

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 623**

51 Int. Cl.:

F03D 80/80 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2013 PCT/EP2013/003279**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14067661**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2013 E 13799197 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2914844**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de un aerogenerador, aerogenerador y dispositivo de control para un aerogenerador**

30 Prioridad:

31.10.2012 DE 102012110466

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

03.12.2020

73 Titular/es:

**2-B ENERGY HOLDING B.V. (100.0%)
Welbergweg 54
7556 PE Hengelo, NL**

72 Inventor/es:

**JAKOBSSON, MIKAEL y
PEELS, HERBERT**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 797 623 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 de funcionamiento de un aerogenerador, aerogenerador y dispositivo de control para un aerogenerador

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un aerogenerador según el concepto general de la reivindicación 1. Además, la invención se refiere un aerogenerador según el concepto general de la reivindicación 9. Por último, la invención se refiere a un dispositivo de control para un aerogenerador según el concepto general de la reivindicación 12.
- 10 Los aerogeneradores modernos se caracterizan por sus altas potencias y los correspondientes tamaños de construcción. En los últimos años, los tamaños de los aerogeneradores han aumentado desde unos pocos metros de diámetro de rotor y unos diez a cien kilovatios de potencia de salida, hasta ahora con más de cien metros de diámetro de rotor y una potencia de varios megavatios por cada generador. Además, los aerogeneradores ya no sólo se instalan en tierra (onshore), sino también cada vez más en el mar (offshore). Además del desarrollo técnico en el campo de la tecnología de los engranajes y los generadores, se está tratando de resolver en particular las dificultades de la carga del material y el control óptimo de los aerogeneradores. Los aerogeneradores de los que aquí se trata tienen un rotor montado en una góndola giratoria con al menos un, preferiblemente dos o cuatro, álabes del rotor.
- 15 Con los actuales grandes diámetros de los rotores, se pueden observar velocidades del viento significativamente diferentes y a veces direcciones del viento distintas no sólo para diferentes álabes de un rotor, sino ya también para un solo álabe. Estas diferencias de carga se producen tanto de forma instantánea como más o menos periódicamente durante el giro del rotor. Además de las diferentes velocidades y direcciones del viento, se pueden observar vórtices de aire, sombras y cargas localmente fuertes de los álabes con las correspondientes fuerzas de peso. Muchas de estas dificultades ya están minimizadas por los llamados rotores orientados a sotavento, es decir, un rotor dispuesto en el lado de la góndola que está en sentido contrario al viento. Una geometría de dos o cuatro álabes asegura que el diseño sea mucho menos complejo que los típicos sistemas de tres álabes.
- 20 Debe evitarse en la medida de lo posible la pérdida de rendimiento debido a unas condiciones de funcionamiento no óptimas. Por ejemplo, se suele realizar un seguimiento motorizado del rotor en caso de desviaciones angulares entre el eje del rotor y la dirección del viento, es decir, cambios en la dirección del viento o el cambio de sentido de giro de la góndola, ya que de lo contrario la potencia del sistema se reduce considerablemente. En el estado de la técnica, un denominado motor de seguimiento suele estar unido a la góndola con este fin y puede hacer girar toda la góndola alrededor de un eje vertical para seguir la dirección del viento.
- 25 El documento WO 2005/090781 A1 muestra un aerogenerador en el que la carga se reduce modificando de manera cíclica de los ángulos de ataque de los álabes. Del documento EP 2 154 363 A1 se conoce un sistema de apoyo a los giros de la góndola por medio de las fuerzas del viento. El documento DE 196 45 581 A1 revela anillos giratorios sin centro para las góndolas de los aerogeneradores. Del documento EP 0 110 807 A1 se conoce un sistema para amortiguar las vibraciones periódicas de la góndola de un aerogenerador.
- 30 La desventaja es que se requiere energía para este reajuste. Además, las fuerzas que se producen son tan grandes que una velocidad de seguimiento alta y un consumo de energía bajo suelen excluirse mutuamente. En general, se debe hacer posible el funcionamiento continuo de un aerogenerador en condiciones óptimas de funcionamiento con el menor número posible de variables de control.
- 35 El objetivo en el que se basa la invención consiste en definir un aerogenerador y un procedimiento correspondiente de funcionamiento que supere las desventajas descritas del estado de la técnica.
- 40 Con un procedimiento con las características de la reivindicación 1 se consigue el objetivo subyacente. En primer lugar, se determina una desviación angular de la posición de la góndola con respecto a una posición nominal. El procedimiento se caracteriza porque el ángulo de ataque de cada uno de los álabes del rotor se ajusta de forma individual y/o continua. Este ajuste se realiza de tal manera que se gira la góndola para seguir el eje del rotor hasta la posición nominal. Para ello aprovecha el hecho de que diferentes fuerzas pueden actuar sobre diferentes álabes cambiando el ángulo de ataque de los álabes. Se ajusta entonces el ángulo de ataque de dos álabes del rotor en lados opuestos de manera diferente a la vertical, de modo que se produce el momento de guiñada resultante debido a las diferentes fuerzas. En total, esto da como resultado un par motor que actúa sobre la góndola, de modo que gira alrededor del eje vertical si los álabes están ajustados de manera correcta. Preferentemente, así se logra un seguimiento de la góndola en la dirección del viento. Además, un control existente del ángulo de ataque del álabe se usa para adaptarse a las diferentes velocidades del viento. Por consiguiente, el ángulo de ataque de los álabes, es decir, el ángulo de giro de los álabes del rotor en relación con el plano de giro del rotor, se ajusta dinámicamente durante el giro del rotor. Debido a los grandes diámetros del rotor y a las correspondientes bajas velocidades de giro con períodos de al menos un segundo, normalmente varios segundos por revolución, es posible un ajuste dinámico e individual, es decir, separado del ángulo de ataque de los álabes del rotor por cada uno de ellos.
- 45 Preferentemente, el giro de la góndola se lleva a cabo mediante las fuerzas del viento y/o de un motor. Si se supera una desviación angular predeterminada de la posición de la góndola con respecto a la posición nominal, un valor límite,

