

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 135**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2019 PCT/DK2019/050400**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020 WO20125897**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2019 E 19827611 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2024 EP 3899264**

54 Título: **Método y aparato para monitorizar el estado de un sistema de guiñada**

30 Prioridad:

20.12.2018 DK PA201870840

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

27.05.2024

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**DALSGAARD, SØREN;
BØTTCHER, PETER;
NEUBAUER, JESPER LYKKEGAARD;
YDE, ANDERS y
NETO, JULIO XAVIER VIANNA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 970 135 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

Método y aparato para monitorizar el estado de un sistema de guiñada

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de los sistemas de guiñada de aerogeneradores y, específicamente, a la monitorización del estado de dichos sistemas de guiñada.

Antecedentes de la invención

La técnica anterior se describe en los documentos WO 2018/157897 A1 y DE 10 2008 011148 A1.

10 Un monitor de sistema de guiñada conocido para un sistema de aerogenerador de múltiples rotores se describe en el documento WO-A1-2018/157897. El aerogenerador de múltiples rotores comprende una torre con una estructura de soporte, al menos dos módulos de aerogenerador montados en la estructura de soporte y un sistema de guiñada dispuesto para permitir la rotación de la estructura de soporte alrededor de la torre. El método comprende aplicar un momento de guiñada en el sistema de guiñada con el fin de girar la estructura de soporte, aumentar el momento de guiñada aplicado hacia un umbral de momento de guiñada, medir un parámetro de guiñada indicativo del movimiento de guiñada y determinar un estado del sistema de guiñada en base al parámetro de guiñada medido.

15 El momento de guiñada aplicado se puede generar controlando la fuerza de empuje de al menos uno de los módulos del aerogenerador, o controlando un accionamiento de guiñada del sistema de guiñada para girar la estructura de soporte.

Compendio de la invención

20 Un primer aspecto de la invención proporciona un método de monitorización del estado de un sistema de guiñada de un aerogenerador, como se define en la reivindicación 1, el aerogenerador que comprende un rotor, el sistema de guiñada dispuesto para controlar una rotación de guiñada del rotor, el método que comprende: proporcionar datos de diseño que representen una relación esperada entre el momento de guiñada y la velocidad de rotación de guiñada; medir un par de parámetros, el par de parámetros que comprende un parámetro de momento de guiñada indicativo de un momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada y un parámetro de velocidad de rotación de guiñada indicativo de una velocidad de rotación de guiñada causada por el momento de guiñada; usar los datos de diseño para evaluar si el par de parámetros se desvía de la relación esperada; y determinar un estado del sistema de guiñada sobre la base de la evaluación.

Determinar el estado del sistema de guiñada puede comprender determinar si el sistema de guiñada está en un estado normal o en un estado de fallo.

30 El estado de fallo puede ser un estado de fallo atascado asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente baja. Por ejemplo, para un momento de guiñada dado que se aplica, la velocidad de rotación de guiñada observada puede ser menor que la esperada.

35 El estado de fallo puede ser un estado de fallo suelto asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente alta. Por ejemplo, para un momento de guiñada dado que se aplica, la velocidad de rotación de guiñada observada puede ser mayor que la esperada.

Determinar un estado del sistema de guiñada sobre la base de la evaluación puede comprender determinar si el sistema de guiñada está en un estado normal, un estado de fallo atascado asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente baja, o un estado de fallo suelto asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente alta.

40 El sistema de guiñada puede comprender un motor hidráulico conectado a un circuito hidráulico, y el parámetro de momento de guiñada se puede medir midiendo la presión hidráulica del circuito hidráulico. Alternativamente, el aerogenerador puede comprender varios rotores, y el parámetro de momento de guiñada se puede medir estimando una diferencia de empuje entre los rotores.

45 El par de parámetros se puede medir cuando el sistema de guiñada está en un estado detenido en el que se opone al momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada, y la velocidad de rotación de guiñada se puede causar por un deslizamiento del sistema de guiñada. El deslizamiento del sistema de guiñada se puede causar por un flujo de fluido hidráulico a través de una válvula de alivio, un deslizamiento de un freno de fricción o cualquier otro modo de deslizamiento.

50 El aerogenerador puede estar generando energía o empuje a medida que se mide el par de parámetros. Típicamente, a medida que se mide el par de parámetros, el aerogenerador está en un estado operativo con el rotor o rotores generando empuje.

Se puede medir una serie temporal de pares de parámetros, cada par de parámetros que comprende un parámetro de momento de guiñada indicativo de un momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada en un tiempo respectivo y un parámetro de velocidad de rotación de guiñada indicativo de una velocidad de rotación de guiñada causada por el momento de guiñada en el tiempo respectivo, y cada par de parámetros se puede evaluar para determinar un estado del sistema de guiñada en el tiempo respectivo.

El parámetro de velocidad de rotación de guiñada se puede obtener midiendo la velocidad de rotación de guiñada del sistema de guiñada, por ejemplo, usando un codificador u otro sensor que mida un ángulo de guiñada del sistema de guiñada.

Los datos de diseño definen una región en un espacio de parámetros, y los datos de diseño se usan para evaluar si el par de parámetros cae dentro o fuera de la región del espacio de parámetros.

Se puede usar una magnitud del parámetro de velocidad de rotación de guiñada en combinación con una magnitud del parámetro de momento de guiñada para evaluar si el par de parámetros se desvía de la relación esperada.

Típicamente, el aerogenerador comprende un conjunto de rotor-góndola que comprende el rotor y una góndola asociada, y el sistema de guiñada está dispuesto para controlar la rotación de guiñada del conjunto de rotor-góndola.

Un segundo aspecto de la invención proporciona un sistema de monitorización para monitorizar el estado de un sistema de guiñada de un aerogenerador, en donde el sistema de monitorización está dispuesto para monitorizar el estado del sistema de guiñada realizando el método del primer aspecto de la invención.

