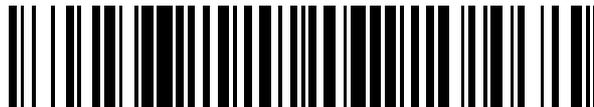


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 128**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2010 E 10188677 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2317129**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica**

30 Prioridad:

29.10.2009 US 608393

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

21.10.2013

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 2 426 128 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 para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica

La presente invención se refiere, en general, a sistemas y procedimientos para someter a prueba un componente de turbina eólica y, en particular, a sistemas y procedimientos para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica.

Se sabe que se puede obtener energía eléctrica a partir de la energía eólica usando turbinas eólicas. Frecuentemente, se utiliza el control del cabeceo de las palas de la turbina para crear condiciones óptimas de carga de la turbina con el fin de obtener energía eólica con la mayor eficacia posible, pero el control del cabeceo de las palas de la turbina también puede ser necesario en situaciones de emergencia para poner el rotor de la turbina en condiciones seguras de velocidad de rotación próxima a cero. Puede ser necesario modificar el cabeceo de las palas en determinadas circunstancias, cuando no hay una red eléctrica disponible. Por ejemplo, puede que las palas no tengan un ángulo de cabeceo óptimo o seguro durante un corte en la red eléctrica. Por lo tanto, se puede utilizar un sistema de baterías para proporcionar energía de reserva para emergencias al sistema de control del cabeceo de las palas de la turbina y a los motores de cabeceo de las palas.

Un sistema de reserva para emergencias de control del cabeceo puede incluir componentes tales como baterías, controladores, módulos de cabeceo de las palas, motores de cabeceo de las palas, acelerómetros, codificadores del cabeceo de las palas, engranajes, árboles y sistemas de lubricación. Estos componentes se pueden someter a prueba periódicamente para determinar si el sistema de reserva para emergencias de control del cabeceo puede realizar la función a la que está destinado durante un corte de electricidad. Sin embargo, las condiciones de prueba para el sistema de reserva de control del cabeceo dependen enormemente de la orientación de las palas del rotor. Por lo tanto, persiste la necesidad de proporcionar mejores sistemas y procedimientos para someter a prueba sistemas de control del cabeceo de turbina eólicas.

El documento US 2009/0184519 divulga un sistema de cabeceo de velocidad controlada para una turbina eólica.

El documento US 2009/0224543 analiza un procedimiento para la operación de una planta de energía eólica y una planta de energía eólica que tiene al menos una pala de rotor de ángulo ajustable.

Algunas o todas las necesidades anteriores se pueden abordar por un procedimiento para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9. En las reivindicaciones adjuntas se definen diversos aspectos y modos de realización de la presente invención.

En el presente documento se describen en detalle otros modos de realización y aspectos de la invención. Se pueden entender otros modos de realización y aspectos con referencia a la siguiente descripción detallada, los dibujos que la acompañan y las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se hará referencia a las tablas y los dibujos adjuntos, que no están necesariamente a escala, y en los que:

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

La FIG. 2 es un diagrama de un sistema de control de una turbina eólica ilustrativo de acuerdo con un modo de realización ejemplar de la invención.

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

A continuación en el presente documento se describirán modos de realización de la invención en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran modos de realización de la invención. No obstante, la presente invención se puede realizar de muchas formas diferentes y no se debería considerar limitada a los modos de realización descritos en el presente documento; antes bien, estos modos de realización se proporcionan con el fin de que la presente divulgación sea exhaustiva y completa. En toda su extensión, los números semejantes se refieren a elementos semejantes.

De acuerdo con los modos de realización de la invención, se proporcionan un procedimiento y un sistema para someter a prueba los componentes asociados con un sistema de cabeceo de las palas de una turbina eólica. Determinados modos de realización de la invención pueden permitir someter a prueba los componentes asociados con el sistema de cabeceo de las palas y evaluarlos de forma más precisa mediante la inclusión de información de la carga de torsión (o par de torsión) del cabeceo de las palas al someter a prueba y evaluar los componentes.

