accionando en el objeto debido a la gravedad. El peso en general se describe y se menciona en la unidad de Newton. La

relación entre el peso y la aceleración gravitatoria (local) g se define como la masa del objeto. La masa del objeto es un parámetro o característica que es independiente de la ubicación donde se sitúa el objeto. La celda de peso es capaz de esta manera de cuantificar el peso que está accionando en la misma, y por consiguiente, indirectamente la masa del objeto.

Un aspecto clave de la presente invención es que, en contraste a la técnica anterior donde la celda de peso está experimentando todo el peso del álabe de rotor (en el caso de varias celdas de peso, todo el peso del álabe de rotor se experimenta por varias celdas de peso), en el presente concepto de un dispositivo de ponderación se proporciona un contrapeso que se elige tal que quite una parte del peso que acciona en la celda de peso, tal que la celda de peso sólo se requiera para accionar en un régimen "limitado".

Para dar un ejemplo concreto, el dispositivo de ponderación puede comprender una primera unidad que se coloca en vecindad cercana a la raíz del álabe de rotor y una segunda unidad que se coloca en dos tercios de la longitud de álabe, como se mide desde la raíz. A manera de ejemplo, la longitud del álabe de rotor es de sesenta metros y la masa del álabe de rotor es de veinte toneladas. Multiplicar la masa con una aceleración gravitacional de $9,81 \text{ m/s}^2$ da por resultado un peso del álabe de rotor de aproximadamente 196 kilonewton. Además, se asume que la distancia de la raíz al centro del rotor (eje) es de 2 metros, en el estado montado del álabe de rotor.

Se supone que la fuerza de torsión del álabe de rotor se determinará, donde, por el bien de la simplicidad, la fuerza de torsión del álabe de rotor se define como la suma de (i) el producto del primer peso y la distancia de la primera unidad al centro de rotor con (ii) el producto del segundo peso y la distancia de la segunda unidad al centro de rotor.

Por consiguiente, si, a manera de ejemplo, la primera unidad se coloca a 0,5 metros de distancia de la raíz y la primera celda de peso mide un primer peso de 150 kilonewton, en tanto que la segunda unidad se coloca a 40 metros lejos de la raíz y mide 46 kilonewton, la fuerza de torsión del álabe de rotor sumaría $2,5 * 150 \text{ kilonewton} * \text{metro} + 42 * 46 \text{ kilonewton} * \text{metro} = 2307 \text{ kilonewton} * \text{metro}$.

Convencionalmente, se requiere que la primera celda de peso soporte un peso de 150 kilonewton y se requiere que la segunda celda de peso soporte un peso de 46 kilonewton.

El beneficio del dispositivo de ponderación inventivo sería adicionar un contrapeso. El contrapeso se podría adicionar a la primera unidad y, por consiguiente, se conoce como el primer contrapeso. Si, por ejemplo, el primer contrapeso tiene una masa de 14 toneladas, lo que equivale a aproximadamente 137 kilonewton, la primera celda de peso sólo tendría que soportar un peso de 13 kilonewton. Esto da por resultado una exactitud significativamente mejorada de la medición de peso que se lleva a cabo por medio de la primera celda de peso.

Por consiguiente, ventajosamente, se realiza una estimación aproximada de la masa del álabe de rotor, y con base en esa estimación, se deduce un cierto margen de seguridad de la masa esperada tal que la masa del contrapeso esté de manera segura por debajo de la masa real del álabe de rotor que se va a medir. En la práctica, es realista que la masa aproximada del álabe de rotor se estime correctamente, puesto que sólo se esperan desviaciones de la masa real en comparación a la masa diana hasta cierto punto. La diferencia entre la masa del contrapeso y la masa del álabe de rotor puede estar en el intervalo de menos del 10 por ciento, en particular menos del 5 por ciento de la masa del álabe de rotor.

Se debe observar que el primer contrapeso se levanta del suelo cuando el álabe de rotor se recibe por el primer asiento del dispositivo de ponderación.

En otras palabras, cuando el álabe de rotor se coloca en el dispositivo de ponderación, el primer contrapeso se levanta completamente del suelo y el peso adicional, que aún está accionando en la primera celda de peso, se cuantifica entonces por la primera celda de peso.

Aunque el asiento del dispositivo de ponderación podría tener en principio una extensión longitudinal que es similar a la longitud total del álabe de rotor que se va a medir, es ventajoso elegir una extensión longitudinal, es decir, a lo largo del asiento que es más pequeña y ventajosamente mucho más pequeña que la longitud total del álabe de rotor. En general, sólo se requiere que el álabe de rotor se coloque y fije de manera segura. Con respecto a esto, normalmente sólo se requiere una longitud de menos de un pequeño porcentaje de la longitud total del álabe de rotor.

