

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 302**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2011** **E 11787901 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015** **EP 2547905**

54 Título: **Procedimiento para operar un aerogenerador**

30 Prioridad:

25.11.2010 DE 102010052565

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

22.05.2015

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

EDEN, GEORG

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 536 302 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

Procedimiento para operar un aerogenerador

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para operar un aerogenerador así como a un aerogenerador.

Un aerogenerador con rotor de eje horizontal presenta al menos un álabe de rotor, habitualmente, tres álabes de rotor, que, debido al viento que incide sobre ellos, giran de forma normal alrededor de un eje horizontal para, mediante este movimiento de giro, generar energía eléctrica. Si el viento que incide sobre los álabes del rotor es
10 demasiado intenso, el aerogenerador puede sufrir daños —dependiendo de la frecuencia o intensidad—. Este tipo de cargas ocasionadas por viento demasiado intenso pueden tratarse, por ejemplo, girando los álabes del rotor, al menos en parte, fuera del viento. Esto también se denomina 'cabeceo o cambio del ángulo de paso' (pitch).

Para poder introducir este tipo de medidas y otras medidas para descargar el aerogenerador es necesario registrar
15 cargas correspondientes ocasionadas por viento intenso. Un viento homogéneo e intenso de forma continua puede detectarse por el comportamiento del aerogenerador, por ejemplo, por la producción de energía resultante. Para cargas breves o también para cargas locales en, por ejemplo, solo un álabe del rotor pueden estar previstos sensores para medir una carga de este tipo. Así, se utilizan, por ejemplo, sensores tales como bandas extensométricas para registrar la flexión de cada álabe del rotor. Gracias a ello puede registrarse directamente, tanto
20 de forma cualitativa como cuantitativa, una carga relacionada con la flexión del álabe del rotor, así como valorarse de forma correspondiente para, si procede, tomar medidas para limitar la carga.

Una condición necesaria para ello es que los sensores de carga correspondientes operen de forma precisa y suministren valores fiables. Para ello también es fundamental la calibración y / o compensación del sensor
25 correspondiente. Es habitual que sensores tales como, por ejemplo, una banda extensométrica, proporcionen un valor de resistencia dependiente de la extensión o —en función de la electrónica de valoración conectada— una señal dependiente de la extensión, tal como, por ejemplo, una tensión de salida. Estos valores se asignan después, mediante calibración y compensación, a una carga correspondiente del álabe del rotor.

Una calibración con compensación de este tipo puede ser muy costosa y también propensa a errores dado que, en este caso, los valores medidos por el sensor deben asociarse a valores de carga correspondientes que han de registrarse de otro modo. Una posibilidad para llevar a cabo una calibración con compensación consiste en arrastrar manualmente el álabe con una fuerza de comparación que ha de medirse de modo que la calibración se realice mediante esta fuerza de comparación. De este modo, puede arrastrarse, por ejemplo, un álabe del rotor a una
35 posición de 6:00 h en su punta respecto a la torre mientras se mide la fuerza empleada.

A ello se añade que las relaciones varían durante el funcionamiento del aerogenerador. Esto puede producirse por fenómenos de envejecimiento tanto de los álabes del rotor como también de los sensores, así como también por otros motivos tales como, por ejemplo, defectos del sensor o su fijación. Si tales cambios son pequeños y / o se producen con lentitud, existe el riesgo de que pasen desapercibidos.
40

Como estado de la técnica ha de remitirse en general al documento DE102006036157A1.

Por tanto, el objetivo de la presente invención es solventar al menos uno de los problemas antes descritos o, al menos, reducirlos. En especial, debe simplificarse una calibración o una compensación de al menos un sensor de carga y / o incrementarse lo máximo posible la fiabilidad de una calibración y / o compensación de este tipo. Al menos, debe proponerse una solución alternativa.
45

De acuerdo con la invención, se propone un procedimiento según la reivindicación 1. Este procedimiento se basa en un aerogenerador con rotor de eje horizontal. En el caso de un rotor de eje horizontal de este tipo, está previsto un eje fundamentalmente horizontal para girar el o los álabes del rotor accionados por el viento. Este eje también puede presentar una posición ligeramente inclinada. El experto está familiarizado con el concepto de un aerogenerador con un rotor de eje horizontal como clasificación de un determinado tipo de aerogenerador, en especial, diferenciado de un aerogenerador con un eje vertical.
50

Un aerogenerador de este tipo presenta un rotor aerodinámico que posee un buje con al menos un álabe de rotor. Normalmente, aunque no exclusivamente, están previstos tres álabes de rotor en un buje. En el rotor está previsto al menos un elemento de medición de la carga para registrar una carga de viento del rotor. Un elemento de medición de la carga de este tipo puede estar dispuesto en el álabe del rotor o también en un adaptador para fijar el álabe del
55

rotor al buje del rotor. Estas son posiciones preferidas. No obstante, también pueden considerarse otras posiciones tales como, por ejemplo, directamente en el buje. Esto depende, sobre todo, también de la estructura concreta del rotor.