Un tercer aspecto de la invención proporciona un aerogenerador que comprende: un rotor; un sistema de guiñada acoplado al rotor de modo que el sistema de guiñada controle la rotación de guiñada del rotor; y un sistema de monitorización según el segundo aspecto de la invención dispuesto para monitorizar el estado del sistema de guiñada.

Típicamente, el aerogenerador comprende un conjunto de rotor-góndola que comprende el rotor y una góndola asociada, y el sistema de guiñada está acoplado al conjunto de rotor-góndola de modo que el sistema de guiñada controle la rotación de guiñada del conjunto de rotor-góndola.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra la parte superior de un aerogenerador de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 2 muestra una vista esquemática de un sistema de guiñada de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 3 muestra un sistema de monitorización del estado de guiñada para monitorizar el estado del sistema de guiñada de la Figura 2;

la Figura 4 muestra un sistema de monitorización del estado de guiñada alternativo para monitorizar el estado del sistema de guiñada de la Figura 2;

la Figura 5 es un gráfico que muestra dos puntos de medición y una curva de diseño; y

la Figura 6 es un gráfico que muestra múltiples puntos de medición y áreas correspondientes a los estados normal, atascado y suelto.

Descripción detallada de la realización o realizaciones

La Figura 1 muestra un aerogenerador 100. El aerogenerador 100 comprende una torre 102, solamente la parte superior de la cual se muestra. La base de la torre 102 se puede montar en el suelo; o el aerogenerador podría ser una turbina en alta mar, en cuyo caso los cimientos se podrían fijar al fondo marino, o podrían estar flotando.

El aerogenerador 100 comprende además un cojinete de guiñada 104 que soporta dos brazos de soporte 108a, 108b. El cojinete de guiñada 104 permite la rotación de guiñada 105 de los brazos de soporte 108a, 108b alrededor de un eje de pivote vertical 106 alineado con un eje longitudinal de la torre 102 en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Cada uno de los brazos de soporte 108a, 108b soporta un conjunto de rotor-góndola respectivo que comprende un rotor 110a, 110b, cada uno con una góndola asociada. Los rotores 110a, 110b están configurados para rotar para generar energía eléctrica a partir del viento. Aunque en la Figura 1 se ilustran dos rotores 110a, 110b, se apreciará que solamente se puede soportar un rotor por la torre 102 (en cuyo caso no hay brazos de soporte), o se pueden soportar más de dos rotores por la torre 102. Por ejemplo, puede haber dos pares de rotores como se muestra en el documento WO-A1-2018/157897, cada par de rotores soportado por un par respectivo de brazos de soporte. En esta

realización, cada par de rotores y su respectivo par de brazos de soporte se pueden controlar por un sistema de guiñada respectivo, de modo que cada sistema de guiñada sea independiente del otro u otros, es decir, se pueden guiar en diferentes ángulos.

5 Volviendo ahora a la Figura 2, se muestra un sistema de guiñada que controla la rotación de guiñada 105 de los brazos de soporte 108a, 108b. El sistema de guiñada comprende un engranaje de guiñada 202 acoplado a los rotores 110a, 110b a través de los brazos de soporte 108a, 108b de modo que la rotación del engranaje de guiñada 202 cause la rotación de guiñada 105 de los brazos de soporte 108a, 108b y su conjunto de rotor-góndola asociado.

10 El sistema de guiñada comprende un primer y segundo subsistemas 204a, 204b independientes y desacoplados, que actúan ambos sobre el engranaje de guiñada 202. El primer subsistema 204a comprende un primer engranaje de piñón 206a y un primer motor de accionamiento 208a acoplado al engranaje de guiñada 202 por el primer engranaje de piñón 206a. El segundo subsistema 204b comprende un segundo engranaje de piñón 206b y un segundo motor de accionamiento 208b acoplado al engranaje de guiñada 202 por el segundo piñón 206b. El primer y segundo engranajes de piñón 206a, 206b se engranan con el engranaje de guiñada 202 de manera que la rotación del engranaje de guiñada 202 cause la rotación del primer y segundo engranajes de piñón 206a, 206b, y viceversa.

15 En el caso de la Figura 2 no se muestran cajas de engranajes, pero en una realización alternativa puede haber una caja de engranajes entre cada motor de accionamiento y su piñón respectivo.

20 Cada motor 208a, 208b se controla por un circuito hidráulico respectivo. Cada circuito hidráulico comprende una bomba 401a, 401b acoplada a un tanque de aceite 410. En este caso los circuitos hidráulicos comparten un único tanque de aceite 410, pero alternativamente cada sistema hidráulico puede tener su propio tanque de aceite dedicado. En este caso los circuitos hidráulicos tienen bombas dedicadas, pero alternativamente los circuitos hidráulicos pueden compartir una única bomba.

25 Cada bomba 401a, 401b presuriza su circuito hidráulico respectivo a través de una válvula de dirección 402a, 402b respectiva. Cada válvula de dirección 402a, 402b tiene tres configuraciones: una primera configuración de accionamiento en la que conecta la línea de alta presión desde la bomba hasta un primer lado del motor; una segunda configuración de accionamiento en la que conecta la línea de alta presión desde la bomba hasta un segundo lado del motor; y una configuración cerrada en el que se bloquea el flujo de aceite hacia y desde el motor. Las configuraciones de accionamiento permiten que cada motor sea accionado activamente en cualquier dirección. La configuración cerrada proporciona una función de retención que restringe el motor y pone el sistema de guiñada en un estado detenido.

30 Cada circuito hidráulico también tiene una válvula de alivio 403a, 403b respectiva que normalmente está cerrada. Si la presión aplicada a través del motor de accionamiento 208a, 208b es demasiado alta (si la presión excede un umbral de las válvulas de alivio, por ejemplo), entonces la válvula de alivio 403a, 403b se abre, reduciendo la presión a través del motor de accionamiento y protegiendo el sistema de una sobrecarga.

35 De este modo, las válvulas de dirección 402a, 402b dotan al sistema de guiñada con una función de retención (a través de sus configuraciones cerradas) para volver a entrenar la rotación de guiñada para momentos de guiñada por debajo del umbral de las válvulas de alivio, y las válvulas de alivio 403a, 403b dotan al sistema de guiñada con una función de deslizamiento de guiñada para momentos de guiñada por encima del umbral de las válvulas de alivio.