De acuerdo con la invención, el álabe de rotor que comprende una sección de borde frontal y una sección de borde posterior se coloca de tal manera en el asiento del dispositivo de ponderación que la sección de borde frontal del álabe de rotor está dando hacia el asiento del dispositivo de ponderación.

Esto es ventajoso debido a que habitualmente la sección de borde frontal del álabe de rotor es relativamente redonda, en tanto que la sección de borde posterior puede presentar bordes puntiagudos y puede ser delicada de manejar. En particular, en general no se desea que el borde frontal delicado esté soportando el peso total del álabe de rotor.

En otra realización de la invención, el dispositivo de ponderación se configura tal que se diseñe como un sistema completo, tal que el contrapeso se integre y se conecte directamente al asiento. Alternativamente, el asiento y el contrapeso se

pueden diseñar por separado entre sí. En el último caso, existe la ventaja de que se puede utilizar el asiento convencional con la celda de peso y que sólo se adiciona la parte de contrapeso del mismo. Se debe observar que si se realiza esta realización, la celda de peso misma se podría sustituir puesto que el peso que la celda de peso se necesita determinar es diferente.

5

En otra realización de la invención, la primera posición radial se ubica entre la raíz del álabe de rotor y el veinte por ciento de la longitud de álabe, medida desde la raíz.

10

Es ventajoso que la primera posición radial esté en la vecindad inmediata a la raíz del álabe de rotor por varias razones. Primero, la sección transversal del álabe de rotor es habitualmente circular en la raíz, por consiguiente, el álabe de rotor se puede colocar eficientemente en el primer asiento del dispositivo de ponderación. Segundo, una provisión de un mecanismo de soporte correspondiente para alinear y soportar la colocación del álabe de rotor en el primer asiento se puede llevar a cabo más fácilmente en la raíz que más afuera del álabe de rotor.

15

Con respecto a la segunda posición radial, es decir, la posición donde se coloca la segunda unidad del dispositivo de ponderación se ha demostrado que una ubicación entre el sesenta por ciento y el ochenta por ciento de la longitud de álabe, como se mide desde la raíz del álabe de rotor, es ventajosa. Esto es debido al hecho de que si la segunda unidad se coloca demasiado exterior, por ejemplo, en la sección de punta del álabe de rotor, existe el riesgo de que el álabe de rotor cuelgue y toque el suelo, en lugar de recibirse de manera segura y fiable por el segundo asiento. Se debe observar con respecto a esto que el centro de gravedad está entre un cuarto y la mitad de la longitud del álabe, como se mide a partir de la raíz del álabe, para muchos álabes de rotor habituales.

20

25

En otra realización de la invención, la masa del primer contrapeso se elige tal que el producto de la masa del primer contrapeso y la aceleración gravitacional sea más pequeña que un valor esperado para el primer peso que acciona en la primera celda de peso.

De manera ventajosa, el dispositivo de ponderación comprende un segundo contrapeso que se configura para aliviar el segundo peso.

30

Se debe observar que ya se puede obtener un efecto ventajoso y pertinente equipando sólo una celda de peso con un contrapeso (por ejemplo, la primera celda de peso). Sin embargo, se puede obtener incluso un incremento adicional de la exactitud de la medición de peso al proporcionar también un contrapeso para la segunda celda de peso, es decir, un segundo contrapeso. Obviamente, la masa del segundo contrapeso se necesita adaptar con respecto a la "carga" esperada de la segunda celda de peso, es decir, el peso, que se espera que accione en la segunda celda de peso.

35

En otras palabras, la masa del segundo contrapeso se elige tal que el producto de la masa del segundo contrapeso y la aceleración gravitacional sea más pequeña que un valor esperado para el segundo peso que acciona en la segunda celda de peso.

40

En aun otra realización, la masa del primer contrapeso es más pequeña que la masa del segundo contrapeso, en particular, más pequeña que el treinta por ciento de la masa del segundo contrapeso.

45

Hablando en general, el dispositivo de ponderación descrito anteriormente es adecuado para determinar una "propiedad", es decir, una característica o parámetro o cantidad de medición, del álabe de rotor. Ejemplos de parámetros adecuados son el peso, la masa o la fuerza de torsión del álabe de rotor.