5 Entonces, un aerogenerador de este tipo gira el rotor sin carga de viento o con una reducida carga de viento para calibrar el elemento de medición de la carga. En este caso, se realiza una medición de la carga con el elemento de medición de la carga. De forma ideal, no existe ninguna carga de viento. No obstante, pueden despreciarse las cargas de viento reducidas o, dado el caso, tenerse en cuenta en los cálculos. Esto depende finalmente también de la precisión y calidad deseadas.

10

Basándose en esta medición de la carga y, adicionalmente, en fuerzas de peso conocidas con anterioridad que se presentan en el rotor, se realiza entonces la calibración del elemento de medición de la carga.

En este caso, se basa en el conocimiento de que, con un rotor de eje horizontal, también el peso de los álabes del rotor y fuerzas de peso que se presentan de forma correspondiente pueden conllevar una carga que es registrada por el elemento de medición de la carga. En especial, puede partirse de que un álabe de rotor en perpendicular —a saber, en la posición de las seis horas o las doce horas— prácticamente no experimenta ninguna carga debida al peso, mientras que la carga debida a las fuerzas de peso en caso de posición horizontal del álabe del rotor —es decir, en la posición de las tres horas o las nueve horas— debería ser máxima. De este modo, basándose en la medición de la carga, pueden registrarse pasos cero y asignarse. Normalmente se conoce la carga debida al peso de un álabe del rotor y, de este modo, puede realizarse también una asociación cuantitativa.

Preferiblemente, el rotor se gira al menos una vuelta para su compensación y, en este caso, se registra un desarrollo de la carga junto con la correspondiente posición del rotor. En este caso, se registra la posición del rotor en la dirección periférica, es decir, su posición entre los 0° y los 360°, de modo que pueda asociarse al desarrollo de la carga. Por tanto, el desarrollo de la carga comprende un registro continuo o casi continuo de la carga de manera que se registre, por ejemplo, un valor de carga para cada grado angular en el movimiento de giro del rotor. Por tanto, en este ejemplo, se registrarían 360 valores de carga por una vuelta. Este es solo un ejemplo y también pueden registrarse más o menos valores, por ejemplo, 200 incrementos. En especial, en el caso de un registro de este tipo de un desarrollo de carga, si este se traza por el número de grados angulares de la posición de giro correspondiente, cabe esperar una trayectoria al menos fundamentalmente sinusoidal. Pueden presentarse desviaciones respecto a ello en función de alinealidades existentes en el sistema.

Partiendo de un desarrollo sinusoidal de este tipo, o también un desarrollo de otra forma, puede realizarse entonces una asignación, una calibración y, finalmente, una compensación. Tal como ya se ha indicado, han de suponerse los pasos cero a 0° y 180°. Y la carga máxima ha de esperarse, según el valor, a 90° y 270°. Basándose en esto pueden registrarse las desviaciones respecto al desarrollo que cabe esperar, lo cual se denomina 'calibración', e introducirse valores de corrección correspondientes, lo que se denomina 'compensación'.

40 Explicaciones con fórmulas.

Resulta ventajoso, entre otras cosas, que, únicamente mediante un giro fundamentalmente sin carga del rotor aerodinámico, pueda realizarse una calibración y / o compensación. Basándose en las relaciones técnico-estructurales puede transmitirse esta calibración y / o compensación a la carga debida al viento.

45

Preferiblemente, la compensación se lleva a cabo al poner en marcha el aerogenerador y / o tras un periodo de inactividad del rotor y / o al finalizar un mantenimiento del aerogenerador. Si también se realiza una calibración o una compensación tras un periodo de inactividad del rotor, es decir, al arrancar nuevamente el rotor, entonces esto permite en especial comprobar, y, en caso necesario, adaptar, una calibración o una compensación durante la puesta en funcionamiento. De este modo, pueden considerarse de forma sencilla eventuales modificaciones del elemento de medición de la carga u otros parámetros en el transcurso del tiempo.

50

Los aerogeneradores se someten habitualmente a mantenimientos periódicos que normalmente también requieren una detención del rotor. Al final del mantenimiento, el rotor se arranca nuevamente y, por tanto, a modo de una operación de finalización de un mantenimiento de este tipo, puede comprobarse de forma sencilla la calibración y / o la compensación y, en caso necesario, corregirse o realizarse nuevamente.

55

Cabe resaltar que la calibración y / o compensación según la invención y que se ha descrito anteriormente también puede realizarse sin que se haya detenido el rotor. Sin embargo, debería tenerse en cuenta que la medición de

carga propuesta se realice en todo caso sin carga de viento o, a lo sumo, con una reducida carga de viento.

5 Resulta favorable realizar el giro del rotor para la compensación y / o calibración en un funcionamiento de giro en vacío. Se entiende por un 'funcionamiento de giro en vacío' un funcionamiento en el que el rotor aerodinámico es girado por un viento especialmente suave, pero sin que se genere energía eléctrica y, con ello, sin que se establezca un contrapar de torsión eléctrico contra el cual se gire el rotor aerodinámico. Expresado de otra manera, en este caso el rotor se gira lentamente en ralentí.