40 El umbral de las válvulas de alivio se incorpora en el diseño del aerogenerador 100 y/o se adquiere a través de calibración o medición. El umbral de las válvulas de alivio se puede establecer en un nivel normal o en un nivel reducido que es menor que el nivel normal.

45 En la Figura 2, cada subsistema tiene solamente un único motor de accionamiento hidráulico y un único piñón, pero en una realización alternativa cada subsistema puede tener múltiples accionamientos hidráulicos, cada uno que tiene un piñón asociado. En este caso hay dos motores de accionamiento por subsistema, pero el principio se puede extender para proporcionar cualquier número, por ejemplo, dieciséis motores de accionamiento por subsistema. Los motores de accionamiento de cada subsistema se conectan en paralelo a su circuito hidráulico de modo que se puedan accionar juntos para aplicar simultáneamente momentos de guiñada al engranaje de guiñada, o bloquear hidráulicamente por su válvula de dirección para reaccionar simultáneamente a los momentos de guiñada desde el engranaje de guiñada 202 para colocar el sistema de guiñada en un estado detenido.

50 El estado del sistema de guiñada de la Figura 2 se puede monitorizar por un sistema de monitorización de estado de guiñada 504a mostrado en la Figura 3. Una magnitud de un parámetro de velocidad de rotación de guiñada $\dot{\gamma}_1$ se usa por el sistema de monitorización de estado de guiñada 504a en combinación con una magnitud de un parámetro de momento de guiñada M_1 para evaluar si el par de parámetros $(\dot{\gamma}_1, M_1)$ se desvía de una relación esperada definida por los datos de diseño.

El parámetro de velocidad de rotación de guiñada $\dot{\gamma}_1$ se obtiene a partir del aerogenerador en un tiempo t_1 mediante el sistema de monitorización de estado de guiñada 504a. El parámetro de velocidad de rotación de guiñada $\dot{\gamma}_1$ puede ser cualquier parámetro indicativo de una velocidad de rotación de guiñada 105 en el tiempo t_1 .

Por ejemplo, el parámetro de velocidad de rotación de guiñada $\dot{\gamma}_1$ se puede obtener usando un codificador 250 (mostrado en la Figura 2) o un sensor equivalente para medir un ángulo de guiñada del engranaje de guiñada 202 (o cualquier otra parte del sistema de aerogenerador que gira durante la rotación de guiñada 105) y diferenciar la medición del ángulo de guiñada con respecto al tiempo. El codificador 250 se puede unir directamente al borde de guiñada o unir a un eje de alta velocidad del accionamiento de guiñada.

También se obtiene un parámetro de momento de guiñada M_1 que es indicativo de un momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada en el tiempo t_1 . En este caso, el parámetro de momento de guiñada M_1 se obtiene midiendo una presión hidráulica p_1 a través del motor hidráulico de uno de los subsistemas de la Figura 2 con un manómetro 404a, 404b mostrado en la Figura 2, y usando un amplificador 502 para convertir la presión hidráulica p_1 en el parámetro de momento de guiñada M_1 (por ejemplo, multiplicando la presión hidráulica p_1 por un factor de ganancia constante).

Alternativamente, el estado del sistema de guiñada se puede monitorizar mediante un sistema de monitorización de estado de guiñada 504b mostrado en la Figura 4. En este caso, el parámetro de momento de guiñada M_1 se obtiene determinando una diferencia de empuje entre los dos rotores multiplicada por una longitud de brazo L_{brazo} que es la distancia desde el eje de rotación de guiñada 106 al eje del rotor. Además, se podrían usar sensores de aceleración montados en la estructura (góndola, brazos y/o torre) para tener en cuenta la dinámica estructural, con el objetivo de mejorar la precisión de la estimación del momento de guiñada.

El empuje F_t que actúa sobre cada rotor se puede estimar, por ejemplo, usando la velocidad del rotor ω , los ángulos de paso θ y la potencia del generador P , haciendo uso de datos de la turbina tales como la eficiencia del tren de transmisión y los coeficientes aerodinámicos. Estos valores se obtienen mediante sensores y se introducen en estimadores de empuje 602a, 602b que usan los valores para estimar el empuje experimentado por cada rotor. La diferencia en estos empujes se calcula entonces y se multiplica por la longitud del brazo para dar el parámetro de momento de guiñada M_1 .

En el caso de la Figura 3, el par de parámetros $\dot{\gamma}_1$ y M_1 se pueden obtener en cualquier tiempo. Es decir, se pueden obtener durante la operación normal del aerogenerador cuando los rotores están generando empuje, o alternativamente durante periodos en los que el rotor está fijo o inactivo y no genera empuje. De hecho, el método de la Figura 3 se puede aplicar incluso al sistema de control de guiñada antes de que se instale sobre la torre junto con los rotores. En el caso de la Figura 4, el par de parámetros $\dot{\gamma}_1$ y M_1 solamente se pueden obtener durante la operación normal del aerogenerador, cuando se está generando un empuje F_t .

En el caso de la Figura 3 y de la Figura 4, cada par de parámetros $(\dot{\gamma}_1, M_1)$, $(\dot{\gamma}_2, M_2)$ se mide cuando el sistema de guiñada está en un estado detenido con las válvulas de dirección 402a, 402b en su configuración cerrada de modo que los engranajes de piñón estén oponiéndose al momento de guiñada que se aplica al sistema de guiñada. Así, cualquier rotación de guiñada se causa por el deslizamiento del sistema de guiñada. Cuando el momento de guiñada es bajo, entonces se espera que haya poca o ninguna rotación de guiñada, pero a medida que aumenta el momento de guiñada, entonces se puede esperar alguna rotación de guiñada a medida que la presión en los circuitos hidráulicos aumenta hacia el umbral de las válvulas de alivio 403a, 403b.

