

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 188**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2010 E 10188679 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2317132**

54 Título: **Sistemas y procedimientos de determinación de la posición del rotor de una turbina de viento**

30 Prioridad:

29.10.2009 US 608343

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

26.03.2013

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

MELIUS, JEFFREY ALAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 399 188 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

Sistemas y procedimientos de determinación de la posición del rotor de una turbina de viento

La invención se refiere en general a sistemas y procedimientos para la determinación de la posición angular de un rotor de una turbina de viento.

5 Es sabido que la potencia eléctrica se puede recoger de la energía del viento usando turbinas de viento. El control de la inclinación de las aspas de la turbina se utiliza a menudo para crear unas condiciones óptimas de carga de la turbina para recoger la energía del viento con la eficacia más alta posible. Una preocupación a la que se enfrentan los operadores de las turbinas es que las condiciones fluctuantes y no uniformes del viento pueden fatigar y dañar los componentes asociados con la turbina, incluyendo el eje principal, la torre y las aspas del rotor. La carga asimétrica a través de los rotores (por ejemplo, debido al viento de cizalla, la turbulencia y la desalineación de guiñada) puede crear unas distribuciones de carga no uniformes sobre las aspas del rotor lo que puede reducir a su vez la eficacia de la conversión de potencia o incluso conducir a daños costosos de los componentes de la turbina. Es por lo tanto necesario controlar la inclinación de las aspas de la turbina para mantener la carga del viento sobre cada aspa dentro de los límites operativos del aspa mientras que se maximiza la conversión de la potencia del viento. Para abordar estas cuestiones, son necesarios sistemas y procedimientos para controlar la inclinación de las aspas de la turbina en base a la posición angular del rotor de la turbina.

Los sistemas anteriores han propuesto determinar el ángulo de fase del rotor mediante el uso de un codificador absoluto colocado en el extremo del anillo de deslizamiento del rotor. Sin embargo, si la parte superior de la torre del rotor se está flexionando o moviendo, se pueden introducir errores de medición debidos a las diferencias en la trama de referencia entre el codificador y el rotor de la turbina. Se han propuesto otros sistemas en los que se fijan tres acelerómetros de una dimensión al rotor y se colocan a ángulos equidistantes alrededor del eje de giro del rotor para eliminar las componentes de la aceleración tangencial. Sin embargo, tales sistemas requieren un montaje adicional, un posicionamiento preciso, y cableado adicional para los tres acelerómetros. Se conocen otros sistemas para calcular la posición angular del rotor en base a la medición de las aceleraciones tangencial y radial del rotor, véase por ejemplo el documento DE 10 2007 030268 A1.

Sigue habiendo una necesidad de sistemas y procedimientos mejorados para la determinación de la posición angular de un rotor de turbina de viento.

Algunas o todas las necesidades anteriores se pueden abordar por ciertas realizaciones de la invención. Ciertas realizaciones de la invención pueden incluir sistemas y procedimientos para la determinación de la posición angular de un rotor de turbina de viento.

De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, se proporciona un procedimiento para la determinación de una posición angular de un rotor de turbina de viento. El procedimiento puede incluir la medida de la aceleración tangencial (A_t) y la aceleración radial (A_r) del rotor a un radio R desde el eje del rotor, midiendo la velocidad de giro del rotor, calculando la aceleración tangencial de giro (cA_t) del rotor en base al menos en parte al cambio de la velocidad de giro del rotor con el tiempo, calculando la aceleración radial de giro (cA_r) en base al menos en parte a la velocidad de giro del rotor ajustando la aceleración tangencial medida (A_t) en base al menos en parte a la aceleración tangencial de giro calculada (cA_t), ajustando, la aceleración radial medida (A_r) en base al menos en parte a la aceleración radial de giro calculada (cA_r), y determinar la posición angular del rotor en base al menos a la aceleración tangencial ajustada (aA_t) y la aceleración radial ajustada (aA_r).

De acuerdo con otra realización ejemplar, se puede proporcionar un sistema para determinar la posición angular de un rotor de la turbina de viento de acuerdo con la reivindicación 10.

Otras realizaciones y aspectos de la invención se describen en detalle en este documento y se consideran una parte de la invención reivindicada. Otras realizaciones y aspectos se pueden entender con referencia a la siguiente descripción detallada, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

45 Ahora se hará referencia a las tablas adjuntas y los dibujos, que no están necesariamente a escala, en los que:

La FIG. 1 es un diagrama de un rotor de turbina ilustrativo de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control de turbina de viento ilustrativo, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

50 La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

Las realizaciones de la invención se describirán más completamente a continuación en este documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las realizaciones de la invención. Sin embargo, esta invención se puede realizar de muchas formas diferentes, y no debería interpretarse como limitada a las

realizaciones mostradas en el presente documento, por el contrario dichas realizaciones se proporcionan de modo que esta revelación sea exhaustiva y completa, y conducirán totalmente el alcance de la invención para los expertos en la materia. Números iguales se refieren a elementos iguales de principio a fin. El término "ejemplar" como se usa en el presente documento se define para significar "ejemplo".