10 Preferentemente, el al menos un álabe de rotor puede regularse y se gira, en especial, fuera del viento para realizar la medición de carga descrita de modo que no se extraiga energía del viento o se extraiga poca energía. Gracias a ello puede, por una parte, realizarse un funcionamiento de giro en vacío también en caso de un viento medio o intenso. Si los elementos de medición de la carga están dispuestos de modo que también se regulan al ajustar el álabe del rotor, entonces un giro fuera del viento también conlleva que estos se giren total o parcialmente en una dirección en la que miden la fuerza del peso en los álabes del rotor en lugar de una carga de presión ocasionada por el viento. Expresado de otra manera, en caso de un ajuste de este tipo, la fuerza del peso actúa, de forma óptima, exactamente en la dirección en la que la fuerza del viento actúa sobre el álabe del rotor cuando este no se gira fuera del viento. Por tanto, para la medición de la carga para la calibración y / o la compensación puede minimizarse la influencia del viento, incluso cuando hay viento, y maximizarse la influencia de la fuerza de peso —conocida— y, con ello, realizar con gran precisión la medición de la carga considerando fuerzas de peso conocidas previamente que se presentan en el rotor.

20 Preferiblemente, se utiliza como elemento de medición de la carga al menos una banda extensométrica, en especial, dos o más bandas extensométricas para cada álabe del rotor. Con ello, puede utilizarse un elemento de medición acreditado para registrar cargas en los álabes, así como calibrarse y / o compensarse de forma sencilla. Mediante el uso de varias bandas extensométricas, pueden considerarse diferentes direcciones de carga y / o pueden preverse mediciones de redundancia.

30 Preferentemente, el al menos un elemento de medición de la carga está previsto en el buje, en una raíz del álabe del rotor y / o en un adaptador del álabe. En especial, el uso en la raíz del álabe del rotor, es decir, en la sección del álabe del rotor dirigida al buje, y también la disposición en un adaptador de álabe implican que, al utilizar un álabe de rotor giratorio —a saber, en una instalación con control de cabeceo—, el elemento de medición se gira conjuntamente y, con ello, puede ajustarse a diferentes direcciones de carga. En este sentido cabe indicar que por "un adaptador de álabe" se entiende un adaptador que está dispuesto entre el álabe del rotor y el buje, en especial, entre la raíz del álabe del rotor y el buje. Expresado de otra manera, el álabe del rotor con su raíz de álabe de rotor se fija al buje mediante el adaptador de álabe.

Según la invención, se propone además un aerogenerador que esté configurado para implementar uno o varios de los procedimientos antes descritos.

40 Resulta conveniente utilizar resultados de la calibración, es decir, de la constatación de eventuales diferencias, para la compensación del elemento de carga o la compensación de un dispositivo de valoración conectado a este. Un dispositivo de valoración de este tipo también puede estar integrado en un ordenador de procesos, o bien un ordenador de procesos puede realizar la valoración correspondiente.

45 Toda vez que se describan formas de realización favorables de la calibración o características relacionadas con ella ha de entenderse que estas básicamente también son favorables en relación con una compensación, aunque no se indique expresamente en cada caso.

50 Preferiblemente, un aerogenerador presenta una o varias de las características que se han descrito anteriormente en relación con la explicación del procedimiento.

A continuación, se describe la invención, a título de ejemplo, por medio de formas de realización y haciendo referencia a las figuras adjuntas.

55 La fig.1 muestra esquemáticamente una parte de un rotor aerodinámico de un aerogenerador en una vista en planta desde arriba.

La fig. 2 muestra de forma esquemática un aerogenerador en una vista frontal desde el punto de vista de la dirección del viento cuando el aerogenerador está orientado al viento de forma normal.

Las figs. 3a-c muestran de forma esquemática una vista en planta desde arriba de un aerogenerador según la figura 2, pero con una posición diferente del álabes del rotor y con diferentes posiciones de cabeceo.

5 La fig. 4 muestra esquemáticamente una medición de carga registrada para la calibración y / o compensación.

La vista en planta desde arriba de la figura 1 muestra una perspectiva de un rotor 1 con un buje 2 y un álabes de rotor 4 de un total de tres álabes del rotor 1. El álabes de rotor 4 está fijado al buje mediante un adaptador de álabes 6. En este caso, el adaptador de álabes 6 está fijado de forma giratoria al buje 2 para girar el álabes de rotor 4 en el viento, 10 fuera del viento o a una posición intermedia. Asimismo, se muestra un elemento de medición del viento 20 para medir en general el viento reinante en la zona del buje 2.

Con el número de referencia 8 se indica una flecha que señala la dirección del viento que actúa normalmente sobre el álabes del rotor. En este caso, la dirección del viento se corresponde con la dirección de visión de la perspectiva de 15 un aerogenerador según la figura 2. La figura 2 muestra de forma esquemática una vista general del aerogenerador 10 y, en este sentido, ilustra el rotor aerodinámico 1 con los tres álabes de rotor 4. Adicionalmente, se muestra la torre del aerogenerador 12.

Por tanto, la figura 1 muestra una vista en planta desde arriba de un aerogenerador 10 según la figura 2.