El sistema de monitorización de estado de guiñada 504a, 504b también recibe datos de diseño desde una memoria o base de datos local o remota 506. El sistema de monitorización de estado de guiñada compara cada par de parámetros $(\dot{\gamma}_1, M_1)$, $(\dot{\gamma}_2, M_2)$, etc. con los datos de diseño, y determina un estado del sistema de guiñada en base a la comparación. El estado del sistema de guiñada es indicativo de si hay o no un fallo en el sistema de guiñada, y puede indicar que el sistema de guiñada está normal, atascado o suelto. Esto se describe con mayor detalle a continuación.

La Figura 5 es un gráfico que proporciona una representación visual de la comparación entre los datos de diseño y cada par de parámetros que tiene lugar en el sistema de monitorización de estado de guiñada 504. Los datos de diseño en la base de datos 506 pueden ser una serie de puntos, o una función, representada por una curva de diseño 702 en la Figura 6. Los datos de diseño son datos biviados indicativos de una relación esperada entre el momento de guiñada y la velocidad de rotación de guiñada cuando el sistema de guiñada está en un estado detenido. Obsérvese que la curva de diseño 702 se muestra esquemáticamente en la Figura 5, y en la práctica

puede tener un gradiente mucho mayor de modo que para momentos de guiñada pequeños solamente se espere una cantidad muy pequeña de velocidad de rotación de guiñada.

En la Figura 5 se muestra un primer punto de medición 704a - por ejemplo, este puede representar el par de

parámetros (γ_1 , M_1) medidos en el tiempo t_1 . El punto de medición 704a está por encima de la curva de diseño 702, así que se está experimentando una velocidad de rotación de guiñada menor que la esperada. Esto puede ser indicativo de un estado de fallo "atascado" en el sistema de guiñada.

También se muestra un segundo punto de medición 704b - por ejemplo, este puede representar el par de

parámetros (γ_2 , M_2) medidos en el tiempo t_2 . El punto de medición 704b se encuentra por debajo de la curva de diseño 702, así que se está experimentando una velocidad de rotación de guiñada más alta que la esperada. Esto puede ser indicativo de un estado de fallo "suelto" en el sistema de guiñada.

Los puntos de medición situados en el cuadrante inferior izquierdo del gráfico de la Figura 5 siguen los mismos principios descritos anteriormente, con las regiones "suelta" y "atascada" indicadas. Vale la pena señalar que los puntos de medición no se deberían obtener en los cuadrantes inferior derecho o superior izquierdo de la Figura 5.

El sistema de monitorización de estado de guiñada 504 adquiere continuamente pares de los parámetros en los

tiempos t_1 , t_2 , etc. para adquirir un flujo de conjuntos de datos (γ_1 , M_1 , t_1), (γ_2 , M_2 , t_2), etc. y emite una señal de estado para cada conjunto de datos que indica el estado del sistema de guiñada.

La Figura 6 muestra en detalle cómo se pueden evaluar los puntos de medición para determinar si existe un estado de fallo. La Figura 6 muestra un par de curvas límite 803a, 803b a cada lado de la curva de diseño 702. Las curvas límite 803a, 803b dividen el espacio de parámetros bivariados de la Figura 6 en una región normal entre ellas, y las regiones atascada y suelta a cada lado según se etiquetan en la Figura 6. Los datos de diseño en la base de datos 506 pueden definir las curvas límite 803a, 803b de una manera similar a la curva de diseño 702: es decir, como una serie de puntos o como una función. Alternativamente, los datos de diseño en la base de datos 506 pueden definir las curvas límite en términos de un desplazamiento desde la curva de diseño 702. Se pueden prever otros métodos por los cuales los datos de diseño pueden definir las diversas regiones de la Figura 6, lo que permite que el sistema de monitorización de estado de guiñada 504a, 504b evalúe si un par de parámetros dado cae dentro o fuera de una región dada del espacio de parámetros.

Los puntos de medición 804a en la región normal entre las curvas límite 803a, 803b no se desvían significativamente de la curva de diseño 702, así que se consideran normales. Los puntos de medición 804b con una velocidad de rotación de guiñada más alta que la esperada desencadenan un estado de fallo "suelto", y los puntos de medición 804c con una velocidad de rotación de guiñada menor que la esperada desencadenan un estado de fallo "atascado".

En una realización alternativa, solamente se puede proporcionar una de las curvas límite 803a, 803b. Por ejemplo, solamente se puede proporcionar la curva límite superior 803a, y el sistema de monitorización de estado de guiñada 504a, 504b solamente determina si un punto de medición está por encima de la curva límite superior 803a (en el caso del cuadrante superior derecho) y de este modo indica un estado de fallo "atascado". Alternativamente, solamente se puede proporcionar la curva límite inferior 803b, y el sistema de monitorización de estado de guiñada 504a, 504b solamente determina si un punto de medición está por debajo de la curva límite inferior 803b (en el caso del cuadrante superior derecho) y de este modo indica un estado de fallo "suelto".

Las determinaciones de las condiciones de fallo atascado y suelto son indicativas de un fallo en el sistema de guiñada y se requerirán investigaciones y acciones adicionales. Por ejemplo, el aerogenerador se podría reducir o detener, o el fallo se podría comunicar a un operador humano a través de un visualizador, por ejemplo.

La Figura 2 muestra un sistema de control de guiñada con motores de accionamiento hidráulico, pero en una realización alternativa el sistema de control de guiñada puede ser un sistema de control de guiñada eléctrico que usa motores de accionamiento eléctricos. En este caso, cada subsistema tiene un motor eléctrico que acciona un eje de entrada en un lado de alta velocidad de una caja de cambios, y un eje de salida en un lado de baja velocidad de la caja de cambios acciona el engranaje de piñón. En la realización hidráulica de la Figura 2, el tren de transmisión que acopla el motor hidráulico al engranaje de guiñada consta solamente del engranaje de piñón, pero cuando se proporciona entonces una caja de cambios, el tren de transmisión comprende no solamente el engranaje de piñón sino también la caja de cambios. Un freno de guiñada por fricción puede actuar sobre el motor de accionamiento eléctrico, o sobre parte del tren de transmisión, para proporcionar la función de retención necesaria para cada subsistema. En este caso, el proceso descrito anteriormente prueba la operación de deslizamiento del freno de guiñada por fricción.

