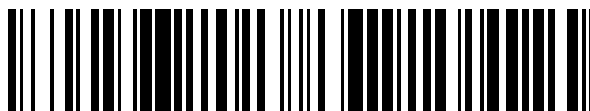


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 638**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2010 E 10708968 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2404058**

54 Título: **Sistema de guiñada para un aerogenerador**

30 Prioridad:

**05.03.2009 SE 0950127**  
**11.06.2009 US 186211 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.07.2016**

73 Titular/es:

**GE WIND ENERGY (NORWAY) AS (100.0%)**  
**Karenslyst Alle 2**  
**0278 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**BJORK, MIKAEL;**  
**WICKSTROM, ANDERS y**  
**HAAG, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 578 638 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

Sistema de guiñada para un aerogenerador

5 La presente invención se refiere a un sistema de guiñada para un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador una torre y una góndola, estando unidas la torre y la góndola por el sistema de guiñada, y comprendiendo el sistema de guiñada adicionalmente un cojinete fijo a la torre, sobre el que la góndola descansa y se desliza en un movimiento de guiñada, y al menos un motor de guiñada dispuesto para permitir a la góndola llevar a cabo un movimiento de rotación a lo largo del cojinete. La invención también se refiere a un procedimiento para controlar la guiñada de un aerogenerador, que comprende las etapas de determinar un punto de ajuste para el aerogenerador, determinar un error de guiñada basado en el punto de ajuste y una alineación actual del aerogenerador, determinar un tamaño y dirección de un par basándose al menos en el error de guiñada, y aplicar el par a al menos un motor de guiñada de un sistema de guiñada, para hacer girar la turbina.

10 Cuando se usa un aerogenerador para generar energía eléctrica, en la mayoría de los casos es deseable posicionar la turbina perpendicular a la dirección del viento, o lo más cercana a una posición perpendicular como sea posible. Si la dirección del viento cambia, de manera que la turbina ya no esté perpendicular o cercana a estarlo, sino más bien en paralelo a la dirección del viento, se pierde una cantidad significativa de energía dado que se disminuye la capacidad del viento para provocar una rotación de las palas. Además, una dirección del viento inadecuada provoca un aumento no deseado de la carga en el aerogenerador, y esto puede resultar en un aumento del deterioro por uso, así como un mayor riesgo de daños serios a los componentes del aerogenerador.

15 Se conocen intentos previos de soluciones a este problema, tal como muestra el documento EP 1 571 334 (Gamesa Eolica), en el que se utiliza un sistema de guiñada de turbina eólica para hacer girar la góndola de un aerogenerador, a fin de mantener la turbina encarada hacia el viento. Con el fin de lograr esto, un sensor detecta la dirección del viento en relación con la de la góndola sobre la que está montada la turbina y, si el error de guiñada, es decir la diferencia entre estas direcciones, es demasiado grande, un motor de guiñada puede interactuar con una corona dentada con el fin de girar la góndola con la turbina alrededor de la torre del aerogenerador. Cuando el motor de guiñada no está en operación, se utiliza un conjunto de frenos de guiñada para mantener la góndola en la posición deseada.

20 Con el fin de utilizar el motor de guiñada, deberán aflojarse los frenos de guiñada aplicados, y puede ser difícil lograr el inicio de tal operación de movimiento sin causar arranques bruscos o vibraciones no deseadas. Una forma habitual de evitar esto es mantener el uso de al menos uno de los frenos también durante el uso del motor de guiñada, con el fin de proporcionar un movimiento más controlado. Esto requiere una potencia del motor de guiñada mayor de la necesaria para el movimiento en sí mismo, si no estuviera aplicado el freno.

25 Además, dado que el sistema de guiñada está diseñado para mantener la góndola fija (estática) en una posición hasta que se detecte un error de guiñada lo suficientemente grande, todas las cargas externas se llevan a cabo mediante los frenos de guiñada y la estructura global. El tamaño de estas cargas a menudo es desconocido y este hecho, junto con los cambios que se producen en las cargas dado que la fuerza del viento cambia rápidamente, pueden provocar daños a la turbina y al aerogenerador y, en especial, a los frenos de guiñada dado que las cargas se transfieren a modo de tensiones al material del sistema de guiñada.

30 En los documentos US7,436,083 (Shibata y col.) y JP 2006-281655 (Ebara Corp.) también se muestran sistemas similares, pero no se desvelan soluciones fiables a los problemas descritos en el presente documento. El documento DE 19 920 504 A1 desvela adicionalmente el uso de motores de accionamiento de la guiñada en el modo de frenado, para mantener una góndola en la posición fija. Por tanto, existe la necesidad de un sistema de guiñada más fiable que pueda estimar las cargas y reducir el desgaste por uso del aerogenerador, y que también pueda aumentar la energía generada a través del aerogenerador.