20 Asimismo, en el adaptador de álabes 6 de la figura 1 puede observarse una banda extensométrica 14 que actúa como elemento de medición de la carga. Una doble flecha ilustra direcciones de carga 16 que pueden registrarse mediante la banda extensométrica 14. Si con la banda extensométrica 14 se mide una compresión en la dirección de la carga, con la banda extensométrica 14' debería registrarse un estiramiento para la dirección de carga 16', siempre 25 que se presuponga el mismo viento. Las bandas extensométricas 14 y 14' pueden estar dispuestas en cada álabes de rotor 4 o adaptador de álabes 6. Expresado de otra manera, la banda extensométrica puede registrar tanto estiramientos como compresiones y, por tanto, cargas del álabes del rotor en sentido positivo y negativo. Normalmente, un estado en el que el álabes del rotor 4 no está cargado se asocia a un valor cero. En caso de que actúe viento sobre el álabes del rotor 4, el álabes del rotor 4 se carga en la dirección del viento 8 y también se dobla 30 algo en esta dirección de la carga. Esto conlleva una compresión en la zona no dirigida al viento y, con ello, también una compresión de la banda extensométrica 14 según la presente representación. Esta compresión puede valorarse mediante una unidad de valoración 18, solo mostrada aquí de forma esquemática, y puede conectarse con una consideración adicional de los resultados. En función de la forma de realización, puede resultar suficiente con solo una banda extensométrica u otro sensor de medición por cada álabes del rotor.

35 Las figuras 3a-c muestran de forma esquemática una vista en planta desde arriba de un aerogenerador según la figura 2, pero con una posición modificada del álabes del rotor. En este sentido, las figuras 3a-c muestran una góndola 22, que no se muestra en la figura 1 para conseguir una mejor vista global. Asimismo, para lograr una mejor compresión general, en las figuras 3a-c se indica la torre, que, naturalmente, está oculta por la góndola debido a la 40 vista en planta desde arriba que se ha elegido y solo se ha dibujado aquí con líneas discontinuas para que se entienda mejor. En el buje 2, que puede considerarse parte de la góndola 22, se ilustra, en todo caso en relación con la cubierta mostrada, que también se denomina "carenado" o "spinner", un álabes de rotor 4 en tres posiciones denominadas "de cabeceo", una posición por figura. El rotor 1 se encuentra en este caso en una posición en la que el álabes de rotor 4 mostrado se dispone perpendicularmente hacia arriba. Por tanto, se muestra una posición 45 denominada de 12 horas. Los otros álabes del rotor 4 no son necesarios aquí para la explicación y, por tanto, no se muestran. En este caso, la figura 3a muestra el álabes de rotor 4 en una orientación relativamente alineada con el viento con un ángulo de cabeceo de 0°. La primera posición con el ángulo de cabeceo de 0° también puede denominarse —según la forma de consideración— posición sin cabeceo. En este caso, el álabes de rotor 4 está girado en el viento 8 de modo que puede extraerse la máxima energía del viento. Con un viento reinante 50 equivalente, se gira el buje 2 y, con ello, el rotor 1 en conjunto en la dirección de giro 24. La carga debida al viento 8 que se presenta en el álabes del rotor 4 puede registrarse mediante la banda extensométrica 14. En esta posición de cabeceo de 0°, la banda extensométrica 14 se encuentra en una posición denominada P0. En este sentido, es adecuada para registrar la carga sobre el álabes del rotor 4 ocasionada por el viento 8.

55 La figura 3b muestra el álabes de rotor 4 en una orientación relativamente alineada con el viento con un ángulo de cabeceo de 70°. En esta posición de cabeceo, el álabes del rotor 4 todavía apenas ofrece resistencia al viento 8 y, por tanto, el viento 8 no puede ejercer ninguna carga o, a lo sumo, una reducida carga sobre el álabes del rotor 4. Como máximo, podría ajustarse un funcionamiento en ralentí del aerogenerador. Mediante el giro del álabes del rotor 4 a la posición de 70°, también la banda extensométrica 14 está en una posición denominada P70. En esta posición P70,

la banda extensométrica 14 apenas puede registrar aún una carga del álabe del rotor 4 debida al viento 8, sobre todo porque en este caso el viento apenas puede ejercer una carga sobre el álabe del rotor 4. Para completar la figura 3c muestra una posición de cabeceo de 90°.

- 5 Sin embargo, en la posición P70 mostrada de la banda extensométrica 14 puede registrarse un par de peso propio del álabe del rotor. En este caso, este par de peso propio no está falseado o no está falseado de forma fundamental por una eventual carga de viento. No obstante, en la posición vertical mostrada del álabe del rotor, la fuerza de peso o par de peso en el sensor o la banda extensométrica 14 es cero. Si el rotor 1 gira adicionalmente en la dirección de giro 24, la fuerza del peso aumenta de forma continua hasta que el rotor ha girado 90°. En este caso, se hace
10 referencia al movimiento de giro del rotor 24 que se muestra también en la vista frontal de la figura 2, y no ha de confundirse con la posición de cabeceo que se ilustra en las figuras 3a-c. Si el correspondiente álabe del rotor 4 se dispone en horizontal, a saber, de forma transversal respecto a la torre 12, lo cual también se denomina "posición de las 3 horas", entonces la carga es máxima. Tras otros 90°, cuando el correspondiente álabe del rotor 4 está suspendido hacia abajo casi en perpendicular, tal como se muestra en el álabe del rotor 4 de la figura 2, la carga de
15 peso que puede registrar la banda extensométrica 14 es cero. En caso de un giro adicional de 90° en la dirección de giro 24 a la posición de 9 horas, la carga registrada por la banda extensométrica 14 debida a la carga de peso es máxima, no obstante, de signo contrario a la posición de las 3 horas.