5 Ciertas realizaciones de la invención pueden posibilitar la determinación de la posición angular del rotor de una turbina de viento. Ciertas realizaciones de la invención pueden posibilitar la determinación de las posiciones de las
 10 aspas del rotor en base a la posición angular del rotor de la turbina de viento. De acuerdo con ciertas realizaciones ejemplares, la posición angular del rotor de la turbina de viento se puede determinar midiendo la aceleración tangencial y radial en una o más localizaciones del rotor, y midiendo la velocidad del rotor. De acuerdo con ciertas
 15 realizaciones la velocidad y la aceleración angulares del rotor se pueden medir usando un codificador de giro sobre el eje del rotor, bien antes o después de los engranajes. La medición de la velocidad y la aceleración del rotor se pueden usar para ajustar o de otro modo compensar las mediciones de aceleración medidas para excluir las componentes del vector calculado que pueden basarse en las mediciones de la velocidad y la aceleración, incluyendo las componentes de la aceleración centrípeta y angular. De acuerdo con una realización ejemplar el vector de gravedad se puede determinar restando la componente de aceleración centrípeta calculada del vector de
 20 aceleración radial medido y restando la componente de aceleración angular calculada del vector de la componente tangencial medida. De acuerdo con ciertas realizaciones ejemplares, las mediciones de aceleración se pueden realizar usando uno o más acelerómetros. De acuerdo con ciertas realizaciones ejemplares se puede usar un único acelerómetro de dos ejes para medir las aceleraciones tangencial y radial.

20 Diversos sistemas y procedimientos para la determinación de la posición angular del rotor de una turbina de viento, de acuerdo con las realizaciones de la invención, se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas.

La FIG.1 ilustra una porción de una turbina de viento 100 de acuerdo con una realización ejemplar de la invención. La turbina de viento puede incluir un rotor 102 y una o más aspas de rotor 104, 106, 108 que se pueden suspender en un buje del rotor (no mostrado). La turbina de viento 100, incluyendo el rotor 102 y las aspas 104, 106, 108 puede
 25 girar alrededor de un eje 109 y la rotación puede dar lugar a ciertas componentes de aceleración que pueden medirse directamente o calcularse en base a las mediciones.

De acuerdo con las realizaciones ejemplares de la invención, se puede colocar un acelerómetro 118 sobre o adjunto al rotor de la turbina de viento cerca de la unión del aspa de la turbina de viento, a una distancia (R) 122 desde el eje del rotor 109. De acuerdo con una realización ejemplar, el acelerómetro 118 puede ser operativo para medir la
 30 aceleración a lo largo de dos ejes, donde los ejes pueden ser ortogonales o separados por 90° de modo que las contribuciones de los diversos lectores de aceleración se pueden separar.

De acuerdo con una realización ejemplar, el rotor de la turbina de viento 102 puede girar a una velocidad de giro = ω , y esta velocidad de giro se puede medir con un codificador, tacómetro, o dispositivo similar en comunicación con un eje u otro dispositivo que gira a una velocidad proporcional a la velocidad del rotor. En base al radio 122 (R) la
 35 posición de desplazamiento del acelerómetro del eje del rotor 109, y a la velocidad de giro ω , se puede calcular una aceleración radial de giro 110 (cAr) como $\omega^2 R = cAr$. Además, en base al cambio en la velocidad de giro ω con respecto al tiempo se puede calcular una aceleración tangencial de giro 120 (cAt) como $R(d\omega/dt) = cAt$.

De acuerdo con una realización ejemplar de la invención se puede usar un acelerómetro para medir la aceleración radial (Ar) 112 y la aceleración tangencial (At) 114 del rotor. El vector de gravedad (Ag) 116 está siempre presente y su magnitud se puede verificar ($1g$) cuando el rotor 102 está estacionario calculando el vector suma de las
 40 componentes de la aceleración radial (Ar) 112 y la aceleración tangencial (At) 114. La posición angular del rotor 102 se puede determinar, por lo tanto, por la ecuación: arco tangente (At/Ar). Sin embargo, cuando el rotor está girando, surgen componentes adicionales de la aceleración de giro, y de acuerdo con ciertas realizaciones ejemplares de la invención se pueden calcular en base a las mediciones y usarse para determinar más precisamente la posición
 45 angular del rotor de rotación.

De acuerdo con las realizaciones ejemplares de la invención, cuando el rotor 102 está girando la aceleración radial de giro calculada o determinada (cAr) 110 y la aceleración tangencial de giro calculada o determinada (cAt) 120 se pueden usar, respectivamente, para ajustar o compensar la aceleración radial (Ar) 112 y la aceleración tangencial (At) 114 para excluir las componentes de vector que surgen debido a la velocidad y aceleración de giro del rotor 102 de modo que se puede determinar la posición angular del rotor 102.
 50

La FIG. 2 ilustra un sistema de control de la turbina de viento 200. De acuerdo con las realizaciones ejemplares de la invención, el sistema de control de la turbina de viento 200 puede incluir un controlador 202. El controlador 202 puede incluir una memoria 204, uno o más procesadores de ordenador 206, una o más interfaces de E/S (entrada-salida) 208, y una o más interfaces de red 210. El/los procesador(es) 206 puede(n) estar en comunicación con la memoria 204, la interfaz de E/S 208, y la interfaz de red 210. La memoria se puede operar para almacenar un sistema operativo 212, los datos 214, un módulo de inclinación de las aspas 216, y un módulo de posición de rotor 218.
 55