35 Un objeto de la presente invención es eliminar, o al menos reducir al mínimo, los problemas descritos anteriormente. Esto se logra a través de un sistema de guiñada para un aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de guiñada comprende adicionalmente un medio de control para operar de manera continua al menos un motor de guiñada, de manera que el motor de guiñada se esfuerce por maniobrar la góndola de acuerdo con un punto de ajuste. De este modo, se puede optimizar la operación del aerogenerador y minimizar los daños al aerogenerador por parte de la fuerza del viento.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención, el motor de guiñada está dispuesto para proporcionar un par tanto negativo como positivo (-M, +M), respectivamente. De esta manera, se puede girar la turbina en sentido horario, así como en sentido antihorario, utilizando el mismo sistema de guiñada, y se puede minimizar el error de guiñada de manera conveniente y fiable.

45 De acuerdo con la invención, el medio de control está dispuesto para lograr un control de cuatro cuadrantes. De este modo, se puede lograr un control cómodo y versátil sobre el sistema de guiñada y se puede hacer que el sistema de guiñada sea flexible en lugar de rígido, evitando de esta manera crear tensiones innecesarias en el propio aerogenerador o en el sistema de guiñada.

De acuerdo con otro aspecto más de la invención, al menos una propiedad de motor de guiñada del control de cuatro cuadrantes está dispuesta para usar el medio de control, para controlar un ángulo de paso de al menos una pala de la turbina. De este modo, se puede reducir la carga en la turbina y aumentar la posible producción de energía del generador. Si el aerogenerador utiliza más de una pala de turbina, el ángulo de paso de las palas puede controlarse individualmente, lo que permite ajustes del ángulo de paso que correspondan a una posición óptima de las palas con respecto a las condiciones del entorno.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el medio de control está dispuesto para detectar desequilibrios en la turbina usando, al menos, la al menos una propiedad de motor de guiñada. De este modo, pueden detectarse cualesquiera factores que contribuyan al aumento de la carga o a la disminución de la energía de salida que esté disponible en el sistema, y se puede utilizar el sistema para minimizar estos desequilibrios con el fin de optimizar adicionalmente la operación del aerogenerador.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el medio de control está dispuesto adicionalmente para determinar condiciones del viento, tales como la velocidad del viento, la dirección del viento, la cizalladura o flujo a barlovento, basándose al menos en la propiedad de motor de guiñada. De este modo, se puede utilizar el sistema de guiñada para determinar las condiciones del entorno de manera fácil y fiable.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, el sistema de control está dispuesto para reaccionar mediante la activación de una función de alarma si los desequilibrios detectados exceden un valor predeterminado. De esta manera, el aerogenerador se puede apagar si el riesgo de daños debidos al desequilibrio de la turbina es demasiado grande, o puede generarse una señal de alarma, indicativa de que se necesita mantenimiento.

La invención se describirá ahora en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 muestra una vista en perspectiva de un aerogenerador que comprende un sistema de guiñada, de acuerdo con una realización preferida de la invención,

la Fig. 2 muestra una vista en perspectiva en sección transversal de una sección del sistema de guiñada de la Fig. 1,

la Fig. 3 muestra una vista esquemática de la operación del sistema de guiñada de acuerdo con las Figs. 1 y 2,

la Fig. 4 muestra un diagrama del par motor M de los motores de guiñada del sistema de guiñada, con respecto a la velocidad angular V de las palas de turbina del aerogenerador,

la Fig. 5a muestra una vista esquemática desde arriba de una posición deseada de un aerogenerador a barlovento, con respecto a la dirección del viento,

la Fig. 5b muestra una vista esquemática desde arriba de una posición de un aerogenerador a barlovento, que necesita corrección en la dirección en sentido horario, y

la Fig. 5c muestra una vista esquemática desde arriba de una posición de un aerogenerador a barlovento, que necesita corrección en sentido antihorario.

La Fig. 1 muestra un molino 1 de viento con un sistema 5 de guiñada de acuerdo con una realización preferida de la invención, en el que una torre 2 que está montada firmemente en el suelo está unida a una góndola 3, que alberga un generador 7 de energía eléctrica (no mostrado). El generador 7 de energía comprende un generador con un eje 71 que puede hacerse girar sobre un eje A, a lo largo de la longitud de la góndola 3, y en este eje 71 está montada una turbina 4 con un cubo 42 en el a su vez están montadas al menos una pala 41 de turbina, preferiblemente dos o tres. Cuando se ajusta la góndola 3 de modo que la turbina 4 se enfrente a la dirección aproximada del viento entrante, el viento que interactúa con las palas 41 de turbina puede causar la rotación de la turbina 4, y resultar en energía eléctrica generada por el generador 7 y transferida a una red de energía, o almacenada en un medio de almacenamiento adecuado (no mostrado).

En el presente documento, el término turbina debe interpretarse como un cubo 42 que incluya al menos una pala 41 y que esté diseñado para girar sobre un eje, con el fin de generar corriente eléctrica en un generador 7 de energía u otro dispositivo adecuado para usar la energía de rotación así creada. El movimiento de rotación en sí, se lleva a cabo principalmente a través de la influencia del viento.