Por tanto, en caso de una vuelta completa del rotor 1, la banda extensométrica 14 registra una curva de carga
20 sinusoidal, la cual se ilustra en la figura 4. A 0° y 360°, que se corresponden con la posición de las 12 horas, y a 180°, que se corresponde con la posición de las 6 horas, la carga es cero si el elemento de medición, a saber, la banda extensométrica 14, está correctamente compensada junto con su unidad de valoración. No obstante, según la forma de realización mostrada, la posición del rotor se registra conjuntamente mediante un transmisor incremental
25 20, lo cual puede realizarse, por ejemplo, dividiendo una vuelta en 200 incrementos.

Una posibilidad de compensación consiste en registrar una serie de mediciones de valores de medición del elemento de medición de la carga durante al menos una vuelta completa. De este modo, pueden registrarse a intervalos regulares, por ejemplo, durante una vuelta, por ejemplo, 200 mediciones R_n con el elemento de medición de la carga, donde $n = 0-199$. A partir de los 200 valores de medición R_n , puede obtenerse, conociendo el peso o la carga
30 por peso A del álabe de rotor correspondiente, la siguiente relación:

$$A = k_1 \sum_{n=0}^{199} |R_n|$$

El valor A se indica como amplitud en el gráfico de la figura 4. Por tanto, el coeficiente k_1 puede calcularse a partir
35 del valor conocido A y las mediciones R_n . Mediante el cálculo del valor absoluto de los valores de medición R_n de una vuelta o varias vueltas completas, se saca la media de eventuales desplazamientos respecto a la línea de cero. En un segundo ciclo o un segundo paso de valoración, puede determinarse el desplazamiento V, que indica el desplazamiento de la curva de medición respecto a la línea de cero:

$$V = k_2 \sum_{n=0}^{199} |R_n|$$

El coeficiente K_2 puede calcularse mediante mediciones de comparación o a partir de relaciones conocidas tales como la ganancia de lazo del sistema de regulación. En los coeficientes k_1 y k_2 interviene también el número de valores de medición registrados.

45 Por tanto, en este cálculo se realiza nuevamente una adición, pero sin un cálculo previo del valor absoluto de modo que puede determinarse el desplazamiento V. Este desplazamiento V se indica en la figura 4 mediante una doble flecha correspondiente.

50 De este modo, mediante un lento funcionamiento en ralentí de la instalación antes del verdadero arranque, puede determinarse la sensibilidad y el punto cero de la medición de la carga. Para ello se registran los valores de medición por cada vuelta. Estos corresponden al peso del álabe. Dado que se conoce el peso del álabe, puede calibrarse la sensibilidad del sensor, es decir, del elemento de medición de la carga, en especial, de la banda extensométrica. El punto cero también puede determinarse mediante el cálculo de los valores.

Por tanto, de forma óptima, ya no es necesaria ninguna compensación manual y se compensa automáticamente una deriva (*drift*) de la medición en un intervalo largo de tiempo. Con ello, es posible una compensación automática de la medición de la carga en cada arranque de la instalación. En especial, se resuelve, o al menos se trata y reduce, el
5 problema de una deriva de offset y sensibilidad de la medición que se presenta en los procedimientos conocidos.