El centro de gravedad de la pala de la turbina puede no estar necesariamente alineado con el eje de rotación de cabeceo de la pala; y, por lo tanto, la carga de torsión sobre cada pala puede ser una función de la posición angular de la pala con respecto al eje del rotor. Por ejemplo, la gravedad puede inducir una cantidad significativa de par de

5 torsión sobre una pala en la posición de aproximadamente 90 grados (las 3 en punto) o de aproximadamente 270 grados (las 9 en punto), pero el par de torsión puede ser mínimo cuando la pala está en la posición de aproximadamente 0 grados (las 12 en punto) o aproximadamente 180 grados (las 6 en punto). Se puede utilizar un acelerómetro unido al rotor para medir la magnitud y el signo de la componente de la gravedad que es tangencial al rotor, y se puede utilizar esta medida del acelerómetro para predecir el par de torsión de la pala.

10 Se puede colocar un acelerómetro cerca de la raíz de la pala para medir la fuerza debida a la gravedad tangencial a la rotación del buje. Debido al diseño de los acelerómetros electrónicos, se pueden registrar las fuerzas gravitacionales como una aceleración igual a la fuerza de una componente vectorial de la gravedad a lo largo del eje de medida en sentido opuesto a la fuerza aplicada por la gravedad. Un acelerómetro fijo con un eje de medida vertical puede registrar aproximadamente 1 g de aceleración en sentido ascendente. Cuando una pala está recta hacia arriba o recta hacia abajo (aproximadamente 0 o aproximadamente 180 grados) el acelerómetro del eje tangencial registrará aproximadamente 0 g de aceleración. Cuando el rotor está situado a aproximadamente 90 o aproximadamente 270 grados, el acelerómetro puede registrar aproximadamente +1 g o aproximadamente -1 g.

15 Se pueden utilizar sensores para determinar el ángulo de cabeceo y se pueden usar acelerómetros para medir el vector de gravedad tangencial. El ángulo de cabeceo de la pala y el vector de gravedad tangencial se pueden utilizar para predecir la cantidad de esfuerzo que puede ser adecuada para modificar el cabeceo de la pala. El ángulo de cabeceo de la pala y el vector de gravedad tangencial se pueden utilizar para predecir la tasa de cabeceo de la pala, que puede variar en función del cabeceo de la pala y el ángulo del buje. La predicción de la tasa de cabeceo de la pala y/o del esfuerzo adecuado para modificar el cabeceo de la pala se puede calcular directamente usando las medidas del acelerómetro y la información del ángulo de cabeceo. La información del ángulo de cabeceo de la pala y del vector de gravedad tangencial puede permitir límites de paso/fallo de la tasa de cabeceo cuando se somete a prueba un sistema de control del cabeceo de la pala que se quiere ajustar en función del vector de gravedad y el ángulo de cabeceo de la pala. El cálculo de los límites de error de la tasa de cabeceo se puede realizar usando una tabla de consulta o una ecuación. El límite de error del par de torsión y la tasa de cabeceo se puede calcular de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$T_f = \text{par de torsión por rozamiento del cojinete de cabeceo} = f(\text{abs}(A_t))$, donde $A_t = \text{aceleración tangencial}$.

$T_{gm} = f(A_t, P_a)$, donde $P_a = \text{ángulo de cabeceo}$.

$T_p = \text{par de torsión previsto} = T_c + T_f + T_{gm}$, donde $T_c = \text{par de torsión constante (independiente de la gravedad)}$.

$S_p = \text{Tasa de cabeceo prevista} = f(T_p)$.

30 $SL = \text{Límite de error de la tasa de cabeceo} = S_p * \% \text{ margen}$.