Se asume que las celdas de peso, es decir, la primera celda de peso y la segunda celda de peso, miden el peso que está accionando en la misma, respectivamente, en unidades de Newton.

50

A continuación, el peso del álabe de rotor se determina al adicionar simplemente el peso que está accionando en la primera celda de peso, es decir, el primer peso, con el peso que está accionando en la segunda celda de peso, es decir, el segundo peso.

55

La masa del álabe de rotor también se determina de una manera simple y sencilla: ya sea el peso del álabe total se determina primero de acuerdo con el procedimiento anterior y, posteriormente, el peso calculado se divide por la aceleración gravitacional; o el primer peso se divide por la aceleración gravitacional a fin de determinar una primera masa, el segundo peso se divide por la aceleración gravitacional a fin de determinar una segunda masa, y posteriormente la primera masa y la segunda masa se adicionan conjuntamente.

60

Finalmente, el presente dispositivo de ponderación también se puede utilizar para determinar una fuerza de torsión del álabe de rotor.

65

Como se conoce por la persona experta en la técnica, no se puede asignar una fuerza de torsión a un álabe de rotor como tal. La fuerza de torsión, que también se conoce como momento o momento de fuerza, es una fuerza de rotación que se puede expresar por el producto (cruzado) del peso de un objeto y su distancia del punto de giro. En el caso de un álabe de rotor de una turbina eólica, la asignación de una fuerza de torsión al álabe de rotor tiene sentido, debido a que el álabe

de rotor se destina a montarse en un cubo y se destina a hacerse girar alrededor de un eje de rotor giratorio.

De una manera simplificada, se determina el peso en una primera posición radial y el peso en una segunda posición radial. Por consiguiente, para determinar la fuerza de torsión de un álabe de turbina eólica por medio del dispositivo de ponderación inventivo, las primeras celdas de peso necesitan medir el primer peso que acciona en el mismo, las segundas celdas de peso necesitan medir el segundo peso y, posteriormente, ambos pesos se necesitan multiplicar por la respectiva distancia al (supuesto) centro del rotor de la turbina eólica.

Ventajosamente, el álabe de rotor se coloca con alta exactitud en el primer asiento del dispositivo de ponderación, es decir, con una exactitud que sólo acepta desviaciones de menos de 0,1 por ciento de la longitud total del álabe de rotor con respecto a su posición predeterminada. Esto significa que en el caso de un álabe de rotor de 100 metros de largo, las desviaciones durante la colocación del álabe de rotor son ventajosamente más pequeñas de 10 centímetros.

Las realizaciones de la invención ahora se describen, sólo a manera de ejemplo, con la ayuda de las figuras anexas, de las cuales:

La figura 1 muestra un dispositivo de ponderación de acuerdo con el estado de la técnica;

La figura 2 muestra una vista detallada del asiento que se destina a la sección de raíz del álabe de rotor de acuerdo con el estado de la técnica;

La figura 3 muestra un dispositivo de ponderación en una primera realización de la invención;

La figura 4 muestra un dispositivo de ponderación de acuerdo con una segunda realización de la invención; y

La figura 5 ilustra una vista frontal de una turbina eólica.

Se debe observar que las figuras están en forma esquemática. Además, se puede hacer referencia a elementos similares o idénticos por los mismos signos de referencia.

En la figura 1 se ilustra un dispositivo de ponderación que comprende dos unidades, una primera unidad 101 en una primera posición radial r_1 y una segunda unidad 102 en una segunda posición radial r_2 , de acuerdo con el estado de la técnica. El dispositivo de ponderación se arregla y prepara para determinar un peso de un álabe de rotor 20. El álabe de rotor 20 comprende una sección de raíz 21 con una raíz 211 y una sección de punta 22 con una punta 221. El álabe de rotor 20 tiene una longitud total R de, por ejemplo, sesenta metros. Además, el álabe de rotor 20 comprende una sección de borde posterior 23 y una sección de borde frontal 24. El dispositivo de ponderación se coloca en el suelo 32. El suelo 32 podría ser el piso de una nave de fábrica o podría estar fuera, ya sea en el sitio donde se ha fabricado el álabe de rotor o en cualquier otro sitio.