A fin de ajustar la dirección de la turbina 4, la góndola 3 puede girar sobre un eje B que se extiende a lo largo de la longitud de la torre 2, es decir, desde el suelo y sustancialmente vertical hacia arriba como se indica en la Fig. 1. La rotación se efectúa mediante un sistema 5 de guiñada que está situado en la unión entre la torre 2 y la góndola 3, y que comprende un cojinete 51b de guiñada que está montado en la torre 2 y dispuesto para interactuar con un cojinete 51a montado en la góndola 3. Como resultado, se permite un movimiento de rotación deslizante, en el que la góndola 3 puede girar sobre el eje B. También se puede proporcionar una pista 54 de deslizamiento en el sistema 5 de guiñada para permitir adicionalmente el movimiento de guiñada.

El movimiento de deslizamiento se crea mediante al menos un motor 52 de guiñada, pero preferiblemente entre 2 y 6, montado en la góndola 3 y dispuesto para interactuar con el cojinete 51 de guiñada de la torre 2, de manera que pueda controlarse el movimiento de deslizamiento. El al menos un motor 52 de guiñada puede actuar con un par  $M$  que es inferior o igual a un par máximo  $M_{max}$ . Al menos un sensor 53 de guiñada está montado adyacente al sistema de guiñada y está dispuesto para detectar al menos una característica, como la posición de guiñada, la velocidad o aceleración angular, de un punto sobre el sistema de guiñada, o adyacente al mismo.

También se proporciona un medio 6 de sensor de viento que puede estar montado en la góndola 3, y que puede detectar las características del viento en el lugar del molino 1 de viento. Un sistema 8 de control, situado dentro de la góndola 3, está dispuesto para controlar el sistema de guiñada y otras características de la operación del molino 1 de viento.

La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva en sección transversal de una parte del sistema 5 de guiñada, con un motor 52 de guiñada montado en la góndola 3, y que coopera con el cojinete 51 de guiñada de manera que una sección 51b, que está montada en la torre 2, y otra sección 51a que está montada en un bastidor principal y en el propio motor 52 de guiñada, puedan moverse en relación mutua, creando de ese modo el movimiento de deslizamiento de la góndola 3 con respecto a la torre 2.

En la Fig. 3 se muestra la operación del sistema 5 de guiñada, estando dispuesto el sistema 8 de control para recibir datos de entrada del sensor 6 de viento con respecto a la fuerza y la dirección  $W$  del viento entrante, y del sensor 53 de guiñada con respecto a la posición, velocidad y/o aceleración de un punto que se vea afectado por la operación del sistema 5 de guiñada, como se ha mencionado anteriormente. El punto puede estar situado en la circunferencia del cojinete exterior 51a, adyacente a un motor 52 de guiñada, o en otro lugar adecuado, tal como el interior de la góndola 3. El sistema 8 de control también recibe datos de entrada del propio motor 52 de guiñada, con respecto al actual par motor  $M$  y otras condiciones operativas, y da instrucciones al motor 52 de guiñada a modo de datos de salida. Los datos de salida pueden comprender una instrucción referente a la magnitud del par motor  $M$  deseado, y a la dirección de movimiento deseada de la góndola 3 con respecto a la torre 2.

La operación óptima del molino 1 de viento se consigue a medida que se gira la góndola 3, con la turbina 4, para apuntar en una dirección específica, a la que en el presente documento se hace referencia como punto de ajuste de guiñada. Esta dirección se puede determinar mediante la detección de la dirección del viento, u otros factores que se consideren pertinentes. Un ejemplo de punto de ajuste de guiñada puede ser lograr una guiñada del plano de la turbina 4, es decir, el plano que comprende las palas 41 de turbina, perpendicular a la dirección del viento. El punto de ajuste de guiñada también puede ser un valor que no corresponda a una alineación específica, sino a otras propiedades del sistema de guiñada, tales como por ejemplo la velocidad de guiñada, la aceleración de guiñada o el par de guiñada.

Después de decidir sobre el punto de ajuste de guiñada, se compara la dirección real de la turbina 4 con el valor de referencia y se determina la diferencia como el error de guiñada. El sistema 5 de guiñada aplica de manera continua un par  $M$  en el al menos un motor 52 de guiñada, con el fin de reducir al mínimo este error de guiñada y girar la góndola 3 y la turbina 4 hacia el punto de ajuste de guiñada. El punto de ajuste de guiñada se puede monitorizar de forma continua y volver a calcular el mismo en un momento dado, con el fin de mantener el punto de ajuste actualizado a medida que cambian la dirección del viento o la fuerza del viento, y el sistema 5 se esfuerza continuamente para minimizar el error de guiñada y alcanzar el punto de ajuste de guiñada.