En una realización alternativa, el sistema de guiñada de la Figura 2 puede tener un dispositivo de bloqueo mecánico, tal como un pasador, que actúa sobre parte del sistema de guiñada (tal como el engranaje de guiñada 202) y se puede accionar durante el mantenimiento para colocar el sistema de guiñada en un estado bloqueado en el que no

puede haber ninguna rotación de guiñada. Si el sistema de guiñada está en tal estado bloqueado, entonces no necesitará ser realizado el procedimiento de prueba descrito anteriormente con referencia a las Figuras 3 a 6, dado que el pasador proporciona una función de bloqueo a prueba de fallos.

- 5 Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que se pueden hacer diversos cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de monitorización del estado de un sistema de guiñada de un aerogenerador (100), el aerogenerador que comprende un rotor, el sistema de guiñada dispuesto para controlar la rotación de guiñada del rotor, el método que comprende:
 - 5 proporcionar datos de diseño que representan una relación esperada entre el momento de guiñada y la velocidad de rotación de guiñada representada en una región de un espacio de parámetros, dichos datos de diseño que comprenden una curva de diseño (702) y al menos una de una curva límite superior (803a) por encima de dicha curva de diseño (702) y una curva límite inferior (803b) por debajo de dicha curva de diseño (702);
 - dicha curva límite superior (803a) que divide dicho espacio de parámetros en una región por encima de dicha curva límite superior (803a), dicha región que comprende una región suelta y una atascada, y una región normal entre dicha curva límite superior (803a) y dicha curva de diseño (702);
 - dicha curva límite inferior (803b) que divide dicho espacio de parámetros en una región normal entre dicha curva límite inferior (803b) y dicha curva de diseño (702) y una región por debajo de dicha curva límite inferior (803b), dicha región por debajo de dicha curva límite inferior (803b) que comprende una región atascada y una suelta;
 - 15 medir un par de parámetros, el par de parámetros que comprende un parámetro de momento de guiñada indicativo de un momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada, y un parámetro de velocidad de rotación de guiñada indicativo de una velocidad de rotación de guiñada causada por el momento de guiñada;usar los datos de diseño para evaluar si el par de parámetros se desvía de la relación esperada; y
- 20 determinar un estado del sistema de guiñada sobre la base de la evaluación y si el par de parámetros cae dentro o fuera de la región normal del espacio de parámetros.
2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar el estado del sistema de guiñada comprende determinar si el sistema de guiñada está en un estado normal o en un estado de fallo.
3. El método de la reivindicación 2, en donde dichos datos de diseño comprenden dicha curva límite superior (803a), en donde el estado de fallo es un estado de fallo atascado asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente baja.
- 25 4. El método de la reivindicación 2, en donde dichos datos de diseño comprenden dicha curva límite inferior (803b), en donde el estado de fallo es un estado de fallo suelto asociado con una velocidad de rotación de guiñada anormalmente alta.
5. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el sistema de guiñada comprende un motor hidráulico conectado a un circuito hidráulico, y el parámetro de momento de guiñada se mide midiendo la presión hidráulica del circuito hidráulico.
- 30 6. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el aerogenerador comprende varios rotores, y el parámetro de momento de guiñada se mide estimando una diferencia de empuje entre los rotores.
7. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el par de parámetros se miden cuando el sistema de guiñada está en un estado detenido en el que está oponiéndose al momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada, y la velocidad de rotación de guiñada se causa por un deslizamiento del sistema de guiñada.
- 35 8. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde a medida que se miden el par de parámetros, el aerogenerador está en un estado operativo con el rotor o rotores generando empuje.
9. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde se miden una serie temporal de pares de parámetros, cada par de parámetros que comprende un parámetro de momento de guiñada indicativo de un momento de guiñada aplicado al sistema de guiñada en un tiempo respectivo y un parámetro de velocidad de rotación de guiñada indicativo de una velocidad de rotación de guiñada causada por el momento de guiñada en el tiempo respectivo, y en donde cada par de parámetros se evalúa para determinar el estado del sistema de guiñada en el tiempo respectivo.
- 40 10. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el parámetro de velocidad de rotación de guiñada se obtiene midiendo una velocidad de rotación de guiñada del sistema de guiñada.
11. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde una magnitud del parámetro de velocidad de rotación de guiñada se usa en combinación con una magnitud del parámetro de momento de guiñada para evaluar si el par de parámetros se desvía de la relación esperada.
- 45 10. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el parámetro de velocidad de rotación de guiñada se obtiene midiendo una velocidad de rotación de guiñada del sistema de guiñada.

12. Un sistema de monitorización (504a, 504b) para monitorizar el estado de un sistema de guiñada de un aerogenerador (100), en donde el sistema de monitorización está dispuesto para monitorizar el estado del sistema de guiñada realizando el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

5 13. Un aerogenerador (100) que comprende: un rotor; un sistema de guiñada acoplado al rotor de modo que el sistema de guiñada controle la rotación de guiñada del rotor; y un sistema de monitorización (504a, 504b) según la reivindicación 12 dispuesto para monitorizar el estado del sistema de guiñada.