El dispositivo de ponderación 10 se coloca en el suelo 32. La primera unidad 101 comprende un primer asiento 11 y la segunda unidad 102 comprende un segundo 111. La extensión longitudinal 33 del primer asiento 11 es pequeña, en particular significativamente más pequeña que la longitud total R del álabe de rotor 20. La extensión longitudinal R del asiento 11 es ventajosamente tan larga como para garantizar que el álabe de rotor 20 se reciba de manera segura por el dispositivo de ponderación y que no se presenten daños en la sección de borde frontal 24 del álabe de rotor 20 durante la ponderación del álabe de rotor 20. El dispositivo de ponderación 10 comprende además una primera celda de peso y una segunda celda de peso que no se ilustran en la figura 1 por el bien de la claridad. Estas dos celdas de peso portan el peso completo del álabe de rotor 20 y cuantifican el peso que está accionando en las mismas. Con base en el peso medido, se puede calcular, por ejemplo, la masa o la fuerza de torsión del álabe de rotor.

Finalmente, la figura 1 simboliza el peso 31 (total) que acciona en el álabe de rotor en su centro de gravedad COG, así como el primer peso 311 que acciona en la primera unidad 101 y el segundo peso 312 que acciona en la segunda unidad 102.

La figura 2 muestra una vista detallada de una de las partes del dispositivo de ponderación de la figura 1, es decir, la primera unidad 101. Se ubica en la sección de raíz 21 del álabe de rotor 20 y comprende el primer asiento 11 con dos celdas de peso 12. El primer asiento 11 se forma con una curvatura que corresponde a la curvatura de cubierta de álabe del álabe de rotor en la respectiva posición en sentido de la envergadura (longitudinal), es decir, en la sección de raíz 21 del álabe de rotor 20. En ambos rebordes o bordes del primer asiento 11, se arregla una primera celda de peso 12 y cada primera celda de peso 12 entonces se conecta al suelo 32 por una construcción adecuada.

La figura 3 muestra una primera realización del dispositivo de ponderación inventivo. Su construcción de principio y abstracto es en una primera vista similar a la técnica anterior que se muestra en la figura 1 y figura 2. El dispositivo de ponderación también comprende un primer asiento 11 que se arregla y prepara para recibir una sección de borde frontal 24 de un álabe de rotor 20. Incluso se arregla y prepara para recibir la sección de raíz 21 del álabe de rotor 20. El primer asiento 11 también se conecta y vincula a una primera celda de peso 12 que es capaz de medir y cuantificar el primer peso 311 que está accionando en el mismo.

Adicionalmente, sin embargo, también se conecta al primer asiento 11 y a la primera celda de peso 12 una viga 14 con tres bisagras 151, 152, 153 y un primer contrapeso 13. La primera bisagra 151, que también se conoce como la bisagra de contrapeso 151, conecta el primer contrapeso 13 a la viga 14. La segunda bisagra 152, que se conoce como la bisagra de punto de inflexión 152, es capaz de proporcionar un movimiento giratorio de la viga 14 con respecto al suelo 32. Finalmente, la tercera bisagra 153, es decir, la bisagra de álabe 153, conecta el primer asiento 11 con la viga 14.

En el caso de que el álabe de rotor 20 no se coloque en el primer asiento 11, el primer contrapeso 13 está en el suelo 32. La masa del primer contrapeso 13 se elige tal que represente una fuerza de torsión que sea seguramente más pequeña que la fuerza o la fuerza de torsión que está accionando en el primer asiento 11 y en particular en la primera celda de peso 12 si el álabe de rotor 20 se coloca en el primer asiento 11. Esto requiere, por supuesto, un cierto conocimiento de la masa y fuerza de torsión esperadas del álabe de rotor. En la práctica, una estimación razonable de la masa esperada del álabe de rotor que se va a medir será factible sin problemas importantes. Cuando el álabe de rotor 20 se coloca en el primer asiento 11, el primer contrapeso 13 se levanta del suelo 32 y el peso residual entonces está accionando en la primera celda de peso 12. Esto permite una exactitud significativamente mayor de la primera celda de peso 12.

La segunda realización de la invención como se muestra a manera de ejemplo en la figura 4 visualiza que el alivio del primer peso 31 que está accionando en la primera celda de peso 12 por el uso del primer contrapeso 13 también se puede realizar por una parte completamente separada. Esto tiene la ventaja de que la parte con la primera celda de peso 12 se puede tomar sin realizar ninguna enmienda en comparación al dispositivo de ponderación utilizado de la técnica anterior. Nuevamente, la primera masa del primer contrapeso 13 se tiene que elegir cuidadosamente y la posición donde se coloca el álabe de rotor en el primer asiento 11 también se necesita elegir cuidadosamente.

Finalmente, la figura 5 visualiza una vista frontal en una turbina eólica 40 a fin de ilustrar la fuerza de torsión atribuido a un álabe de rotor de una turbina eólica.