Por tanto, mediante un álabe de rotor girado fuera del viento, a saber, en caso de un fuerte cambio del ángulo de cabeceo, puede adaptarse al mismo tiempo la banda extensométrica 14 a una medición de una carga a través de la fuerza de peso del álabe del rotor 4. Expresado de otra manera, la fuerza de peso actúa en una dirección diferente a
10 la fuerza del viento, lo cual se considera conjuntamente mediante el cambio de la posición del elemento de medición de la carga al girar el álabe del rotor 4 fuera del viento. Por tanto, la posición del elemento de medición de la carga se adapta a la dirección de la fuerza que actúa en cada caso. Si esta adaptación de la dirección no se realiza completamente porque, por ejemplo, durante el cabeceo el álabe del rotor solo se modifica 70° pero no, 90°, esto
15 puede considerarse en el cálculo basándose en las relaciones geométricas, sobre todo porque el ángulo de cabeceo ajustado en cada caso normalmente se facilita o puede facilitarse a la unidad de valoración del elemento de medición de la carga.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar un aerogenerador, en el que el aerogenerador presenta un rotor aerodinámico configurado como rotor de eje horizontal con un buje con al menos un álabe de rotor, y en el rotor está
5 previsto al menos un elemento de medición de la carga para registrar una carga de viento del rotor, comprendiendo el procedimiento los pasos de girar el rotor del aerogenerador sin carga de viento o con una reducida carga de viento para calibrar el elemento de medición de la carga y, en este caso, registrar una medición de la carga con el elemento de medición de la carga, así como calibrar el elemento de medición de la carga basándose en la medición de la carga y fuerzas de peso conocidas previamente que se presentan en el rotor, **caracterizado porque**, en un primer
10 ciclo, se registra, mediante el elemento de medición de la carga, una serie de mediciones con varias mediciones durante una vuelta completa o durante varias vueltas completas del rotor, y se suman las cantidades de las mediciones de la serie de mediciones, determinándose una sensibilidad del elemento de medición de la carga a partir de una de las fuerzas de peso conocidas y las cantidades sumadas de las mediciones de la serie de mediciones.
15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en un segundo ciclo o un segundo paso de valoración, se suman las mediciones registradas sin calcular previamente el valor absoluto, y se calcula a partir de ello un desplazamiento de la serie de mediciones respecto de la línea de cero.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque**, a continuación de la calibración o junto con esta, se realiza una compensación del elemento de medición de la carga o un dispositivo de valoración asociado.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**, al girar el rotor
25 para la calibración, el rotor se gira al menos una vuelta, y porque en este caso la medición de la carga se realiza de modo que se mide un desarrollo de la carga, y porque al mismo tiempo se registra la posición del rotor.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la calibración se realiza durante la puesta en marcha del aerogenerador y / o tras un periodo de inactividad del rotor y / o al finalizar
30 un mantenimiento del aerogenerador.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el giro del rotor para la compensación se realiza en un funcionamiento en ralentí.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** al menos un álabe del rotor puede regularse y, en el caso del giro para la calibración, se gira fuera del viento de modo que no se extrae ninguna energía del viento o se extrae poca energía.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** como elemento
40 de medición de la carga se utiliza al menos una banda extensométrica, preferiblemente, se utilizan dos o más bandas extensométricas para cada álabe del rotor.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el al menos un elemento de medición de la carga se dispone en el buje, en una raíz de álabe del rotor y / o en un adaptador de
45 álabe para fijar el al menos un álabe de rotor al buje.
10. Aerogenerador que comprende un rotor aerodinámico configurado como rotor de eje horizontal con un buje con al menos un álabe de rotor, y al menos un elemento de medición de carga dispuesto en el rotor para registrar una carga de viento del rotor, estando preparado el aerogenerador para girar el rotor del aerogenerador sin
50 carga de viento o con una reducida carga de viento para calibrar el elemento de medición de la carga, y, en este caso, registrar una medición de la carga con el elemento de medición de la carga, así como calibrar el elemento de medición de la carga basándose en la medición de la carga y las fuerzas de peso previamente conocidas que se presentan en el rotor, **caracterizado porque**, en un primer ciclo, se registra mediante el elemento de medición de la carga, en una vuelta completa o varias vueltas completas del rotor, una serie de mediciones con varias mediciones,
55 y se suman los valores de las mediciones de la serie de mediciones, calculándose, a partir de una de las fuerzas de peso conocidas y los valores sumados de las mediciones de la serie de mediciones, una sensibilidad del elemento de medición de la carga.
11. Aerogenerador según la reivindicación 10, **caracterizado porque**, en un segundo ciclo o un segundo

paso de valoración, se suman las mediciones registradas sin calcular previamente el valor absoluto y, a partir de ello, se determina un desplazamiento de la serie de mediciones respecto de la línea de cero.

12. Aerogenerador según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** como elemento de medición de la carga está prevista al menos una banda extensométrica, preferiblemente, están previstas una, dos o más bandas extensométricas para cada álabe del rotor.
13. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** el al menos un elemento de medición de la carga se dispone en el buje, en una raíz del álabe del rotor y / o en un adaptador del álabe para fijar el al menos un álabe del rotor al buje.
14. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** está preparado para implementar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9.