- 5 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el sistema de control de la turbina de viento 200 puede incluir también un acelerómetro 118. De acuerdo con otras realizaciones ejemplares, se pueden incluir y usar acelerómetros opcionales adicionales 220 y 222 para aumentar la precisión de las mediciones, y/o para proporcionar redundancia. El acelerómetro 118 y los acelerómetros adicionales 220, 222 pueden producir las señales de acelerómetro 224 a introducir a los procesadores 206 a través de la una o más interfaces de E/S 208.
- 10 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el sistema de control de la turbina de viento 200 también puede incluir un codificador de eje 234. El codificador de eje puede medir la velocidad de giro del rotor 102. El codificador de eje 234 puede estar en comunicación con el eje del rotor u otros dispositivos que giran a una velocidad proporcional a la del rotor (no mostrados), bien antes o después de los engranajes, y puede proporcionar una señal de codificador 236 a introducir a los procesadores 206 a través de la una o más interfaces de E/S 208.
- 15 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el sistema de control de la turbina de viento 200 también puede incluir codificadores de la inclinación de las aspas 226, 228, 230. Los codificadores de inclinación de las aspas pueden monitorizar el ángulo de inclinación de las aspas del rotor 104, 106, 108 respectivamente, y pueden producir señales del codificador de inclinación de las aspas 232 para introducir a los procesadores 206 a través de la una o más interfaces de E/S 208. El módulo de inclinación de las aspas 216 puede estar en comunicación con el procesador 206 para producir señales de control de inclinación de las aspas 240 para controlar los motores de inclinación de las aspas 238 en base al menos en parte a las señales del codificador de inclinación de las aspas 232.
- 20 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, las señales del acelerómetro 224 y las señales del codificador del eje 236 se pueden procesar para determinar la posición angular del rotor 102. Esta información también se puede usar para producir las señales de control de inclinación de las aspas 240 que se pueden enviar a los motores de inclinación de las aspas 238 a través de la interfaz de E/S 208 para controlar la inclinación de las aspas del rotor 104, 106, 108.
- 25 Un procedimiento ejemplar 300 para la determinación de la posición angular de un rotor de turbina de viento 102 se describirá ahora con referencia al diagrama de flujo de la FIG. 3. El procedimiento comienza en el bloque 302. En el bloque 304 y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, se puede fijar un acelerómetro 118 al rotor 102 en una posición desplazada desde el eje de giro 109, y se pueden medir las aceleraciones tangencial (A_t) 114 y radial (A_r) 112. En el bloque 306, y de acuerdo con una realización ejemplar se mide la velocidad del rotor. La velocidad se puede medir por un codificador 234 en comunicación con el eje del rotor, bien antes o después del engranaje. El codificador 234 puede producir una o más señales de pulsos con cada revolución del rotor de turbina 102. La velocidad de giro del rotor 102 se puede determinar sumando o integrando los pulsos del codificador en una unidad de periodo de tiempo.
- 30 En el bloque 308, y de acuerdo con una realización ejemplar, se puede determinar la aceleración tangencial de giro (cA_t) del rotor en base al menos en parte del cambio de la velocidad del rotor con el tiempo.
- 35 En el bloque 310, y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la aceleración radial de giro del rotor (cA_r) se puede determinar en base al menos en parte a la medición de velocidad del rotor. De acuerdo con una realización ejemplar, la aceleración radial de giro (cA_r) se puede determinar calculando el cambio en la velocidad del rotor por unidad de periodo de tiempo.
- 40 En el bloque 312, y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la aceleración tangencial (A_t) 114, como se mide en el bloque 304, se puede ajustar para excluir la contribución de la medición debida a la aceleración tangencial de giro determinada (cA_t). En una realización, la aceleración tangencial de giro del rotor determinada (cA_t) se resta de la aceleración tangencial (A_t) 114 para producir una aceleración tangencial ajustada (aA_t).
- 45 En el bloque 314, y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la aceleración radial (A_r) 112, como se midió en el bloque 304, se puede ajustar para excluir la contribución de medición debida a la aceleración radial de giro determinada (cA_r).
- En una realización, la aceleración radial ajustada (aA_r) se puede determinar restando la aceleración radial de giro determinada (cA_r) (como se determinó en el bloque 310) a partir de la aceleración radial medida (A_r) 112.
- 50 En el bloque 316, y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la posición angular del rotor se puede determinar en base al menos en parte a la aceleración tangencial ajustada (aA_t) (desde el bloque 312) y la aceleración radial ajustada (aA_r) (desde el bloque 314). De acuerdo con una realización ejemplar, la posición angular del rotor se puede determinar como el arco tangente de una cantidad definida por la aceleración tangencial ajustada (aA_t) dividida por la aceleración radial ajustada (aA_r).
- En el bloque 318, y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la posición angular determinada del rotor 102 se puede usar para controlar uno o más parámetros de la turbina de viento 100. El procedimiento 300 termina en el bloque 320.
- 55 De acuerdo con ciertas realizaciones de la invención, se puede fijar un eje al rotor 102 y el eje puede transferir energía de giro a un generador eléctrico mediante un mecanismo de engranajes. El mecanismo de engranajes se