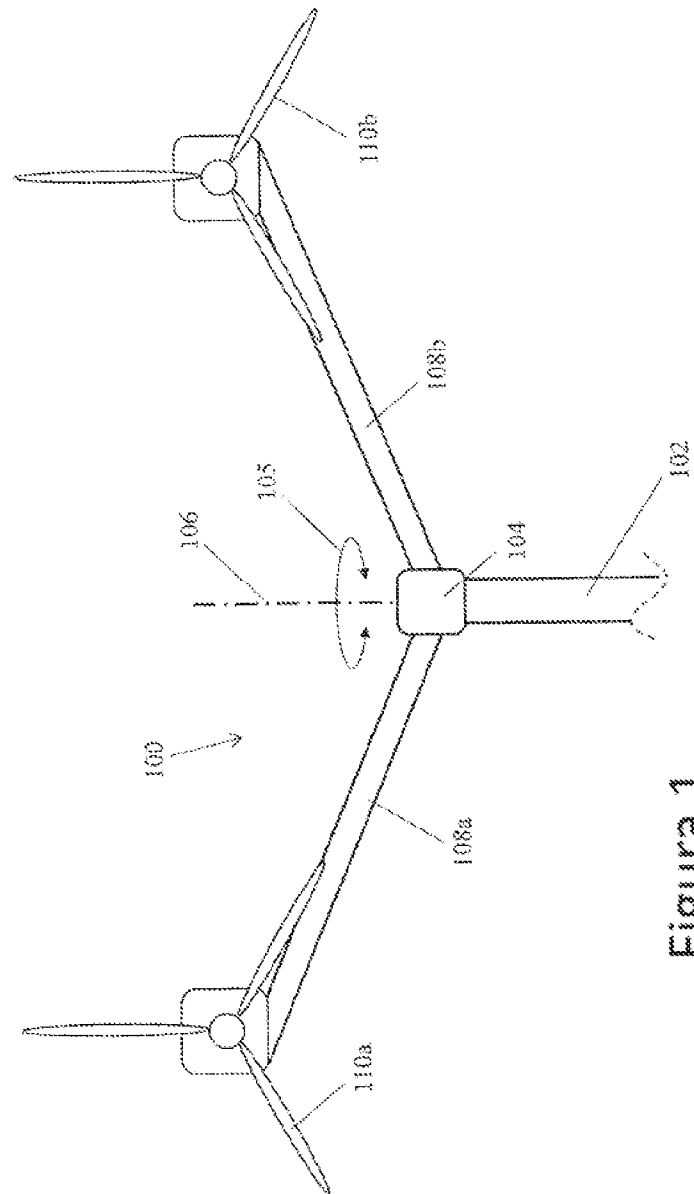


Figure 1

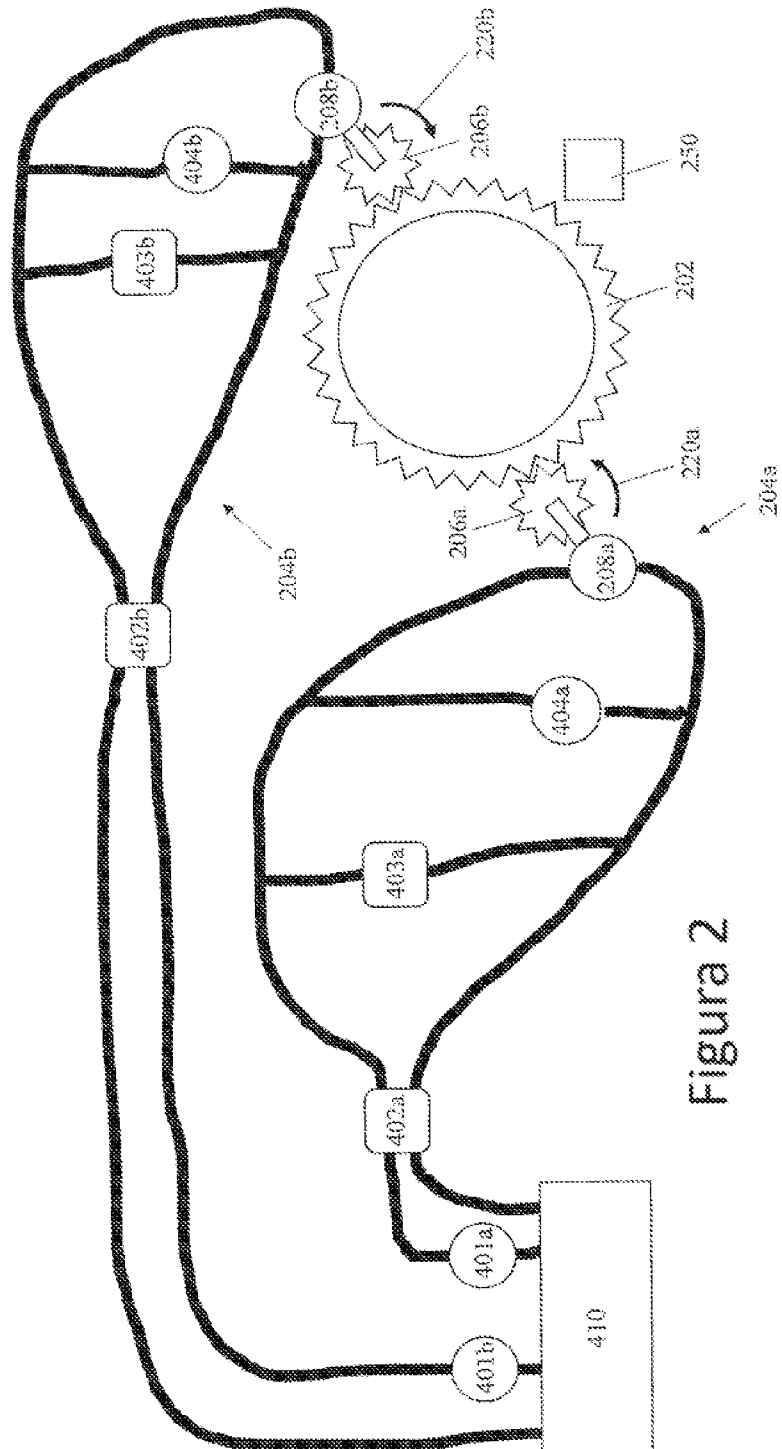


Figure 2