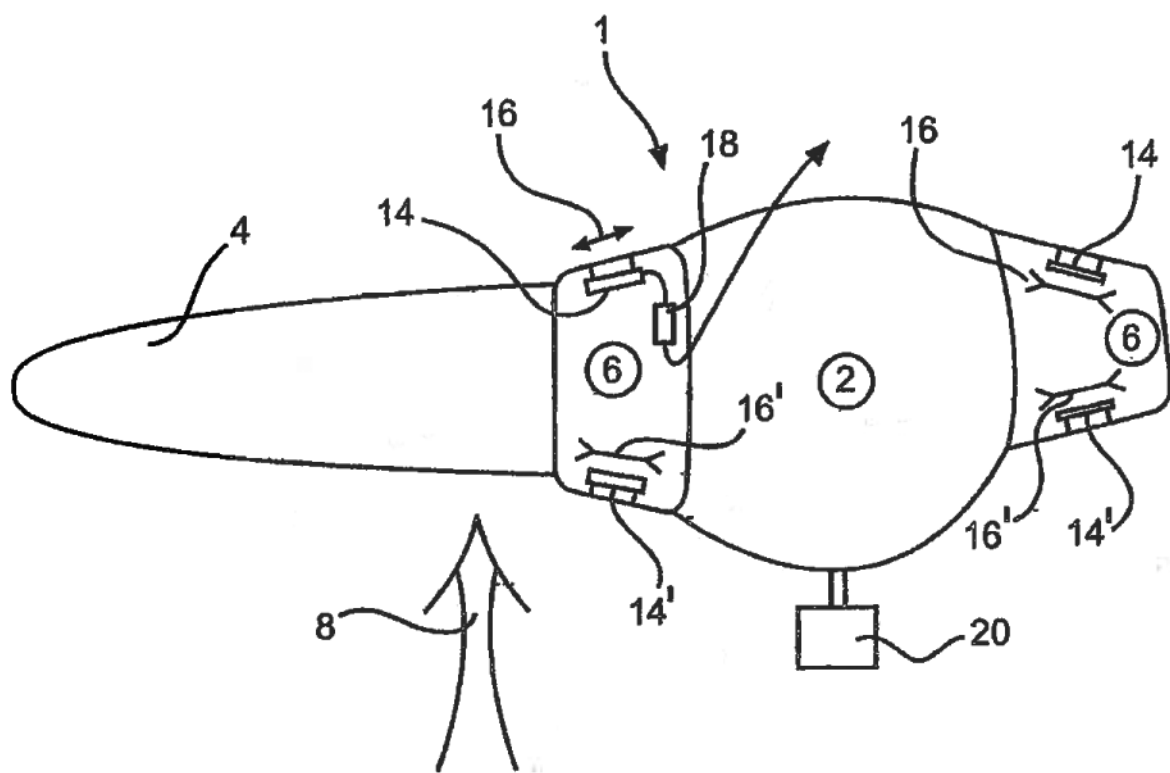


Fig. 1

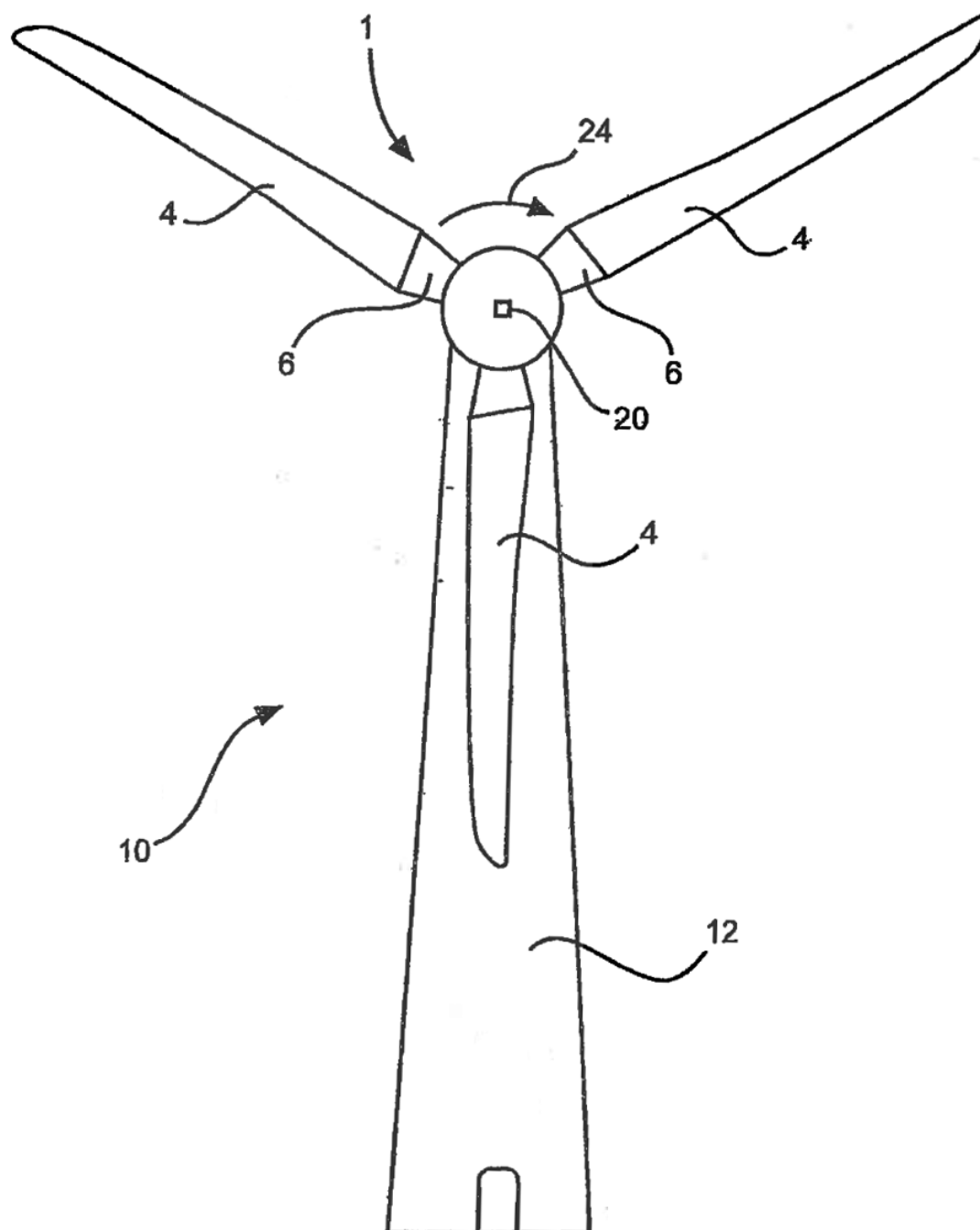


Fig. 2

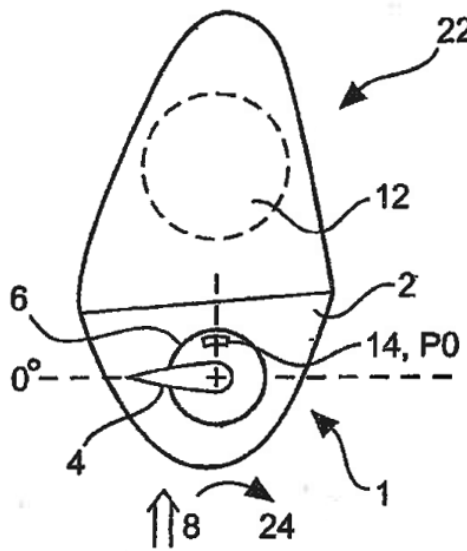


Fig. 3a