para el seguimiento se prefiere el giro mediante un motor de la góndola. La desviación angular afecta a ambas direcciones de giro de la góndola. El valor límite puede definirse de antemano, aunque puede obtenerse por razones técnicas en particular. Un ángulo de la góndola de 90° con respecto a la dirección del viento, por ejemplo, hace que el plano de giro del rotor sea paralelo a la dirección del viento, de modo que prácticamente ya no se puede accionar el rotor. Un giro con motor se lleva a cabo preferentemente al menos hasta que la desviación del ángulo cae por debajo de la desviación de ángulo predeterminada. En particular, se puede realizar un seguimiento motorizado al menos hasta que pueda surtir efecto un nuevo seguimiento por medio de la energía eólica. De manera más preferente el giro motorizado se lleva a cabo al menos hasta que se alcanza la posición nominal. De esta manera se asegura que las fuerzas del motor realicen el seguimiento en caso de desviaciones demasiado grandes, que no, o solo con dificultades, pueden ser compensadas por medio de un giro debido únicamente a la fuerza del viento. Por debajo de la desviación angular predeterminada, tanto las fuerzas motrices como las fuerzas del viento pueden ser usadas para el seguimiento.

De manera particularmente preferente, hay que amortiguar el giro de la góndola al menos temporalmente. La amortiguación, en especial la fuerza de la amortiguación, se puede regular. Preferiblemente la amortiguación se hace por medio de al menos un elemento de amortiguación. El elemento de amortiguación tiene en particular un efecto de amortiguación que puede ajustarse y/o controlarse, preferentemente la fuerza de amortiguación. Una amortiguación sirve al mismo tiempo para mantener una góndola de giro libre alineada de manera estable y para poder seguir a las fuerzas del viento causadas por un cambio en el ángulo de ataque del álabe para causar la torsión de la góndola. La amortiguación es necesaria para evitar el giro libre e involuntario de la góndola. La amortiguación es preferentemente proporcionada por un motor, especialmente un motor eléctrico, un sistema hidrodinámico, especialmente un embrague hidrodinámico y/o un freno.

Además, de manera preferente, se ajustan dos álabes del rotor dispuestos en sentido contrario en el buje del rotor cuando se cambia el ángulo de ataque respectivo, al menos esencialmente en relación con cada uno de ellos en direcciones opuestas y/o opuestas, preferiblemente al mismo tiempo. Esto compensa al menos parcialmente los pares de torsión preferentemente causados por el cambio del ángulo de ataque del álabe. Además, por ejemplo, cuando los álabes opuestos del rotor pasan de un semiespacio vertical al otro, es decir, cuando los álabes del rotor pasan por un punto cero superior o inferior durante el giro del rotor, se requiere un ajuste correspondiente de la posición de los álabes al otro semiespacio respectivo para cada uno de los álabes del rotor.

La posición preferida de la posición nominal de la góndola es una orientación relativa a y/o en la dirección del viento y/o un ángulo o intervalo de ángulos entre el eje del rotor y la dirección del viento. Se prefiere especialmente la alineación del eje del rotor al menos esencialmente en o paralelo a la dirección del viento. En este caso el rotor alcanza su rendimiento óptimo. En particular, el seguimiento se lleva a cabo para minimizar la desviación angular entre la dirección del viento y la posición actual de la góndola. Se prefiere especialmente la medición de la dirección actual del viento y/o del ángulo de giro actual de la góndola, especialmente la alineación, en relación con la torre y/o la dirección del viento. Esta medición se realiza en particular para determinar una desviación angular, preferentemente mediante un dispositivo de control. Sobre la base de la medición, se calcula entonces la correspondiente desviación angular a fin de determinar los parámetros adecuados para controlar los parámetros de funcionamiento del aerogenerador. En particular, se usan dispositivos de medición mecánicos, eléctricos y/o basados en la radiación para medir la dirección del viento. Preferentemente se usan indicadores de viento, preferiblemente con anemómetro, radar, LIDAR o similares. Alternativamente o además de ello, la posición relativa de la góndola con respecto a la dirección del viento, es decir, la desviación angular, también puede determinarse calculando la carga de los álabes del rotor. Esto se basa en las diferentes cargas sobre los álabes del rotor, especialmente en las diferentes posiciones de giro del rotor, con el fin de sacar conclusiones sobre la posición relativa de la góndola con respecto al viento.

También de manera preferente se determina una posición actual o una posición real de la góndola y/o una desviación angular de la góndola en relación con una posición nominal. Esta determinación o la determinación de la desviación angular es particularmente preferible que sea esencialmente continua. Además, preferentemente, esto se lleva a cabo para el control individual del ajuste del ángulo de ataque del álabe. El ángulo o los ángulos de ataque del álabe se determinan en función de los resultados de las mediciones y/o, en particular, de los datos básicos descritos y se ajustan en consecuencia. Esto se hace preferentemente para asegurar un control óptimo de los parámetros de funcionamiento.