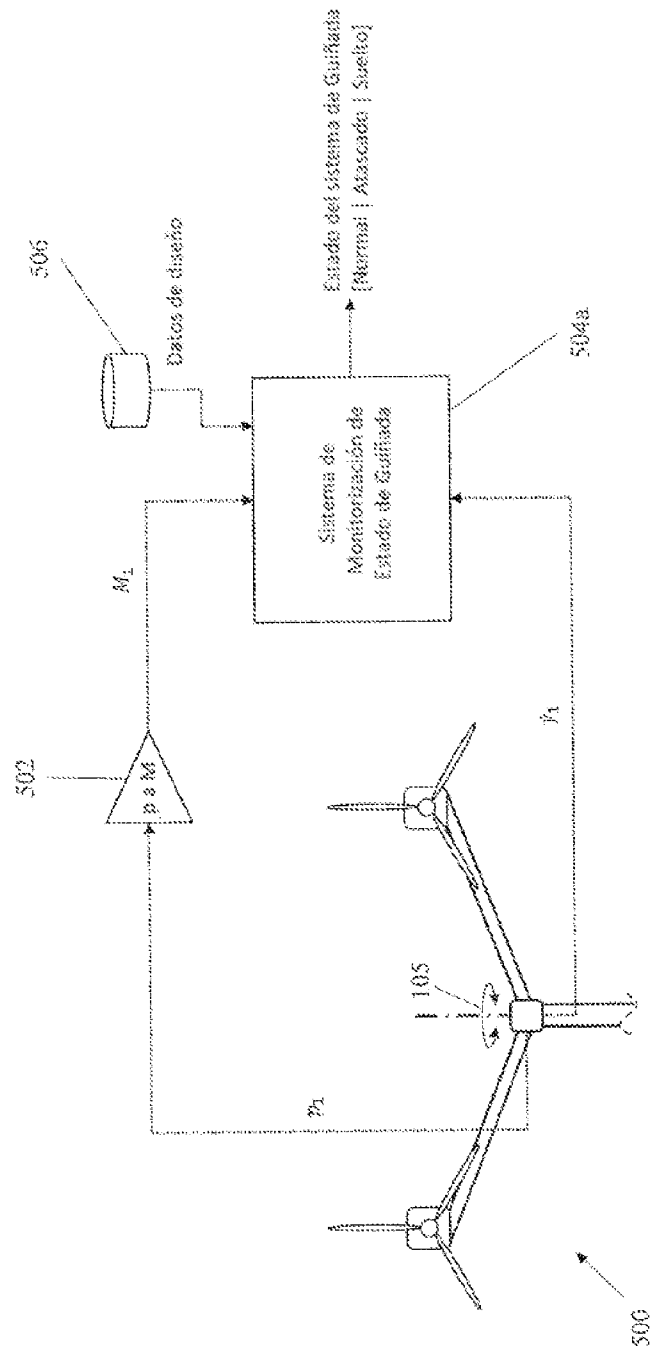


Figura 3

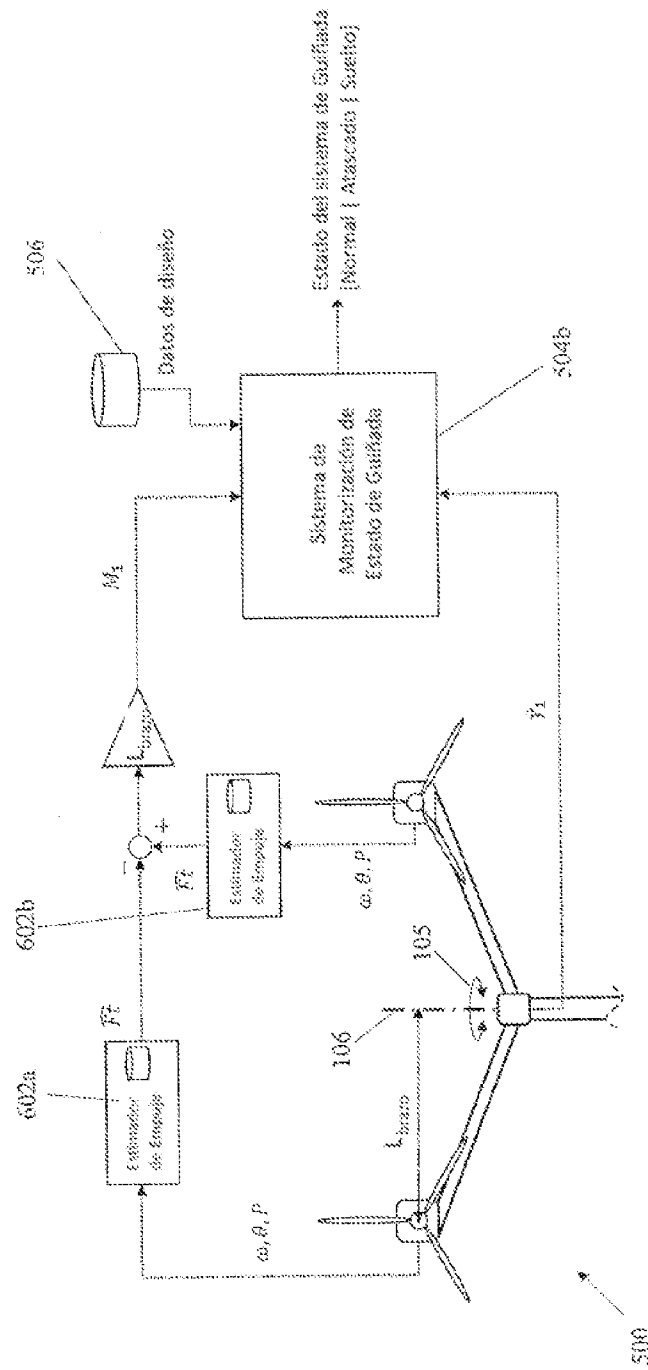


Figura 4