- 5 puede usar para aumentar la velocidad de giro del eje para cumplir con los requisitos de la velocidad de giro del rotor generador. De acuerdo con las realizaciones ejemplares de la invención, el codificador del eje 234, puede estar en comunicación con el eje del rotor de la turbina de viento, (que gira a la misma velocidad que el rotor), o puede estar en comunicación con el eje del rotor generador, que puede estar girando a una velocidad proporcional a la del eje del rotor. El codificador del eje 234 puede producir señales de codificador 236 que pueden incluir uno o más pulsos por revolución del eje. La velocidad de giro ω del rotor se puede calcular sumando o integrando los pulsos del codificador sobre una unidad de periodo de tiempo. Poniendo a escala, se pueden usar algoritmos de suavización y/o las técnicas de suavización para mejorar la precisión de la velocidad de rotor calculada 102 sobre las señales del codificador 236.
- 10 De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención la aceleración radial (A_r) 112 y la aceleración tangencial (A_t) 114 del rotor 102 se pueden medir por un acelerómetro de múltiples ejes 118, o por dos o más acelerómetros de un único eje 118.
- 15 Como se ha mencionado anteriormente y de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la posición angular del rotor se puede determinar con un rotor estacionario 102. Después de establecer la posición angular del rotor estacionario 102, la posición angular del rotor en giro 102 se puede determinar monitorizando las señales del codificador 236 a partir del codificador del eje 234, que puede proporcionar un tren de pulsos a una frecuencia proporcional a la velocidad de giro del rotor 102.
- 20 En el caso de que el rotor 102 esté girando, también habrá componentes de aceleración adicionales de giro centrípeta y tangencial que pueden actuar para modificar la aceleración radial medida (A_r) 112 y la aceleración tangencial (A_t) 114 de las mediciones del rotor 102. Por lo tanto, para determinar el ángulo del vector de gravedad (A_g) 116, y por lo tanto, la posición angular del rotor 102, se pueden usar la velocidad y aceleración del rotor 102, como se determinan a partir del codificador de eje 234, para compensar o ajustar las lecturas del acelerómetro 118 y proporcionar el ángulo del vector de gravedad restante (A_g) 116. Por lo tanto, cuando el rotor 102 está girando, la posición angular del rotor 102 se puede determinar por la ecuación: posición angular = arco tangente $((A_t - cA_t) / (A_r - cA_r))$. De acuerdo con una realización ejemplar, los signos (+/-) de este valor calculado se puede usar para determinar el cuadrante de la posición del rotor 102. De acuerdo con una realización ejemplar, la magnitud del vector de gravedad se puede verificar que es aproximadamente 1g mediante la ecuación $M = \text{raíz cuadrada de } (aA_t^2 + aA_r^2)$, donde $aA_t = A_t - cA_t$ y $aA_r = A_r - cA_r$. Este cálculo se puede usar para verificar si el sistema está funcionando adecuadamente.
- 25 De acuerdo con realizaciones ejemplares, la posición angular del rotor 102 se puede estimar contando, integrando o interpolando los pulsos 236 de la señal del codificador. Esta posición angular estimada se puede usar a su vez como un sustituto opcional parcial o total para la posición angular determinada por el acelerómetro 118, particularmente en casos donde eventos dinámicos frecuentes causan una cantidad excesiva de ruido en las señales del acelerómetro 224.
- 30 De acuerdo con realizaciones ejemplares, uno o más acelerómetros de múltiples ejes 118 se pueden fijar a una o más localizaciones sobre el rotor 102 para proporcionar mediciones redundantes, de acuerdo con cualquiera de las realizaciones presentadas. De acuerdo con otra realización ejemplar, se pueden usar múltiples acelerómetros de un único eje en lugar de un acelerómetro de múltiples ejes.
- 35 Por consiguiente, diversas realizaciones ejemplares de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos de creación de ciertos sistemas y procedimientos para determinar la posición angular de un rotor de turbina de viento. Realizaciones ejemplares de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos adicionales de proporcionar sistemas y procedimientos para mejorar la determinación de la posición angular de un rotor de turbina de viento.
- 40 En ciertas realizaciones de la invención, la turbina de viento 100 y el sistema de control de la turbina de viento 200 pueden incluir cualquier número de aplicaciones software que se ejecutan para facilitar cualquiera de las operaciones.
- 45 En ciertas realizaciones, una o más interfaces de E/S pueden facilitar la comunicación entre los sensores sobre la turbina de viento 100, sensores de velocidad sobre el eje del rotor asociado, el sistema de control de la turbina de viento 200, y uno o más dispositivos de entrada/salida. Los dispositivos ejemplares de entrada/salida incluyen acelerómetros, codificadores incrementales, acondicionadores de señal, un puerto bus serie universal, un puerto serie, una unidad de disco, una unidad de CD-ROM, y/o uno o más dispositivos de interfaz de usuario, tales como, una pantalla, un teclado, un teclado reducido, un ratón, un panel de control, una pantalla táctil, un micrófono, etc. Estos dispositivos pueden facilitar la interacción de usuario con el sistema de control de la turbina de viento 200. La una o más interfaces E/S se pueden usar para recibir o recoger datos y/o instrucciones del usuario de una amplia diversidad de dispositivos de entrada. Los datos recibidos se pueden procesar por uno o más procesadores de ordenador como se desee en las diversas realizaciones de la invención y/o almacenarse en uno o más dispositivos de memoria.
- 50 Una o más interfaces de red pueden facilitar la conexión del sistema de control de la turbina de viento 200, entradas y salidas a una o más redes adecuadas y/o conexiones, por ejemplo, las conexiones que facilitan las
- 55