En una realización preferida de la invención, el ángulo de ataque de cada uno de los álabes se cambia para reducir la carga del aerogenerador, en particular de los álabes del rotor. Para ello se determina la carga actual de al menos un componente del aerogenerador, preferentemente al menos uno, en particular de cada uno de los álabes del rotor. Preferentemente se realiza una medición de la carga de al menos un álabe del rotor, en particular midiendo la flexión del álabe, preferentemente mediante una medición de la tensión. En particular, se usa por lo menos un medidor de tensión para este fin. Para ello, preferiblemente se proporciona al menos un medidor de tensión para cada uno de los álabes del rotor. El control individual de los ángulos de ataque de los álabes puede garantizar una reducción de la carga sobre los componentes del aerogenerador. Se hace posible entonces una reacción continua y periódica, es decir, cíclica, a los parámetros de funcionamiento actuales, tales como la desviación de los álabes, en particular debido a cargas regulares y/o irregulares, por ejemplo, mediante las corrientes de viento.

El objetivo la invención también se consigue con un aerogenerador con las características de la reivindicación 9. Este

aerogenerador está configurado en particular para llevar a cabo el proceso descrito anteriormente. El aerogenerador tiene un rotor con al menos un álabe del rotor y preferiblemente dos o cuatro álabes. El álabe del rotor está montado en una góndola que gira horizontalmente. Cada álabe del rotor está montado en el buje del rotor para que pueda girar sobre su eje longitudinal independientemente de los otros álabes del rotor. Se proporciona al menos un dispositivo para el giro individual de cada uno de los álabes del rotor alrededor de su eje longitudinal para cambiar el ángulo de ataque de los álabes. Además, el aerogenerador tiene un dispositivo de medición para determinar la posición real de la góndola y/o la desviación de la posición de la góndola con respecto a una posición nominal. El aerogenerador se caracteriza porque la góndola puede girarse ajustando y cambiando el ángulo de ataque de al menos una pala del rotor para minimizar la desviación de la posición nominal y/o alcanzar una posición nominal. En particular, se pueden girar los álabes del rotor alrededor de su eje longitudinal para cambiar el ángulo de ataque de los álabes de tal manera que se logre un momento de guiñada y un giro de la góndola alrededor de su eje vertical. Esto tiene por objeto reducir al mínimo la desviación de la posición de la góndola con respecto a la posición nominal o reducir al mínimo la carga sobre los componentes del aerogenerador.

Preferentemente, se proporciona al menos un dispositivo de medición para determinar la dirección actual del viento y/o determinar la posición o el giro actuales de la góndola y/o la carga en al menos un componente del aerogenerador. En particular, se deben considerar los dispositivos de medición mencionados anteriormente. Se prefiere un sistema de control para determinar la desviación y/o el cambio dinámico de los respectivos ángulos de ataque de los álabes, preferiblemente mediante al menos un dispositivo de control. Sobre la base de los valores medidos determinados por medio de los dispositivos de medición, se puede llevar a cabo un control dinámico de los parámetros de funcionamiento del aerogenerador. Preferentemente, el control se realiza en los parámetros de funcionamiento óptimos ya descritos anteriormente.

Además, se prefieren en cada caso dos álabes del rotor dispuestos uno frente al otro en el buje del rotor, que pueden girarse al menos sustancialmente en exactamente la misma dirección y/o en direcciones opuestas, preferentemente al menos sustancialmente de forma simultánea, preferentemente en valores comparables. Esto permite una compensación al menos parcial de los pares motores de los álabes del rotor durante un giro correspondiente.

El objetivo de la invención también se consigue con un dispositivo de control para un aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores. El dispositivo de control está diseñado para incorporar las características descritas anteriormente como obligatorias y/o opcionales para controlar el aerogenerador. Sirve principalmente para controlar el aerogenerador en o dentro del intervalo de funcionamiento óptimo y en particular para mantenerlo.

A continuación, se describe con más detalle un ejemplo preferido de la invención usando las figuras del dibujo. Se muestra en este dibujo:

Fig. 1 una representación de un aerogenerador según la invención en una vista en perspectiva,
 Fig. 2 una vista del aerogenerador de la Fig. 1 en una vista en planta desde arriba,
 Fig. 3 una sección del cojinete de la góndola con la mecánica correspondiente, y
 Fig. 4 una vista lateral parcial de la mecánica relacionada con el giro de la góndola.

Un aerogenerador 10 comprende un dispositivo de soporte, como en particular una torre 12, en cuyo extremo superior está dispuesta la llamada góndola 14. La góndola 14 tiene una carcasa 16, en cuyo interior se disponen normalmente diferentes equipos técnicos que no se muestran aquí, como en particular una caja de cambios, un generador, equipos de control y similares.

Como elemento esencial, la góndola 14 lleva el rotor 20, aquí con dos álabes del rotor 22 y 24, que están unidos por un lado a un buje central del rotor 26. El rotor 20 está configurado para girar con el viento y así impulsar un generador correspondiente para producir energía eléctrica. Para ello, los álabes del rotor 22 y 24 tienen una forma aerodinámica en sección transversal. El sentido de giro del rotor 20 se indica con las correspondientes flechas en la figura 1. El rotor 20 gira alrededor del eje del rotor 28 en el plano comprendido por estos álabes del rotor 22, 24 y una línea recta que es simultáneamente perpendicular a los álabes del rotor 22 y 24 o al eje de los álabes 30 y al eje del rotor 28.