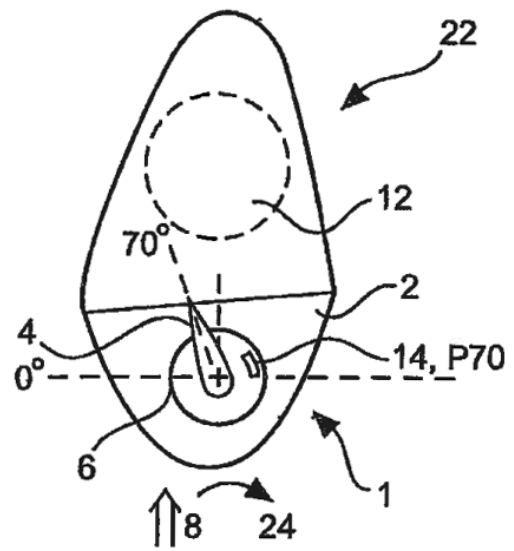


Fig. 3b

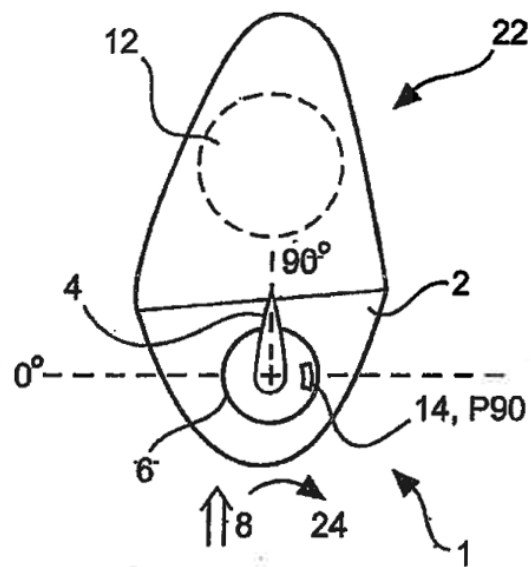


Fig. 3c

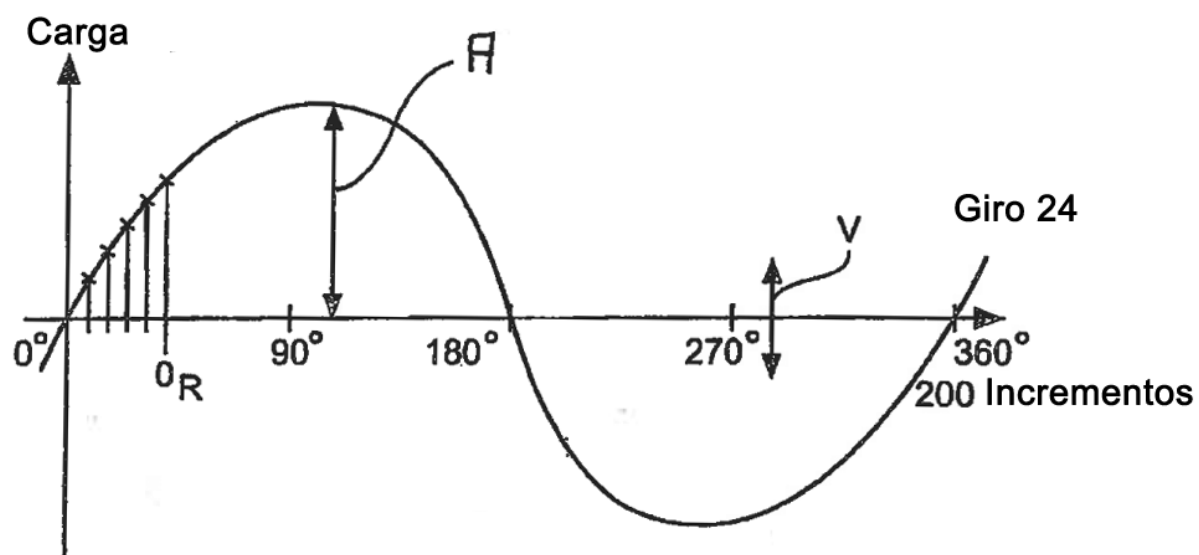


Fig. 4