comunicaciones de cualquier número de sensores asociados con el sistema. La una o más interfaces de red pueden facilitar además la conexión con una o más redes adecuadas; por ejemplo, una red de área local, una red de área ancha, la internet, una red celular, una red de frecuencia de radio, una red habilitada para Bluetooth™, una red habilitada para Wi-Fi™, una red basada en satélite, cualquier red cableada, cualquier red inalámbrica, etc. para la comunicación con dispositivos y/o sistemas externos.

Si se desea, las realizaciones de la invención pueden incluir el sistema de turbina de viento 100 y el sistema de control de la turbina de tiempo 200 con más o menos componentes de los ilustrados en las FIG. 1 y 2.

La invención se ha descrito anteriormente con referencia a diagramas de bloques y de flujos de sistemas, procedimientos, aparatos, y/o productos de programa de ordenador de acuerdo con las realizaciones ejemplares de la invención. Se entenderá que uno o más bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y diagramas de flujo, respectivamente, se pueden implementar por instrucciones de programa ejecutables por ordenador. Del mismo modo, algunos bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo puede que no se necesiten realizar necesariamente en el orden presentado o puede que no se necesiten realizar en absoluto, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Estas instrucciones de programa ejecutables por ordenador se pueden cargar sobre un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial, un procesador, u otros aparatos de procesamiento de datos programables para producir una máquina particular, de modo que las instrucciones que se ejecutan sobre el ordenador, procesador u otros aparatos de procesamiento de datos programables crean medios para la implementación de una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Estas instrucciones del programa de ordenador también se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador que se pueden dirigir a un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para funcionar en un modo particular de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador producen un artículo de fabricación que incluye un medio de instrucciones que implementa una o más funciones especificadas en el bloque o bloques de diagrama de flujos. Como ejemplo, se pueden proporcionar realizaciones de la invención para un producto de programa de ordenador que comprende un medio utilizable por ordenador que tiene un código de programa legible por ordenador o instrucciones de programa incorporadas en el mismo, adaptado dicho código de programa legible por ordenador para ejecutarse para implementar una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Las instrucciones del programa de ordenador también se pueden cargar sobre un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para causar una serie de elementos o etapas operacionales a realizar sobre el ordenador u otros aparatos programables para producir un procedimiento implementado por ordenador de modo que las instrucciones que se ejecutan sobre el ordenador u otro aparato programable proporcionan elementos o etapas para implementar las funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo.

Por consiguiente, los bloques de los diagramas de bloques y los diagramas de flujo soportan combinaciones de medios para realizar las funciones especificadas, combinaciones de elementos o etapas para la realización de las funciones especificadas y el medio de instrucciones de programa para la realización de funciones especificadas. También se entenderá que cada bloque de los diagramas de bloque y diagramas de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y diagramas de flujos, se pueden implementar por sistemas de propósito especial, sistemas ordenador basado en hardware que realizan las funciones especificadas, elementos o etapas, o combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones de ordenador.

Aunque la invención se ha descrito en conexión con lo que actualmente se consideran las más prácticas y diversas realizaciones, se entenderá que la invención no está limitada a las realizaciones desveladas, sino que por el contrario, se pretende que cubran diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque se han empleado términos específicos en este documento, se usan solamente en un sentido genérico y descriptivo, y no para propósitos de limitación.

Esta descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención incluyendo el modo preferido y también posibilita que cualquier experto en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la realización y uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualesquiera procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de determinación de la posición angular del rotor (102) de una turbina de viento, comprendiendo el procedimiento :

5 medir la aceleración tangencial (At) (114) y la aceleración radial (Ar) (112) del rotor (102) a un radio R desde el eje del rotor;
medir la velocidad de giro ω del rotor (102) con al menos un codificador del eje (234);

 calcular la aceleración tangencial de giro (cAt) (120) del rotor (102) en base al menos en parte al cambio de la velocidad de giro medida ω del rotor (102) en el tiempo siendo $cAt = R d\omega / dt$;

10 calcular la aceleración radial de giro (cAr) (110) en base al menos en parte a la velocidad de giro medida ω del rotor (102), siendo $cAr = \omega^2 R$;
ajustar la aceleración tangencial medida (At) (114) en base al menos en parte a la aceleración tangencial de giro calculada (cAt) (120);
ajustar la aceleración radial medida (Ar) (112) en base al menos en parte a la aceleración radial de giro calculada (cAr) (110); y
15 determinar una posición angular del rotor (102) en base al menos a la aceleración tangencial ajustada (aAt) y la aceleración radial ajustada (aAr).

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

20 controlar uno o más parámetros de la turbina de viento (100), en base al menos en parte a la posición angular determinada del rotor (102), en el que el uno o más parámetros comprenden la inclinación de las aspas, la posición del rotor (102), y la velocidad del rotor (102).

3. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la medición de la aceleración tangencial (At) (114) y la aceleración radial (Ar) (112) del rotor (102) comprende detectar las salidas de ejes ortogonales de un acelerómetro de múltiples ejes (118).

25 4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la medición de la velocidad de giro ω del rotor (102) comprende detectar las salidas de pulsos del codificador del eje (234), en el que el codificador del eje (234) está en comunicación con un eje de transmisión que gira a una velocidad proporcional a la velocidad de giro del rotor (102).

30 5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que el ajuste de la aceleración tangencial medida (At) (114) y el ajuste de la aceleración radial medida (Ar) (112) se usan para determinar una posición angular del rotor (102), y en el que el ajuste de la aceleración tangencial medida (At) (114) comprende restar la aceleración tangencial de giro calculada (cAt) (120) de la aceleración tangencial de medida (At) (114), y en el que el ajuste de la aceleración radial medida (Ar) (112) comprende restar la aceleración radial de giro calculada (cAr) (110) de la aceleración radial medida (Ar) (112).

35 6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la determinación de una posición angular del rotor (102) comprende determinar el arco tangente de una cantidad definida por la medición de la aceleración tangencial ajustada (aAt) dividida por la medición de la aceleración radial ajustada (aAr) y el uso de los signos (+/-) de las mediciones de la aceleración tangencial ajustada (aAt) y la aceleración radial ajustada (aAr) para determinar el cuadrante de la posición del rotor (102).

40 7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la determinación de la posición angular del rotor (102) comprende:

 medir la aceleración tangencial (At) (114) y la aceleración radial (Ar) (112) del rotor (102) cuando está estacionario;
determinar la posición angular del rotor estacionario (102) en base al menos a la aceleración tangencial medida (At) (114) y la aceleración radial (Ar) (112);
45 medir la posición incremental del rotor en giro (102), en el que la medición de la posición incremental comprende contar las salidas de pulsos de un codificador del eje (234); y,
determinar la posición angular del rotor en giro (102) en base al menos a las mediciones de la aceleración del rotor estacionario (102) y las mediciones de posición incrementales del rotor en giro(102).

8. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:

50 determinar la magnitud (M) del vector de gravedad (116) en base a las mediciones de la aceleración tangencial ajustada (aAt) y la aceleración radial ajustada (aAr); y,
validar al menos la posición angular determinada del rotor (102) comparando la magnitud determinada (M) con una magnitud esperada de la gravedad.

- 5 9. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la medición de la aceleración tangencial (A_t) (114) y la aceleración radial (A_r) (112) comprende la medición simultánea de la aceleración tangencial (A_t) (114) y la aceleración radial (A_r) (112) en dos o más posiciones de medición del rotor (102) y cada uno de los pares de medición en las dos o más posiciones de medición se usan para determinar las posiciones del rotor redundantes (102).
10. Un sistema de determinación de la posición angular del rotor (102) de una turbina de viento, comprendiendo el sistema:
- 10 al menos un acelerómetro (118) operable para medir la aceleración tangencial (A_t) (114) y la aceleración radial (A_r) (112) a un radio R del eje del rotor (102);
- 10 un codificador de eje (234) operable para medir la velocidad de giro ω del rotor (102);
- uno o más procesadores (206) operables para:
- 15 calcular la aceleración tangencial de giro (cA_t) (120) del rotor (102) en la una o más posiciones de medición en base al menos en parte al cambio de la velocidad de giro medida ω del rotor (102) sobre el tiempo, siendo $cA_t = R \, d\omega / dt$;
- 15 calcular la aceleración radial de giro (110) (cA_r) del rotor (102) en base al menos en parte a la velocidad de giro medida ω del rotor (102), siendo $cA_r = \omega^2 R$;
- ajustar la aceleración tangencial medida (A_t) (114) con la aceleración tangencial de giro calculada (cA_t) (120);
- 20 ajustar la aceleración radial medida (A_r) (112) con la aceleración radial de giro calculada (cA_r) (110); y
- determinar una posición angular del rotor (102) en base a la aceleración tangencial ajustada (aA_t) y la aceleración radial ajustada (aA_r)