En el presente caso, el aerogenerador 10 es un denominador generador de dos álabes, o generador bipala. Esto significa que el rotor 20 tiene exactamente dos álabes del rotor 22 y 24. Por razones de simetría, los álabes del rotor 22 y 24 están dispuestos esencialmente perpendiculares al eje del rotor 28 y en línea recta, el llamado eje de álabes 30, que a su vez atraviesa el centro del buje del rotor 26. El eje del rotor 28 discurre esencialmente en dirección longitudinal a través de la carcasa 16 de la góndola 14 y, por lo general, al menos esencialmente en dirección horizontal.

Los álabes del rotor 22 y 24 están dispuestos de tal manera que pueden girar alrededor del eje de álabes 30. Para ello, en la zona del buje del rotor 26 se han previsto los correspondientes cojinetes de álabe 32. La capacidad de giro se indica en las figuras mediante las correspondientes flechas anulares.

El aerogenerador 10 aquí descrito es un denominado rotor orientado a sotavento. Esto significa que el rotor 20 gira en

el lado opuesto del aerogenerador 10, es decir, el viento pasa primero sobre la góndola 14 y luego golpea el rotor 20 en la parte posterior, por así decirlo. Esto se indica mediante la flecha 34, que es la dirección principal del viento. En principio, sin embargo, la invención descrita es también aplicable a los llamados rotores de barlovento, es decir, a los aerogeneradores con un rotor orientado hacia el viento.

5 Los álabes del rotor 22 y 24 se doblan en el área de los extremos de álabes 36 y 38 de acuerdo a la respectiva carga de viento en el sentido de la dirección del viento principal, como lo indica la flecha 34. Por esta razón, los llamados extensómetros 40 suelen estar dispuestos en la zona de la superficie de los álabes del rotor 22 y 24 para determinar la desviación de estas álabes. Dado que las bandas extensométricas 40 se encuentran al menos en la zona de los
10 extremos de álabes 36 y 38, que están muy cargadas, pero por lo general esencialmente a lo largo de toda la longitud de los álabes del rotor 22 y 24, lo cual permite medir la desviación de los álabes. Si es necesario, también se pueden colocar bandas extensométricas 40 a ambos lados de los álabes del rotor 22, 24, por ejemplo, para poder registrar con mayor precisión los movimientos oscilatorios de los álabes.

15 Para el giro de los dos álabes del rotor 22 y 24, en el área de los álabes del rotor 22 y 24, del buje del rotor 26 y de la góndola 14 respectivamente, hay dispuestos dispositivos de ajuste para el giro de los álabes del rotor 22 y 24 alrededor del eje de los álabes 30. Normalmente se trata de un ajuste motorizado, en particular hidráulico y/o electromotriz. Además, los álabes del rotor 20 y 24 son ajustables por separado e independientemente. Para ello, se puede proporcionar tanto un dispositivo de ajuste común como dispositivos de ajuste separados.

20 La góndola 14 está montada de manera que puede girar alrededor del eje de giro de la góndola 18 en relación con la torre 12 del aerogenerador 10. Esto se logra mediante un anillo de rodamiento interno 42, que está rodeado por un anillo de rodamiento exterior 44. El anillo de rodamiento exterior 44 está unido a la sección final superior de la torre 12. El anillo de rodamiento interno 42 está montado en la góndola 14. El anillo de rodamiento interior 42 puede
25 desplazarse sobre el anillo de rodamiento exterior 44 con los medios de rodamiento adecuados, en particular rodamientos de bolas o de rodillos, de modo que se monten de manera que puedan girar en particular unos contra otros. El anillo de rodamiento interno 42 está encajado en el círculo interno del anillo de rodamiento exterior 44. Entremedias se usan medios de apoyo 56, tales como, por ejemplo, bolas o rodillos, y, si es necesario, espaciadores 58. Por consiguiente, la góndola 14, junto con el anillo de rodamiento interior 42 y el anillo de rodamiento exterior 44, se monta en la torre 12 para que pueda girar con bajo rozamiento.

Una rueda dentada 48 está unida por medio de un eje 52 a una unidad motriz 54, que está montada en la góndola 14 de modo que puede girar. La unidad 54 contiene varios componentes que no se muestran en detalle aquí. Por un lado, el eje 52 está unido a un engranaje. Esta transmisión está conectada a un motor eléctrico a través de un acoplamiento hidrodinámico.
35

En el modo de funcionamiento para accionar la góndola 14, se hace funcionar el motor eléctrico mientras el embrague hidrodinámico está activado. Así, la potencia del motor eléctrico se transmite, a través de la caja de cambios y rueda dentada 48, a la corona dentada 46. Esto hace que la góndola gire en relación con la torre 12.
40

Cuando funciona como elemento de amortiguación 50, el motor eléctrico está bloqueado. Esto significa que el engranaje 48 sólo puede girarse contra la resistencia del acoplamiento hidrodinámico. Esto conduce a una amortiguación del giro de la góndola 14 por la fuerza de frenado del acoplamiento hidrodinámico. Por lo tanto, la rueda dentada 48 y la unidad motriz 54 conjuntamente se denominan también elemento de amortiguación 50.
45