La Fig. 4 muestra un diagrama del par motor  $M$  del motor de guiñada o motores 52 de guiñada con respecto a la velocidad angular  $V$  de la góndola 3, de acuerdo con un procedimiento de control de cuatro cuadrantes. El par  $M$  puede ser positivo o negativo, es decir, estar dirigido en la dirección en sentido antihorario o en sentido horario, respectivamente, dependiendo de la dirección de movimiento necesaria para alinear la turbina 4 con el viento. En la Fig. 5a se muestra esquemáticamente un ejemplo de la posición deseada en el punto de ajuste, cuando la dirección  $D$  del cubo 42 está alineada con la del viento  $W$ . En algunos casos el punto de ajuste actual puede ser diferente de aquel en el que la turbina 4 está perpendicular al viento.

Las Figs. 5a-5c indican diferentes posiciones de la góndola 3 del molino 1 de viento, con respecto a una dirección  $W$  del viento entrante. Se asume que el punto de ajuste elegido es aquel que se da cuando la dirección  $D$  de la turbina 4 y la góndola 3 es a lo largo de la línea  $W$  de la dirección del viento.

Si se requiere un movimiento en sentido antihorario, como la Fig. 5c en la que se requiere una rotación en esta dirección con el fin de encarar el viento  $W$ , se puede aplicar un par positivo  $M_a$  al sistema de guiñada, que corresponda a una velocidad angular  $V_a$  de guiñada de la góndola 3 mostrada en el primer cuadrante,  $Q1$ , del diagrama de la Fig. 4. Si se incrementa el par hacia un valor máximo  $M_{max}$ , también se incrementa la velocidad angular resultante, lo que resulta en una velocidad angular  $V_b$ . El valor absoluto de la velocidad puede depender de factores tales como la fuerza del viento o el ángulo de paso de las palas 41, así como la dirección de la góndola 3.

Al modificar el ángulo de paso de las palas 41 de turbina, puede utilizarse un control de paso colectivo para alterar colectivamente el paso de más de una pala 41, al tiempo que se utiliza un control individual de paso para modificar el paso de una sola pala 41. El control de paso colectivo se utiliza principalmente con el fin de alterar la cantidad de energía capturada del viento, mientras que el control individual de paso se utiliza para proporcionar el par de guiñada o para contrarrestar un desequilibrio en la turbina 4, entre otros. Mediante el uso de un desplazamiento, es decir, una alteración de ángulo de paso individual, puede minimizarse este desequilibrio, como se describe más adelante.

Si se requiere el movimiento en una dirección en sentido horario, como indica la Fig. 5b en la que se requiere una rotación en esta dirección con el fin de encarar el viento  $W$ , se puede aplicar un par negativo  $-M_a$ , lo que resulta en una velocidad angular  $-V_a$  de guiñada de la góndola 3, y un aumento del par negativo hacia un valor máximo,  $-M_{max}$ , dará lugar a una velocidad angular  $-V_b$  de guiñada de la góndola 3. Esto se muestra en el tercer cuadrante, Q3, del diagrama de la Fig. 4. El valor absoluto  $|V|$  de la velocidad todavía depende de varios factores, así como la dirección del cubo 42, y como consecuencia de esto,  $|V_a|$  generalmente no es igual a  $|V_b|$ , y  $|V_b|$  en general no es igual a  $|V_a|$ .

Bajo ciertas condiciones, por ejemplo, con viento muy fuerte, será necesario un par superior a  $|M_{max}|$  para hacer girar la góndola 3. En estos casos, se pueden aplicar el par máximo  $M_{max}$  o  $-M_{max}$ , respectivamente, y tratar de empujar la góndola 3 hacia el viento. Sin embargo, el movimiento resultante se dirige en la dirección opuesta debido a las condiciones del entorno. Por lo tanto, el resultado puede ser un aumento en el error de guiñada, y se representa como una velocidad  $-V_y$  en el cuarto cuadrante Q4 del diagrama, o como la velocidad  $V_b$  en el segundo cuadrante Q2, respectivamente. El sistema 5 de guiñada permite de esta manera que la góndola 3 se desvíe del punto de ajuste de guiñada siempre que el par externo de guiñada en la góndola 3 supere una capacidad permitida del motor de guiñada, es decir, cuando se apliquen el par máximo  $M_{max}$  o  $-M_{max}$ , respectivamente. Este movimiento de guiñada en sentido opuesto al punto de ajuste de guiñada, se contrarresta de este modo mediante un par motor  $M$  de guiñada.

A medida que se empuja la góndola 3 en sentido opuesto a la dirección deseada, se reduce la fuerza sobre las palas 41, ya que el cambio de dirección también cambia el ángulo de ataque de las palas 41 con respecto a la dirección  $W$ . Por lo tanto, se alcanza una posición en la que la fuerza del viento y el par máximo  $M_{max}$  están equilibrados, y en la que puede mantenerse constante la góndola 3 hasta que el viento cambie. En esta operación, se usa el par  $M_{max}$  para contrarrestar la desviación del punto de ajuste y para continuar el esfuerzo hacia el punto de ajuste. Durante dicha operación, las cargas del viento sobre el sistema son más pequeñas de lo que sería el caso si se utilizara un sistema de guiñada rígido, dado que el hecho de que el sistema de guiñada ahora sea flexible y sea capaz de orientarse con respecto al viento si la fuerza del viento entrante es muy fuerte, en realidad protege al molino 1 de viento de las cargas excesivas que de otro modo causarían tensiones o daños al sistema 5 de guiñada o a la turbina 4.