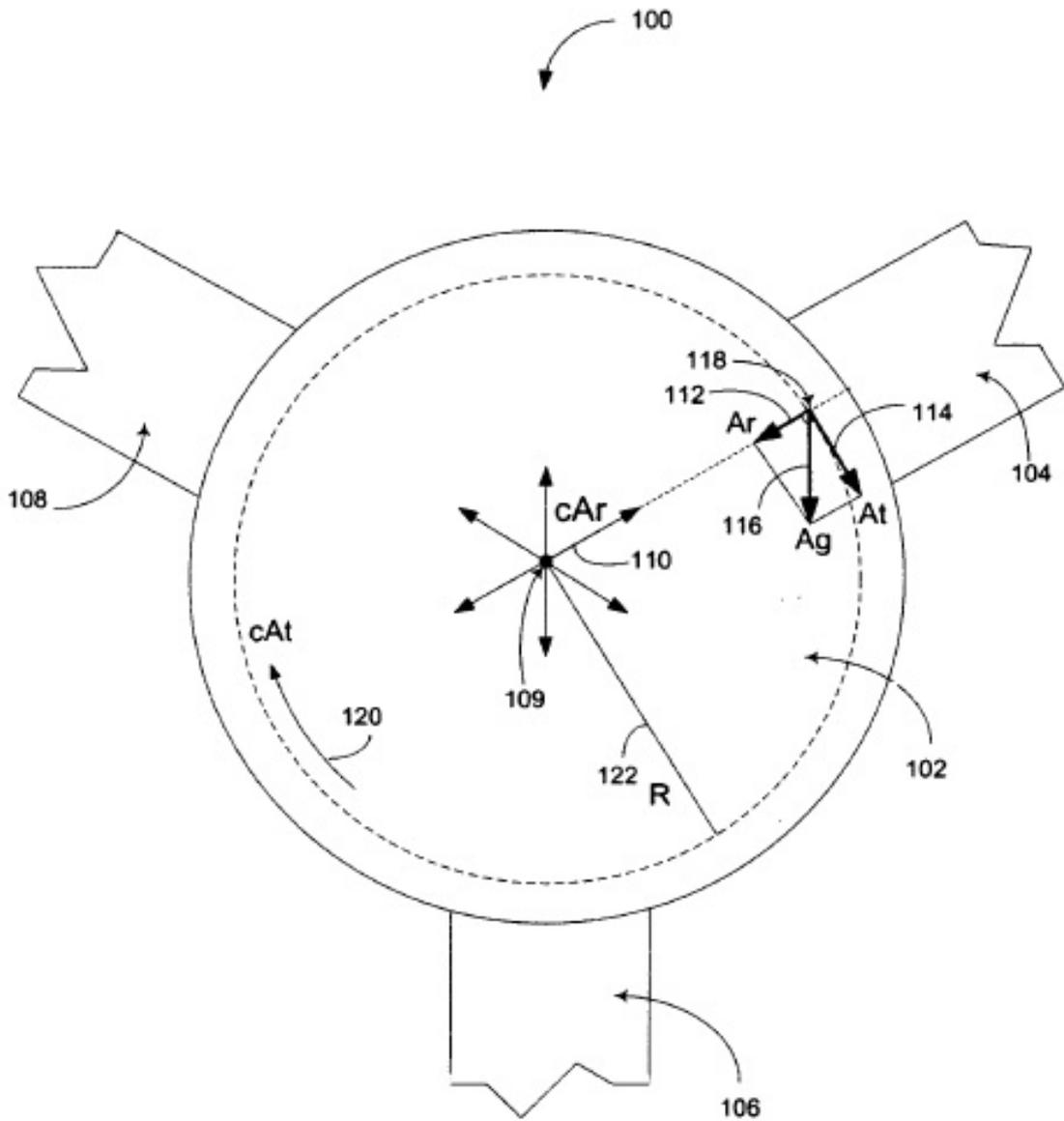


FIG. 1

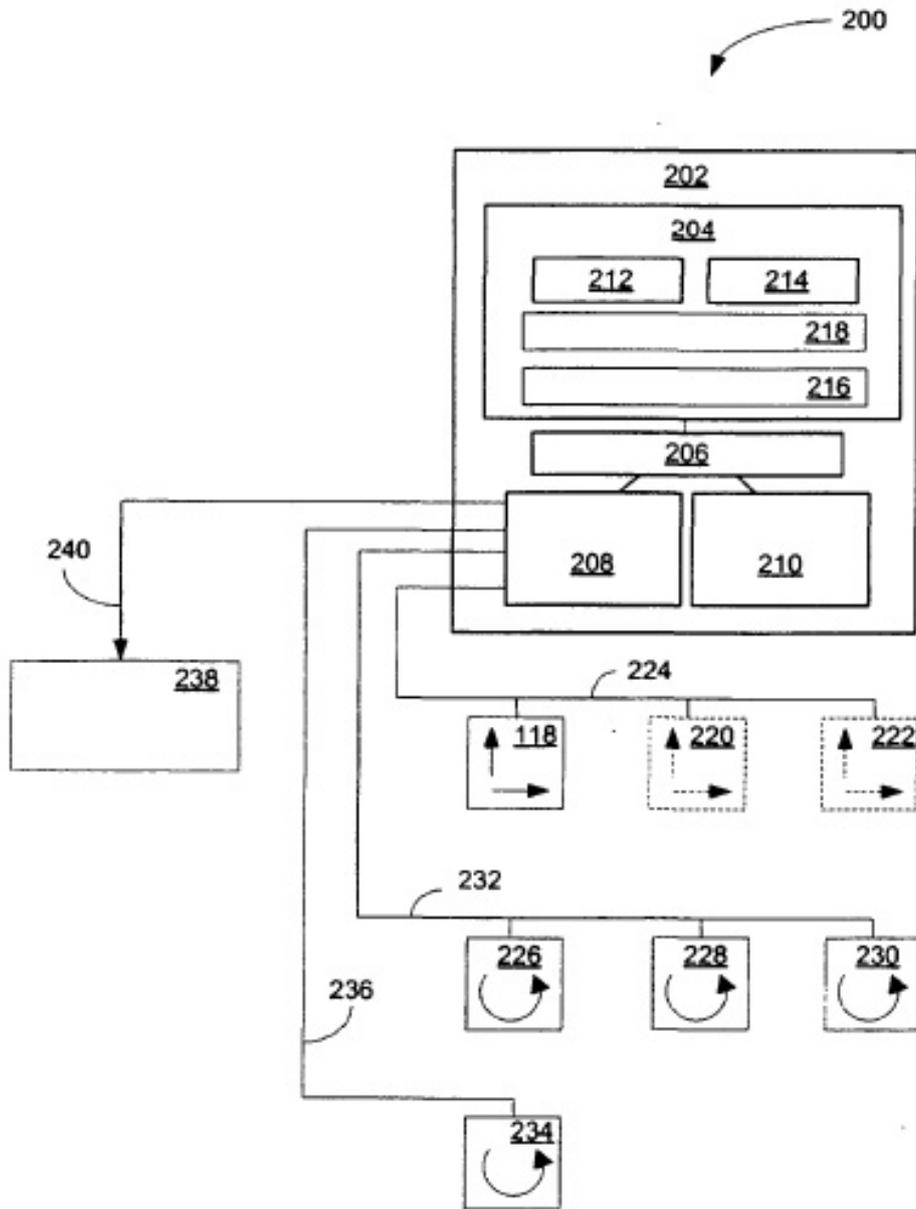