El procedimiento según la invención funciona preferentemente de la siguiente manera: ya que una desviación del rotor 20 con respecto a la posición óptima en la dirección del viento causa una pérdida de rendimiento, se determina esta posición relativa, es decir, la llamada desviación angular. Como eje relevante del rotor 20 se usa el eje del rotor 28 que discurre de manera centrada por el buje del rotor 26 y que al mismo tiempo es el eje de giro del rotor.
50

Se puede usar un dispositivo de medición de la dirección del viento para determinar la posición relativa actual del rotor 20 o de la góndola 14 con respecto a la dirección del viento. El dispositivo de medición puede fijarse a la góndola 14 o a una parte estacionaria o no giratoria del aerogenerador 10, como en particular a la torre 12, o a un soporte externo. El instrumento de medición puede ser una veleta, posiblemente con un anemómetro, un radar, un LIDAR (Light Detection And Ranging) o similar. Además, se pueden sacar conclusiones sobre la dirección del viento midiendo las diferentes cargas de viento en los álabes del rotor 22, 24 y la diferente curvatura resultante de los álabes. Este procedimiento de medición puede usarse por separado o en combinación con los procedimientos conocidos de medición de la dirección del viento.
55

La fijación en la góndola giratoria 14 que gira conjuntamente ofrece la ventaja de que el dispositivo de medición de la dirección del viento ya indica una desviación sin una medición adicional de la posición de la góndola. En el caso de una medición estacionaria de la dirección del viento, por ejemplo, en la torre 12, la posición de la góndola 14 con respecto a la torre 12 debe determinarse adicionalmente para calcular la desviación entre la posición de la góndola y la dirección del viento. El ángulo medido o calculado entre el eje del rotor 26 y la dirección del viento se denomina desviación. La desviación se determina preferentemente de forma periódica y en una secuencia corta para disponer
60
65

de la desviación actual en cualquier momento, por ejemplo, cuando cambia la posición del eje del rotor 46 o la dirección del viento.

5 En un paso posterior del proceso se determina si la desviación está dentro de los límites predefinidos. Basándose en esto, se puede tomar una decisión sobre los medios a usar para el seguimiento de la góndola 14. Por un lado, se puede usar el seguimiento motorizado, por otro lado, sin embargo, también es posible el seguimiento por medio de la energía eólica. Si la desviación está por debajo de los límites predefinidos, se suele iniciar el seguimiento por medio de la energía eólica, de lo contrario se usa un seguimiento motorizado al menos parcial.

10 Además, el seguimiento motorizado se usa si, de manera transitoria, los múltiples giros completos de la góndola 14 en una única dirección de giro alrededor del eje de giro de la góndola 18 han causado que los cables que proceden de ella se retuerzan dentro de la torre 12. Para liberar esta torsión, se realiza si es necesario un giro motorizado en la dirección opuesta.

15 Los valores límite para un sistema de seguimiento operado por viento se definen normalmente como desviaciones angulares a ambos lados de entre 5° y 90°, normalmente menos de aproximadamente 60°. Por debajo de eso, el seguimiento únicamente por medio de la energía eólica es posible sin dificultad. Por encima de esto, se puede realizar un seguimiento completo a motor. Como alternativa, el seguimiento puede llevarse a cabo hasta el intervalo especificado para el seguimiento impulsado por el viento, es decir, hasta que la desviación sea menor que la desviación angular máxima especificada. Sin embargo, por lo menos, el seguimiento motorizado suele realizarse por encima de una desviación angular de unos 90°, porque entonces el rotor 20 que gira perpendicularmente a la dirección del viento prácticamente ya no experimenta ningún impulso. Por lo tanto, en esta posición, el seguimiento basado en la energía eólica ya no puede funcionar.

25 Aquí se realiza un seguimiento motorizado mediante un motor eléctrico. Un motor eléctrico de este tipo puede estar instalado ya como parte del elemento de amortiguación 50. Como accionamiento, el motor funciona de tal manera que la góndola 14 gira en relación con la corona dentada 46 en el anillo de rodamiento exterior 44 y, por tanto, en relación con la torre 12, a través de la rueda dentada 48. Este giro se mantiene hasta que la desviación angular de la góndola 14 en relación con la dirección del viento es menor que el valor límite especificado o incluso se reduce prácticamente a cero.

35 El seguimiento impulsado por el viento es causado por un ajuste individual del ángulo de ataque de los álabes del rotor 22 y 24, el llamado ajuste individual de inclinación del álabes ("individual pitch control" (IPC)). Para ello, los ángulos de ataque de los dos álabes del rotor 22 y 24 se modifican independientemente uno del otro de tal manera que el momento de guiñada resultante, es decir, un par motor, actúa sobre la góndola 14. Esto se realiza girando los álabes del rotor 22, 24 alrededor de su eje de álabes 30. Para ejercer fuerzas opuestas, se requiere un giro en sentido contrario de los álabes del rotor 22, 24, especialmente alrededor del mismo ángulo de giro, pero opuesto. El momento de guiñada resultante debido a las fuerzas del viento hace que la góndola 14 gire y así proporciona un seguimiento para reducir la desviación angular. El elemento amortiguador 50 también sirve para retrasar el giro de la góndola 14, que puede girar libremente en relación con la torre 12.