En estas operaciones, cuando la rotación de la góndola 3 se encuentra en los cuadrantes Q2 o Q4, los motores 52 de guiñada realmente operan como generadores. Esto significa que la operación en el Q2 y el Q4 genera energía. Esta energía puede tanto disiparse en resistencias, almacenarse en un acumulador, o introducirse de nuevo en la red o en la fuente de alimentación que energiza normalmente los motores de guiñada. Como la operación en el Q2 y el Q4 disipa energía, desde un punto de vista mecánico el sistema de guiñada opera como amortiguador. Este efecto amortiguador es favorable, dado que se reducen las magnitudes de movimiento y las cargas.

En velocidades extremas del viento por encima de un nivel predeterminado, o bajo otras condiciones extraordinarias, el sistema 8 de control detiene la operación del motor en el Q1 y el Q3. La velocidad deseada de la rotación de guiñada de la góndola es cero, y en estas condiciones sólo se permite la operación en el Q2 y el Q4. El resultado de este modo de operación es que la góndola 3 encontrará una posición de guiñada en la que el par de guiñada externo llega a un mínimo. Esta posición puede ser a sotavento, así como a barlovento, o cualquier posición de guiñada, y gracias a este modo de operación se disminuyen las cargas sobre la estructura global, lo que también disminuye el riesgo de daños en el aerogenerador o en el sistema 5 de guiñada.

Ahora se describirá la operación del sistema de guiñada con referencia a las figuras.

El sistema 8 de control (véase la Fig. 3) controla el sistema de guiñada, como se ha descrito anteriormente, con el motor de guiñada o motores 52 de guiñada, con el fin de alcanzar la dirección deseada mostrada por la Fig. 5a, y los motores 52 de guiñada se utilizan de forma continua con el fin de efectuar un esfuerzo hacia esta posición y/o mantener la misma. El sensor 6 de viento monitoriza la dirección del viento y la comunica al sistema de control, que también recibe la entrada del sensor 53 de guiñada que detecta la posición actual de la góndola 3, y la velocidad de rotación (dirección y velocidad) y/o la correspondiente aceleración de la góndola 3. Mediante el uso de estas entradas, el sistema 8 de control decide qué par  $M$  es adecuado en ese momento, y lo comunica al motor de guiñada o motores 52 de guiñada. El proceso de guiñada es continuo, y el sistema 8 de control altera el par  $M$  según sea necesario con el fin de girar la góndola 3 y minimizar el error de guiñada. Desde el motor 52 de guiñada se envían continuamente datos referentes al par  $M$  y a otras propiedades relevantes en cualquier momento dado, a modo de información al sistema 8 de control.

Cuando se detecta un error de guiñada, es decir, cuando una dirección  $D$  de la góndola 3 difiere del punto de ajuste,

es decir, la dirección del viento  $W$ , por ejemplo, como se representa en la Fig. 5b, el sistema 8 de control lleva a cabo esta detección mediante el procesamiento de los datos del sensor 6 de viento y el sensor 53 de guiñada, y determina el error de guiñada en sí, junto con la dirección de rotación en la que se desea un movimiento, con el fin de reducir el error de guiñada. En la Fig. 5b, esta dirección de rotación deseada es en sentido horario, y se aplica un par  $-M$  en esta dirección con el fin de crear una rotación. El movimiento real puede observarse de cerca mediante la monitorización de la posición actual de la góndola 3, así como la velocidad a la que gira y la aceleración de la rotación. De este modo, puede adaptarse el par con el fin de crear un movimiento controlado y eficiente, para añadir una fuerza adicional si es necesario o para disminuir el par, y por lo tanto actuar a modo de freno para la rotación a medida que se alcanza la posición deseada, con el fin de evitar un movimiento excesivo más allá de la alineación de las direcciones  $D$ ,  $W$  y causar la necesidad de una nueva corrección desde la dirección opuesta. Alternativamente, sólo se calcula la dirección requerida para hacer girar la góndola 3 a fin de alcanzar el punto de ajuste, y no la magnitud del error total de guiñada.

Cada vez que una pala 41 de turbina pasa por delante de la torre 2, se produce un impacto periódico sobre la estructura mecánica. Con el sistema 5 de guiñada flexible y activo descrito en el presente documento, se detecta un pequeño movimiento de guiñada periódico que se amortigua mediante el control de guiñada activo. Esto presenta una mejora significativa en comparación con la técnica anterior, dado que en los molinos de viento anteriormente conocidos no se amortigua el correspondiente impacto periódico, sino que crea tensiones en el material de la torre y, en especial, en la turbina y el sistema de guiñada.