FIG. 2

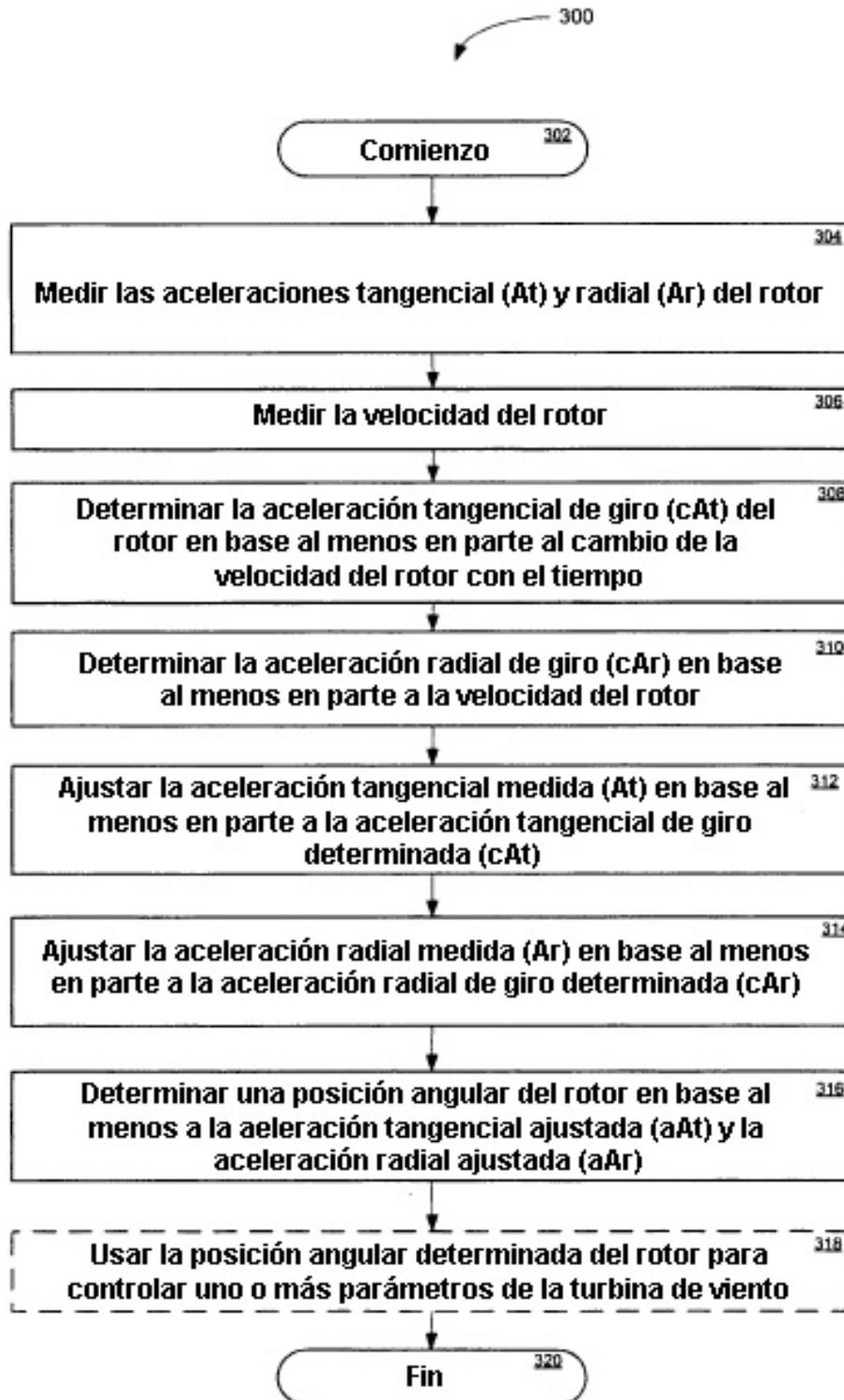


FIG. 3