45 En detalle, el ajuste individual del ángulo de los álabes (IPC) funciona de la siguiente manera: Primero se determina la posición relativa actual de la góndola 14 con respecto a la dirección actual del viento 60, es decir, una posible desviación angular 62. Esto puede hacerse de las maneras descritas anteriormente, por ejemplo, midiendo la dirección del viento o cargando los álabes. Si se determina una desviación angular entre la dirección actual del viento 60 y el eje del rotor 28, la unidad de control inicia un seguimiento mediante el ajuste del ángulo de los álabes. Los álabes del rotor 22 y 24 están, como se ha descrito anteriormente, montados de manera giratoria alrededor de su propio eje longitudinal, es decir, el eje de los álabes 30, para ajustar el ángulo de ataque de los álabes.

50 **0040]** El giro de los álabes del rotor 22 y 24 se produce entonces en direcciones opuestas, de modo que los dos álabes 22 y 24 ejercen sobre la góndola 14 fuerzas de viento resultantes opuestas 64 y 66 respectivamente a través del eje del rotor 28. Con ello, se ejerce un par motor o el llamado momento de guiñada 68 en la góndola 14. La góndola 14 gira así en la dirección del momento de guiñada ejercido 68, de modo que la desviación angular 62 actual se reduce por medio de este seguimiento. La medición y el seguimiento se realizan por el sistema de control de manera casi continua o con una alta tasa de repetición, es decir, en particular, de varias a muchas veces por segundo. Esto permite al sistema de control reaccionar en cualquier momento a las condiciones cambiantes del viento.

Lista de signos de referencia

10	Aerogenerador	68	Momento de guiñada
12	Torre		
14	Góndola		
16	Carcasa		

ES 2 797 623 T3

18	Eje de giro de la góndola		
20	Rotor		
22	Álabe del rotor		
24	Álabe del rotor		
26	Buje del rotor		
28	Eje del rotor		
30	Eje de álabe		
32	Cojinete del álabe		
34	Flecha		
36	El extremo de la cuchilla		
38	Extremo del álabe		
40	Bandas extensométricas		
42	Anillo de rodamiento interno		
44	Anillo de rodamiento exterior		
46	Corona dentada		
48	Rueda dentada		
50	Elemento amortiguador		
52	Eje		
54	Unidad de accionamiento		
56	Medio de apoyo		
58	Espaciador		
60	Dirección del viento		
62	Desviación angular		
64	Fuerza de viento		
66	Fuerza del viento		

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Procedimiento de funcionamiento de un aerogenerador (10) con un rotor (20) montado en una góndola (14) montada de forma giratoria y que tiene al menos un álabe del rotor, preferentemente dos o cuatro álabes del rotor (22, 24), estando durante su funcionamiento los álabes del rotor del aerogenerador (1), que está configurado como un rotor orientado a sotavento, expuestos al viento en el lado de la góndola orientado en sentido contrario al viento, y determinándose una desviación angular (62) de la posición de la góndola con respecto a una posición nominal o situación nominal, caracterizado porque el ángulo de ataque de cada uno de los álabes del rotor (22, 24) se ajusta individualmente y/o de forma continua de tal manera que un giro de la góndola (14) para seguir al eje del rotor (28) se efectúa por medio de un momento de guiñada (68) causado por las fuerzas del viento en la posición nominal, amortiguándose el giro de la góndola (14) al menos temporalmente por medio de al menos un elemento de amortiguación (50).
- 15 **2.** Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque cuando se supera una desviación angular predeterminada (62) de la posición de la góndola (14) con respecto a la posición nominal, se produce un giro motorizado de la góndola (14), preferentemente al menos hasta que la desviación angular cae por debajo de la desviación angular predeterminada, en particular preferentemente al menos sustancialmente hasta que se alcanza la posición nominal.
- 20 **3.** Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el elemento amortiguador (50) tiene un efecto de amortiguación ajustable, en donde preferentemente se pueden ajustar la fuerza y/o la dirección de amortiguación, preferentemente de forma continua.
- 25 **4.** Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada dos álabes del rotor (22, 24), dispuestos en posiciones opuestas en el buje del rotor (26), se ajustan al menos sustancialmente de manera relativa entre sí en direcciones opuestas y/o en sentidos opuestos, mediante el giro de los álabes del rotor (22, 24), cuando se cambia el ángulo de ataque de los álabes, preferentemente para compensar los pares motor causados por ello.
- 30 **5.** Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como posición nominal de la góndola (14) se toma como base una orientación relativa hacia y/o en la dirección del viento (60) y/o un ángulo o un intervalo angular entre el eje del rotor (28) y la dirección del viento (60), preferentemente con una orientación del eje del rotor (28) al menos sustancialmente en la dirección del viento (60).
- 35 **6.** Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se realiza una medición de la dirección actual del viento (60) y/o del ángulo actual de giro de la góndola (14), en particular la orientación con relación a la torre (12) y/o a la dirección del viento (60), en particular para determinar una desviación angular (62), preferentemente mediante un dispositivo de control, en donde se usa preferentemente un aparato de medición para medir la dirección del viento (60).
- 40 **7.** Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se determina una posición real de la góndola y/o una desviación del ángulo de la góndola respecto de una o de la posición nominal, preferentemente al menos de forma sustancialmente continua y/o para regular el ajuste del ángulo o de los ángulos de ataque de los álabes.
- 45 **8.** Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el ángulo o los ángulos de ataque de cada uno de los álabes del rotor (22, 24) se modifican individualmente para reducir la carga sobre el aerogenerador (10) o sus componentes, en particular los álabes del rotor (22, 24), en el que preferentemente se lleva a cabo una determinación de la carga actual sobre al menos un componente del aerogenerador (10), preferentemente de al menos uno, en particular de cada uno de los álabes del rotor (22, 24), en particular mediante una medición de la flexión de los álabes, preferentemente mediante una medición de la dilatación, en particular mediante al menos una banda extensométrica (40).
- 50 **9.** Aerogenerador, en particular para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, con un rotor (20) montado en una góndola (14) montada de modo que puede girar horizontalmente y que tenga al menos un álabe del rotor, preferentemente dos o cuatro álabes del rotor (22, 24), en donde cada uno de los álabes del rotor (22; 24) está montado en el buje del rotor (26) de manera que pueda girar alrededor su eje longitudinal, el eje de los álabes (30), independientemente de los restantes álabes del rotor (22, 24), con al menos un dispositivo para girar individualmente cada uno de los álabes del rotor (22, 24) alrededor de su eje longitudinal para cambiar el ángulo de ataque de los álabes, en donde durante el funcionamiento los álabes del rotor del aerogenerador (1), que está diseñado como un rotor orientado a sotavento, están expuestos al viento en el lado de la góndola orientado en sentido contrario al viento, y con un dispositivo de medición para determinar la posición real de la góndola (14) y/o la desviación angular (62) de la posición de la góndola (14) con respecto a una posición nominal, caracterizado porque la góndola (14) puede girar ajustando y/o cambiando el ángulo de ataque de los álabes de al menos uno de los álabes del rotor (22, 24) por medio de un momento de guiñada (68) causado por las fuerzas del viento, para minimizar la
- 55
- 60
- 65