De este modo, un seguimiento de estos datos, junto con el par  $-M$  real del motor de guiñada o motores 52 de guiñada, permite al sistema 8 de control adaptarse y controlar los diferentes aspectos de la rotación.

Cuando se alcanza la posición deseada mostrada en la Fig. 5a, se utilizan el motor o motores 52 de guiñada para mantener esta posición mediante el uso de un par  $M$  apropiado en la dirección necesaria, con el fin de compensar los cambios en las condiciones que afecten al molino 1 de viento, tales como la dirección y fuerza del viento, que de otro modo empujarían la góndola 3 en sentido opuesto y crearían una guiñada de guiñada no deseada en sentido opuesto a la posición. De este modo, se puede mantener la posición óptima una vez que se ha alcanzado la misma, y se puede maximizar la energía generada por el aerogenerador.

Bajo ciertas condiciones, por ejemplo durante una alta velocidad del viento, como se ha mencionado anteriormente, el par máximo  $M_{\max}$  o  $-M_{\max}$  no es suficiente para girar la góndola 3 en la dirección deseada, pero mediante la aplicación continua de este par, se puede mantener constante el aerogenerador en una posición tan buena como sea posible, es decir, tan cerca de la posición deseada de la Fig. 5a como sea posible.

Dado que no se necesitan frenos para mantener la posición, puede evitarse un desgaste excesivo en el sistema de frenado, y mediante el seguimiento de los factores anteriormente descritos, en conjunción con el sistema 8 de control, el sistema puede detectar la cantidad de fuerza a la que están sometidas las palas 41 de turbina y el resto del molino 1 de viento. Si esta fuerza es lo suficientemente elevada como para causar daños al sistema, esto puede utilizarse como una razón para apagar el sistema de generación de energía, recurriendo así a procedimientos de parada normales (desconexión), o para alterar el paso de las palas 41 de turbina para disminuir esta fuerza y permitir al sistema de guiñada girar la góndola 3 hacia una posición mejor. Además, también pueden utilizarse otros factores, tales como un error de guiñada de cierta magnitud o un aumento constante del error de guiñada, incluso si se utiliza el par máximo  $M_{\max}$ , para determinar si necesita apagarse el sistema por razones de seguridad, o determinar si un diferente paso de pala u otros cambios son suficientes para mantener las fuerzas a las que está sometido el molino 1 de viento dentro de un intervalo razonable. La forma anteriormente conocida de detectar condiciones de desconexión es usando un sensor de velocidad del viento, y decidiendo el apagado principalmente en función en esta información. Gracias a la presente invención, sin embargo, es posible operar la turbina 4 a velocidades del viento más altas si las cargas son lo suficientemente bajas, y la decisión de apagar el molino 1 de viento, si es necesario, se puede basar en una combinación de la velocidad del viento detectada y el estado del sistema 5 de guiñada, sobre todo en el par  $M$  aplicado por los motores 52 de guiñada.

Gracias a esto, se pueden mantener los frenos usados por el sistema 5 de guiñada en caso de emergencia o de circunstancias inusuales, y puesto que el desgaste o los daños de los frenos pueden mantenerse al mínimo, la necesidad de reparación es sustancialmente menor que con los sistemas convencionales. También, puesto que el uso ordinario no desgasta los frenos, se incrementa la fiabilidad del sistema de frenado.

Las propiedades del motor de guiñada, tales como el par, la velocidad angular, corriente, tensión, frecuencia y similares, se pueden utilizar para detectar desequilibrios en la turbina 4. Estos desequilibrios pueden ser, por ejemplo, debidos a un paso incorrecto de una pala 41 de turbina individual, a daños en las palas 41 por cargas excesivas en el molino 1 de viento o a rayos u otros eventos inesperados, o a la formación de hielo en las palas 41 de turbina durante el invierno. Si los desequilibrios son pequeños, se pueden corregir mediante la alteración del paso individual de una sola pala 41, pero si los desequilibrios son lo suficientemente grandes, corregirlos podría no ser posible y puede surgir el riesgo de daños graves al propio molino 1 de viento. En este caso, puede iniciarse una función de alarma; tomar el control sobre la operación de los molinos 1 de viento e iniciar procedimientos para limitar los posibles daños. Por ejemplo, puede emitirse una señal de alarma con el fin de indicar que se requiere mantenimiento, y puede apagarse la turbina 4 por completo o mantenerse operando a una velocidad más baja, que

se considere adecuada en el momento, a la espera de que llegue un equipo de mantenimiento.