La turbina eólica 40 comprende una torre 41. La torre 41 garantiza que la turbina eólica 40 se conecte de manera segura y firmemente con la tierra 32 por un extremo. Por el otro extremo, la torre se conecta con la góndola (no visible en la figura 5). La turbina eólica 40 comprende además un cubo 42 con un rotor 43. El eje de rotación del rotor se alinea sustancialmente horizontal (aunque la mayoría de las turbinas eólicas tienen un rotor inclinado que se inclina ligeramente hacia arriba en el extremo, donde se ubica el cubo). Tres álabes de rotor 20 se montan en el cubo 42. Cada álabe de rotor 20 tiene una longitud R. Por consiguiente, la fuerza de torsión de un álabe de rotor 20 montada en el cubo 42 se puede ver como la integral de la distribución del peso del álabe de rotor 20, donde la integración tiene lugar desde el centro de rotor hasta la punta del álabe de rotor.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de ponderación para determinar una propiedad de un álabe de rotor (20) de una turbina eólica (40), tal como el peso, la masa o la fuerza de torsión del álabe de rotor, el dispositivo de ponderación que comprende

- un primer asiento (11) para recibir el álabe de rotor (20) en una primera posición radial (r_1) del álabe de rotor (20),
- un segundo asiento (111) para recibir el álabe de rotor (20) en una segunda posición radial (r_2) del álabe de rotor (20),
- una primera celda de peso (12) para cuantificar un primer peso (311) que está accionando en la primera celda de peso (12),
- una segunda celda de peso (121) para cuantificar un segundo peso (312) que está accionando en la segunda celda de peso (121), y
- un primer contrapeso (13) que se configura para aliviar el primer peso (311),

donde

- el primer contrapeso (13) se levanta del suelo (32) cuando el álabe de rotor (20) se recibe por el primer asiento (11) del dispositivo de ponderación; donde el peso (31) del álabe de rotor (20) se determina al adicionar el primer peso medido (311) y el segundo peso medido (312), y
- el álabe de rotor (20) comprende una sección de borde frontal (24) y una sección de borde posterior (23), y
- el álabe de rotor (20) se coloca tal que en el primer asiento (11) del dispositivo de ponderación que la sección de borde frontal (24) del álabe de rotor (20) esté dando hacia el primer asiento (11) del dispositivo de ponderación

2. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la extensión longitudinal (33) del primer asiento (11) del dispositivo de ponderación es más pequeña que el diez por ciento de la longitud (R) del álabe de rotor (20), en particular, más pequeña que el cinco por ciento de la longitud (R) del álabe de rotor (20).

3. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la primera posición radial (r_1) se ubica entre la raíz (211) del álabe de rotor (20) y el veinte por ciento de la longitud de álabe (R), como se mide desde la raíz (211).

4. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la segunda posición radial (r_2) se ubica entre el sesenta por ciento y el ochenta por ciento de la longitud de álabe (R), como se mide desde la raíz (211) del álabe de rotor (20).

5. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde

- la masa del primer contrapeso (13) se elige tal que el producto de la masa del primer contrapeso (13) y la aceleración gravitacional sea más pequeña que un valor esperado para el primer peso (311) que acciona en la primera celda de peso (12).

6. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de ponderación comprende un segundo contrapeso (131) que se configura para aliviar el segundo peso (312).

7. Dispositivo de ponderación de acuerdo con la reivindicación 6, donde

- la masa del segundo contrapeso (131) se elige tal que el producto de la masa del segundo contrapeso (131) y la aceleración gravitacional sea más pequeña que un valor esperado para el segundo peso (312) que acciona en la segunda celda de peso (121).

8. Dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 o 7, donde la masa del primer contrapeso (13) es más pequeña que la masa del segundo contrapeso (131), en particular, más pequeña que el treinta por ciento de la masa del segundo contrapeso (131).

9. Método para determinar el peso (31) de un álabe de rotor (20) de una turbina eólica (40) por medio de un dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde el peso (31) del álabe de rotor (20) se determina al adicionar el primer peso medido (311) y el segundo peso medido (312).

10. Método para determinar la masa de un álabe de rotor (20) de una turbina eólica (40) por medio de un dispositivo de ponderación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, donde

- el peso (31) del álabe de rotor (20) se determina de acuerdo con la reivindicación 9 y posteriormente el peso (31) se divide por la aceleración gravitacional, o
- el primer peso (311) se divide por la aceleración gravitacional para la determinación de una primera masa, el segundo peso (312) se divide por la aceleración gravitacional para la determinación de una segunda masa, y posteriormente la primera masa y la segunda masa se adicionan conjuntamente.