35 El ángulo de cabeceo de la pala y el vector de gravedad tangencial se utilizan para predecir la tasa de cabeceo de la pala cuando se somete a prueba un sistema para emergencias de posición de bandera. El giro a posición de bandera es el procedimiento de cambio del ángulo de cabeceo de la pala desde la posición en funcionamiento, próxima a cero grados, a la posición de bandera, próxima a 90 grados. Este procedimiento de giro a posición de bandera puede ralentizar el rotor de la turbina hasta condiciones seguras de velocidad de rotación próxima a cero. Se puede diseñar el sistema de giro a posición de bandera para girar las palas a posición de bandera si el funcionamiento normal del sistema de cabeceo es incapaz de girar a posición de bandera, por ejemplo, durante una pérdida de red eléctrica, una parada de emergencia y/o la detección de una velocidad excesiva. Dado que el sistema para emergencias de giro a posición de bandera debe estar operativo durante un corte en la red, debe estar alimentado por baterías.

40 La tasa de cabeceo de la pala puede ser una función del buen estado de la batería y la carga del motor de cabeceo. Dado que el centro de gravedad de la pala puede no estar necesariamente alineado con el eje de rotación de cabeceo, la gravedad y el ángulo de cabeceo pueden tener un efecto relativamente grande sobre la carga del motor de cabeceo y la tasa de cabeceo resultante. Se puede llevar a cabo una prueba de las baterías de un sistema para emergencias de giro a posición de bandera con el rotor prácticamente detenido y sin tener en cuenta la posición del rotor. En este modo de realización, cuando se lleva a cabo la prueba, la pala puede estar en cualquier ángulo en relación con la turbina, tal como hacia arriba, hacia abajo, hacia la izquierda o hacia la derecha de la turbina. Se pueden fijar límites para la tasa de cabeceo para las condiciones de la tasa de cabeceo esperada basándose en al menos el cabeceo de la pala y el par de torsión previsto sobre la pala debido a la gravedad.

50 Para garantizar el buen estado del sistema de reserva para emergencias y los componentes asociados (incluidos controladores, módulos de cabeceo de la pala, baterías, motores de cabeceo de la pala, acelerómetros, codificadores de cabeceo de la pala, engranajes, árboles o sistemas de lubricación), el sistema de control de la turbina puede someter a prueba periódicamente los componentes usando algunas o la totalidad de las siguientes etapas:

55 a. Se puede llevar el rotor a una velocidad próxima a cero girando todas las palas a posición de bandera, aproximadamente a 90 grados.

- b. Después, se puede conducir una sola pala a la posición de plena activación, de prácticamente cero grados de ángulo de cabeceo.
- c. Se puede activar el sistema de emergencia para devolver la pala a aproximadamente 90 grados.
- d. Se puede medir la tasa de cabeceo en diversos puntos, a medida que la pala se desplaza aproximadamente hasta los 90 grados.
- e. Se pueden comparar las tasas de cabeceo con los límites.
- f. Se pueden introducir fallos en el sistema de emergencia si las tasas están por debajo de los límites.
- g. Se puede repetir el procedimiento desde la etapa b para cada una de las palas restantes.

A continuación se describirán diversos componentes del sistema para someter a prueba el sistema de control del cabeceo de una turbina eólica, de acuerdo con los modos de realización de la invención, con referencia a las figuras adjuntas.

La FIG. 1 es un diagrama de un rotor de turbina eólica ilustrativo de acuerdo con un modo de realización de la invención. La FIG. 1 ilustra una turbina eólica (100) que comprende un rotor (102) y palas (104, 106, 108). En otros modos de realización se pueden utilizar una o más palas. El rotor (102) puede rotar alrededor de un eje de rotación (109). Un acelerómetro (118) situado a aproximadamente un radio (122) (r) desde el eje de rotación (109) puede medir uno o más componentes de un vector de gravedad (116) (Ag), que puede comprender una componente de aceleración radial (112) (Ar) y una componente de aceleración tangencial (114) (At).