5 La invención no está limitada por las realizaciones preferidas anteriormente descritas, sino que puede variarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, tal como comprenderán fácilmente los expertos en la técnica. Por ejemplo, los componentes anteriormente descritos, tales como el sistema de control, medios de sensor, etc., pueden estar situados en diferentes lugares del aerogenerador y pueden comunicarse entre sí a través de cualquier medio adecuado. El sensor de guiñada también puede estar integrado con el motor o motores de guiñada, y los procesos internos del sistema de control pueden diferir de los descritos anteriormente. Pueden proporcionarse motores de guiñada en la torre así como en la góndola, y el procedimiento para establecer un punto de ajuste de guiñada puede diferir del descrito con referencia a las realizaciones preferidas.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (5) de guiñada para un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador (1) una torre (2) y una góndola (3), estando la torre (2) y la góndola (3) unidas por el sistema (5) de guiñada y comprendiendo el sistema (5) de guiñada además un cojinete (51) fijado a la torre (2), cojinete (51) en el que la góndola (3) se apoya y se desliza en un movimiento de guiñada, comprendiendo adicionalmente el sistema (5) de guiñada al menos un motor (52) de guiñada dispuesto para permitir que la góndola (3) efectúe un movimiento de rotación a lo largo del cojinete (51), en el que el sistema (5) de guiñada comprende adicionalmente un medio (8) de control para la operación continua del al menos un motor (52) de guiñada, de manera que el al menos un motor (52) de guiñada se esfuerce para maniobrar la góndola (3) hacia un punto de ajuste y el sistema de guiñada esté dispuesto para permitir que la góndola (3) se desvíe desde el punto de ajuste de guiñada siempre que un par de guiñada externo sobre la góndola (3) exceda una capacidad de par permitida del al menos un motor de guiñada, caracterizado porque el medio (8) de control está dispuesto para lograr un control de cuatro cuadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4), y en el que el al menos un motor (52) de guiñada opera como un generador en el segundo (Q2) o cuarto cuadrantes (Q4) y el medio (8) de control puede operarse para detener la operación del al menos un motor (52) de guiñada en el primer (Q1) y tercer (Q3) cuadrantes ante una velocidad del viento por encima de un nivel predeterminado.
2. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el motor (52) de guiñada está dispuesto para proporcionar un par tanto negativo como positivo (-M, + M), respectivamente.
3. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque al menos una propiedad de motor de guiñada del control de cuatro cuadrantes está dispuesta para su uso por parte del medio (8) de control, para controlar un ángulo de paso de al menos una pala (41) de una turbina (4), o de la propia turbina (4).
4. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el sistema (5) de guiñada está dispuesto para controlar el ángulo de paso de al menos dos palas (41) de turbina independientemente la una de la otra.
5. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, caracterizado porque el medio (8) de control está dispuesto para detectar desequilibrios en la turbina (4) utilizando, al menos, la al menos una propiedad de motor de guiñada.
6. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, caracterizado porque el medio (8) de control está dispuesto, tras la detección de los desequilibrios, para minimizar los desequilibrios alterando el ángulo de paso de al menos una pala (41) de turbina.
7. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, caracterizado porque el medio (8) de control está dispuesto adicionalmente para determinar una dirección de la góndola (3), que sea la más favorable con respecto a las condiciones que afectan al aerogenerador (1) , utilizando al menos la al menos una propiedad de motor de guiñada.
8. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, caracterizado porque el medio (8) de control está dispuesto adicionalmente para determinar condiciones del viento, tales como la velocidad del viento, la dirección del viento, la cizalladura o flujo ascendente de viento, basándose al menos en la al menos una propiedad de motor de guiñada.
9. Un sistema (5) de guiñada de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, caracterizado porque el sistema (8) de control está dispuesto para reaccionar activando una función de alarma, si los desequilibrios detectados exceden un valor predeterminado.
10. Un procedimiento para controlar la guiñada de un aerogenerador, que comprende las etapas de
  - a) determinar un punto de ajuste para el aerogenerador,
  - b) determinar un error de guiñada basado en el punto de referencia y una alineación actual del aerogenerador
  - c) determinar un tamaño y dirección de un par (M) basándose al menos en el error de guiñada, y
  - d) aplicar el par (M) al menos a un motor (52) de guiñada de un sistema (5) de guiñada, para hacer girar la turbina (4),
 en el que el procedimiento comprende también las etapas de
  - e) calcular de manera continua el error de guiñada y aplicar el par (M), con el fin de crear un esfuerzo hacia el punto de ajuste de guiñada, y
  - f) utilizar el sistema de guiñada para permitir que la góndola (3) se desvíe del punto de ajuste de guiñada si un par de guiñada exterior en la góndola (3) excede una capacidad de par permitida del al menos un motor de



guiñada;

caracterizado porque el procedimiento comprende adicionalmente la consecución de un control de cuatro cuadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4), con el fin de controlar el sistema (5) de guiñada mediante el accionamiento del al menos un motor (52) de guiñada a modo de generador en el segundo (Q2) o cuarto (Q4) cuadrantes y la operación de parada del al menos un motor (52 de guiñada) en el primer (Q1) y tercer (Q3) cuadrantes ante una velocidad del viento por encima de un nivel predeterminado.