11. Método para determinar la fuerza de torsión de un álabe de rotor (20) de una turbina eólica (40), en caso de que el álabe de rotor (20) se monte de manera giratoria a un rotor de la turbina eólica (40) mediante la raíz (211) del álabe de rotor (20), donde la fuerza de torsión del álabe de rotor (20) se determina por la adición

- 5
- el producto del primer peso (311) y la distancia de la primera posición radial (r_1) al centro del rotor con
 - el producto del segundo peso (312) y la distancia de la segunda posición radial (r_2) al centro del rotor.

12. Método para determinar la fuerza de torsión de acuerdo con la reivindicación 11, donde el álabe de rotor (20) está en un primer paso colocado en una posición predeterminada en el primer asiento (11) del dispositivo de ponderación.

10

13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, donde la posición real del álabe de rotor (20) en el primer asiento (11) del dispositivo de ponderación se desvía en dirección longitudinal por menos de 0,5 por ciento de la longitud (R) del álabe de rotor (20), en particular menos de 0,1 por ciento de la longitud (R) del álabe de rotor (20), de la posición predeterminada del álabe de rotor (20).

15

FIG 1

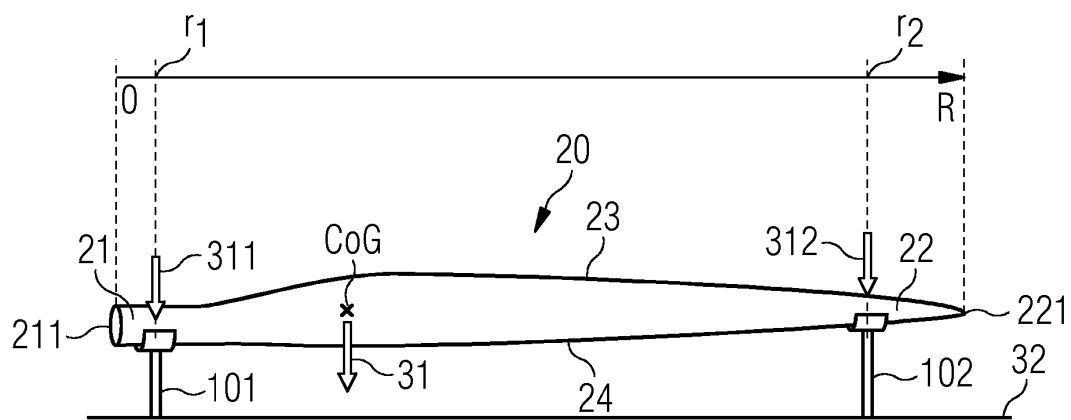
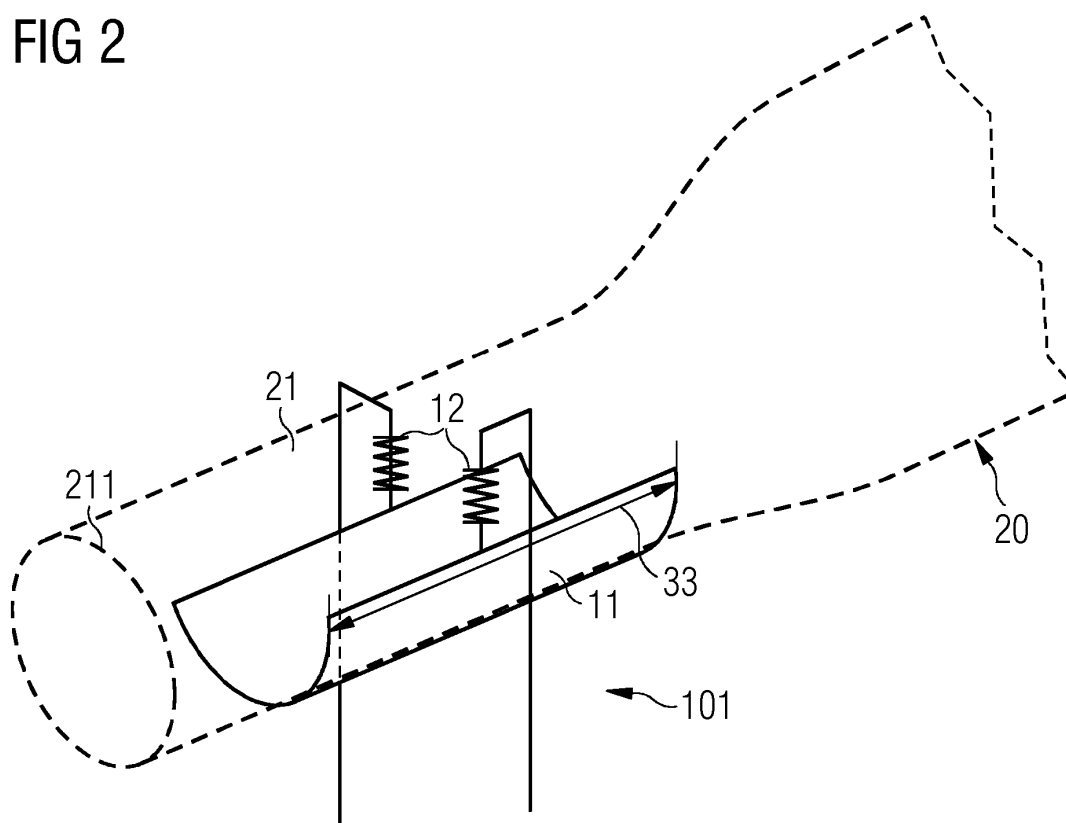
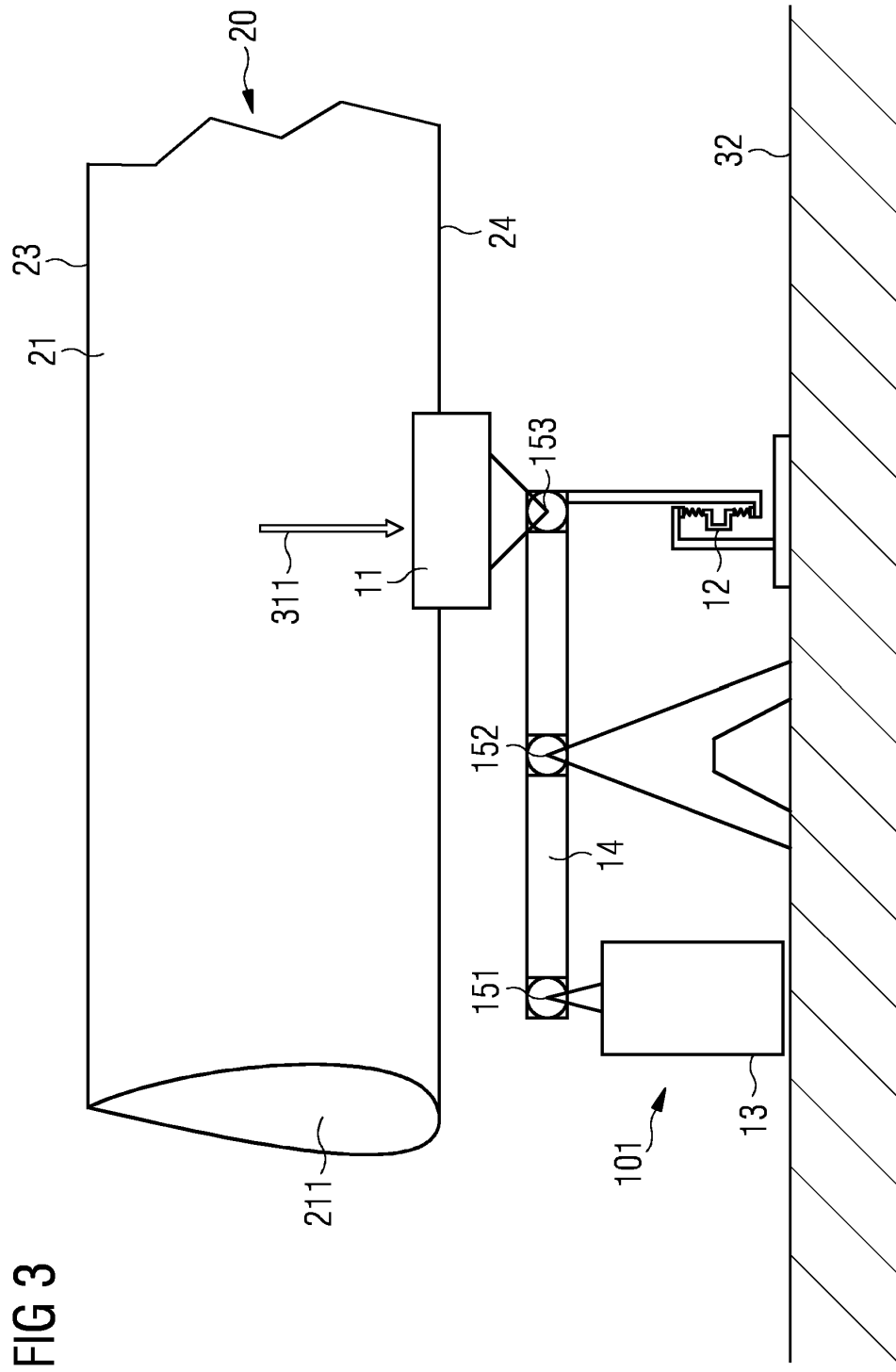