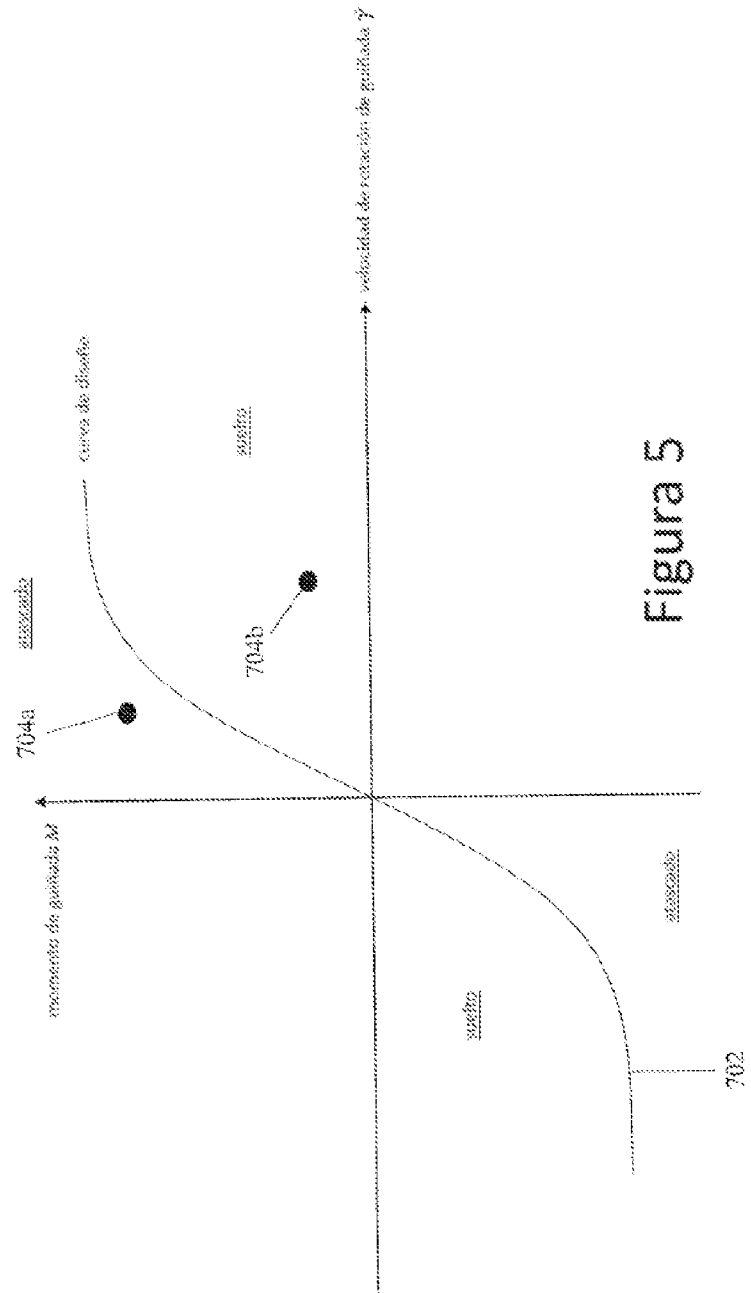


Figura 5

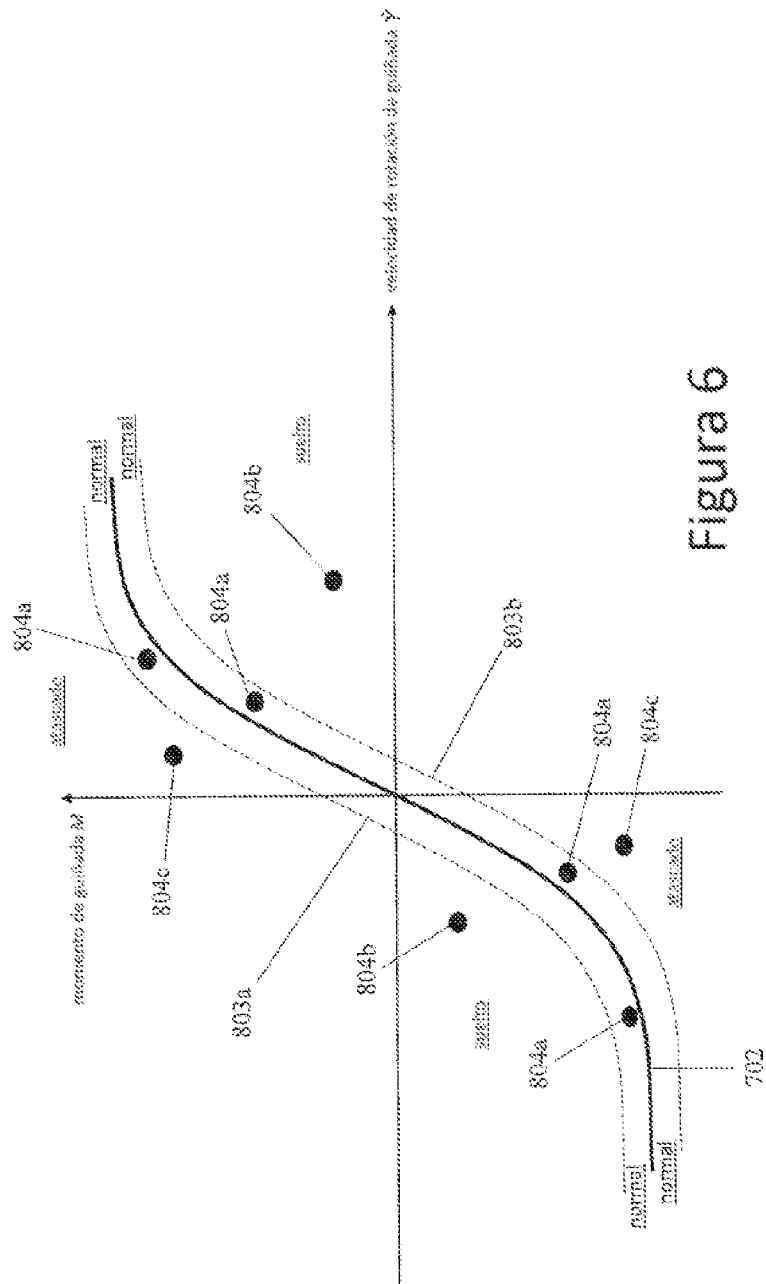


Figura 6