- 5
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque se usa información de un par motor de guiñada desde el control de cuatro cuadrantes, para controlar un ángulo de paso de al menos una pala (41) de la turbina (4).
- 10
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, caracterizado porque el sistema (5) de guiñada controla el ángulo de paso de al menos dos palas (41) de turbina independientes entre sí.
13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque se usa información del par motor de guiñada para detectar desequilibrios en la turbina (4).

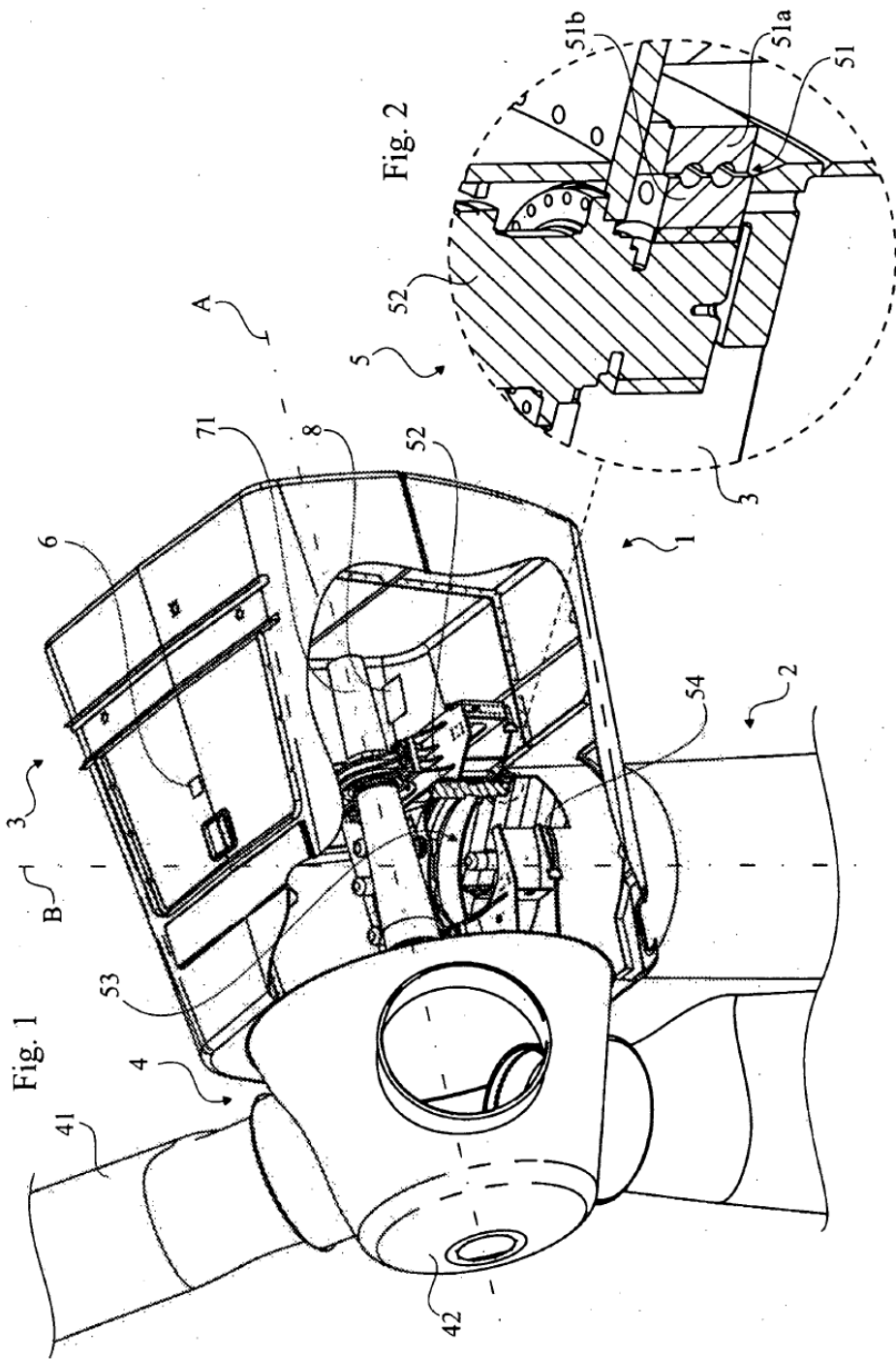


Fig. 3

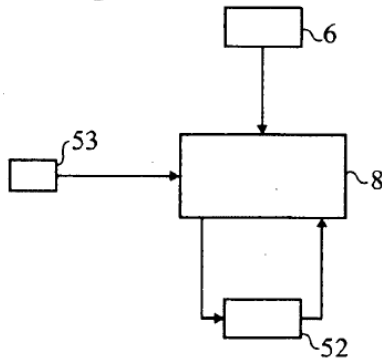


Fig. 4