FIG 2





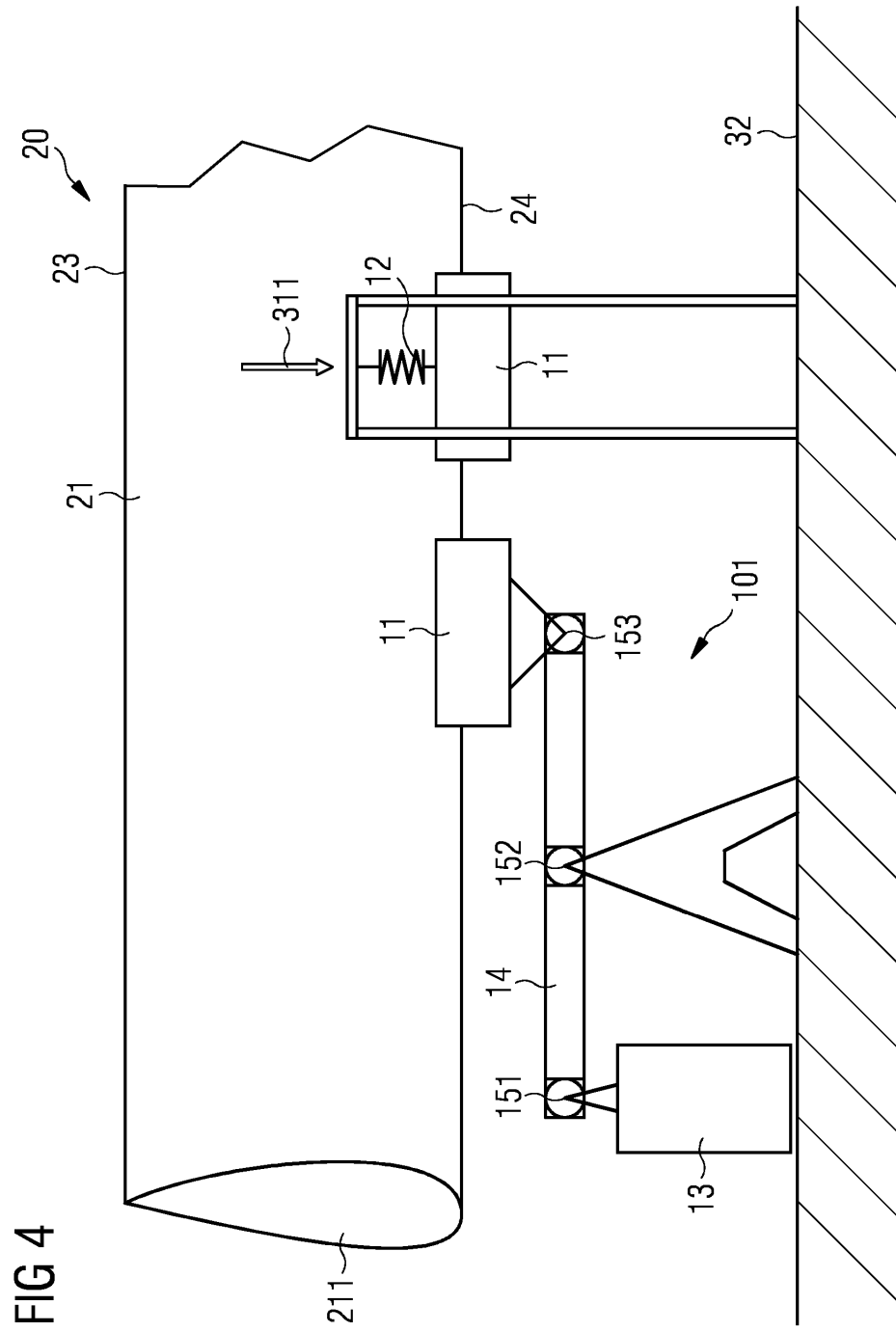


FIG 5