desviación angular (62) de la posición nominal y/o para alcanzar una posición nominal, estando previsto al menos un elemento amortiguador (50) para amortiguar el giro de la góndola.

- 5 **10.** Aerogenerador según la reivindicación 9, caracterizado porque hay previsto al menos un dispositivo de medición para determinar la dirección actual del viento (60) y/o un dispositivo de medición para determinar la posición o el giro actuales de la góndola y/o la carga en al menos un componente o una parte integrante del aerogenerador (10), estando previsto preferentemente un dispositivo de control para determinar la desviación angular (62) y/o el cambio dinámico y/o individual de cada uno de los ángulos de ataque.
- 10 **11.** Aerogenerador según las reivindicaciones 9 o 10, caracterizado porque cada uno de los dos álabes del rotor (22, 24) dispuestos una frente al otro en el buje del rotor, puede girar en al menos sustancialmente la misma dirección o en direcciones opuestas.
- 15 **12.** Dispositivo de control para un aerogenerador (10) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

20

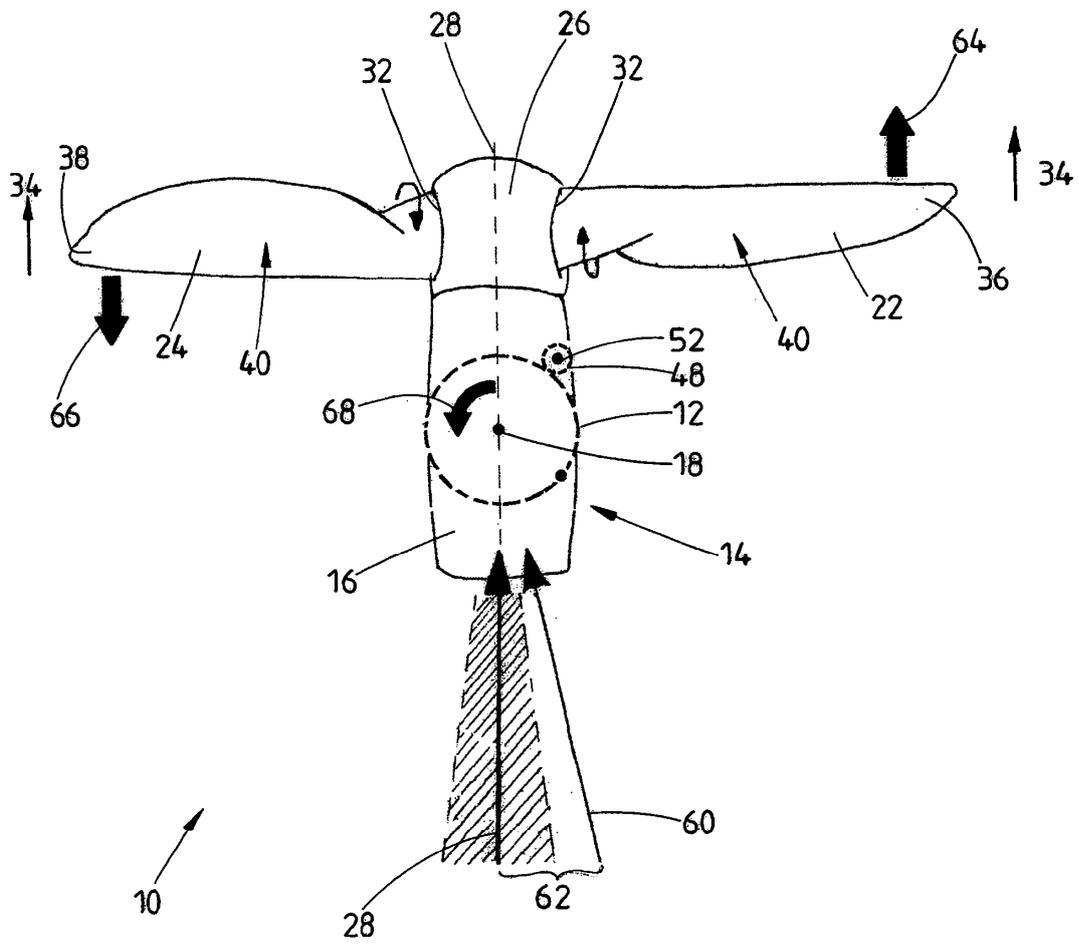


Fig. 2

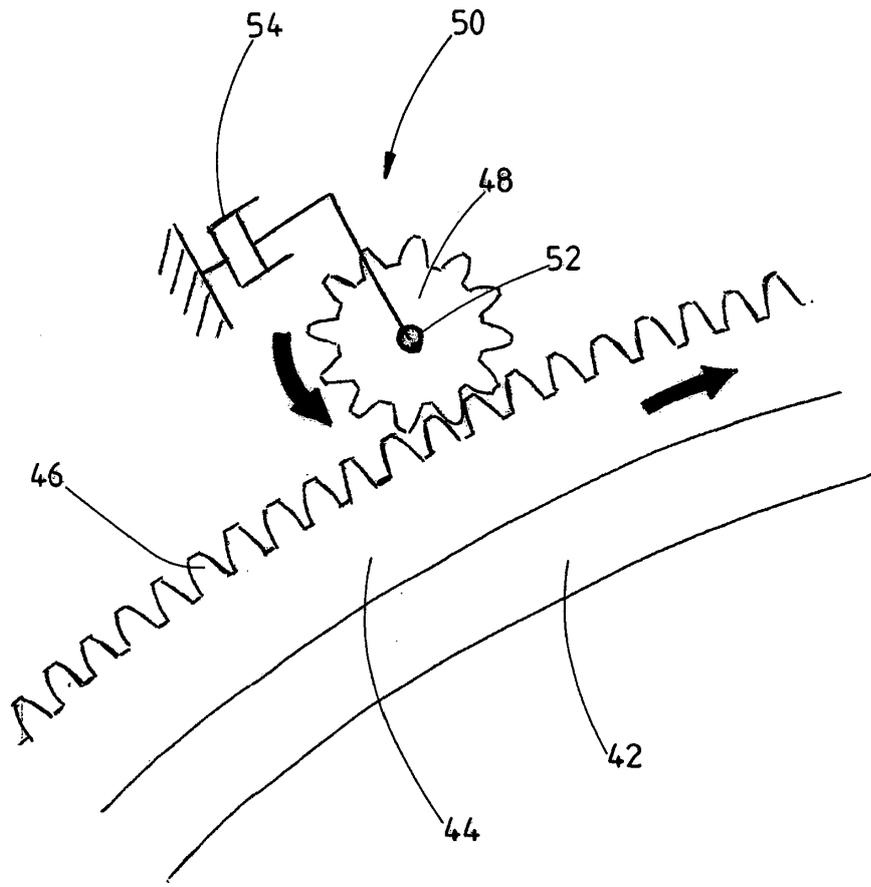


Fig. 3

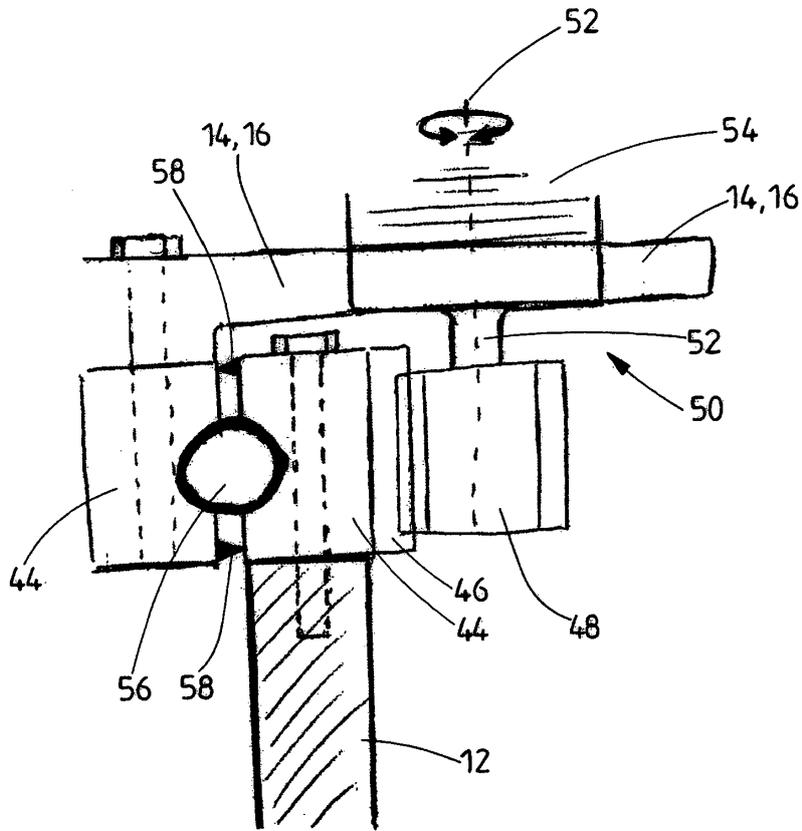


Fig. 4