La FIG. 2 ilustra un sistema de control (200) de una turbina eólica. El sistema de control (200) de la turbina eólica incluye un controlador 202. El controlador (202) puede incluir una memoria (204), uno o más procesadores (206) informáticos, una o más interfaces (208) I/O (entrada-salida) y una o más interfaces (210) de red. El/los procesadores (206) pueden estar en comunicación con la memoria (204), la(s) interfaz/interfaces (208) I/O y la(s) interfaz/interfaces (210) de red. La memoria puede ser funcional para almacenar un sistema operativo (212), datos (214), un módulo (216) de cabeceo de la pala y un módulo (218) de posición del rotor.

El sistema de control (200) de la turbina eólica incluye también un acelerómetro (118). Se pueden incluir acelerómetros (220, 222) opcionales adicionales y utilizarlos para aumentar la precisión de las medidas y/o para proporcionar redundancia. El acelerómetro (118) y los acelerómetros (220, 222) opcionales producen señales (224) de acelerómetro para introducirlas en los procesadores (206) a través de las una o más interfaces (208) I/O.

El sistema de control 200 de la turbina eólica incluye también uno o más codificadores o sensores (226, 228, 230) del cabeceo de las palas. Los codificadores (226, 228, 230) del cabeceo de las palas miden el ángulo de cabeceo de las palas (104, 106, 108). Los codificadores (226, 228, 230) del cabeceo de las palas pueden ser codificadores graduales y pueden proporcionar señales (232) de codificador para introducirlas en los procesadores (206) a través de las una o más interfaces (208) I/O.

El módulo (216) de cabeceo de la pala puede estar en comunicación con el procesador (206) para producir señales (234) de control del cabeceo de la pala para controlar los motores (238) de cabeceo de la pala basándose, al menos en parte, en las señales (232) del codificador del cabeceo de la pala.

Se procesan las señales (224) de acelerómetro y las señales (232) del codificador para determinar un par de torsión del cabeceo aplicado a una o más de las palas (104, 106, 108) debido a la gravedad. Esta información la pueden utilizar también los procesadores (206) u otros procesadores alejados para configurar o ajustar los límites de prueba.

Una o más baterías (238) pueden suministrar energía a los motores (236) de cabeceo de la pala. Las baterías (238) también pueden suministrar energía a cualquiera de los demás componentes del sistema de control (200) del cabeceo de la turbina eólica.

A continuación se describirán, con referencia al diagrama de flujo de la FIG. 3, el procedimiento 300 para someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica y los componentes asociados. El procedimiento comienza en el bloque 302. En el bloque 304 se mide la aceleración tangencial (At) del rotor de la turbina eólica. La aceleración tangencial debida a la gravedad se puede medir usando uno o más acelerómetros (118, 220, 222). En el bloque 306, se determina el ángulo de cabeceo de una o más palas (104, 106, 108) de la turbina. El ángulo de cabeceo de la pala se puede determinar por medio de uno o más codificadores (226, 228, 230) del cabeceo de la pala.

El procedimiento 300 puede continuar con los bloques 310, 312, 314 y 316 opcionales. En el bloque 308, se predice el par de torsión aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina basándose, al menos en parte, en la aceleración tangencial (114) (At) y el ángulo de cabeceo de la pala. Se pueden predecir otros parámetros esperados, incluidos la intensidad de corriente, el tiempo de rotación de cabeceo de la pala o la posición de rotación de cabeceo de la pala en función del tiempo, basándose al menos en parte en la aceleración tangencial (114) (At) y el ángulo de cabeceo de la pala.

5 En el bloque opcional 312, se puede controlar el cabeceo de las una o más palas de la turbina. En el bloque opcional 314, se pueden determinar uno o más parámetros reales asociados con el control del cabeceo de las una o más palas de la turbina. Los parámetros reales asociados con el control del cabeceo pueden incluir el par de torsión del motor de cabeceo de la pala, la posición de la pala, la intensidad de corriente de la batería, la intensidad de corriente del motor de cabeceo de la pala, el ángulo de rotación de cabeceo de la pala, el tiempo de rotación de cabeceo de la pala o la posición de rotación de cabeceo de la pala en función del tiempo.

10 En el bloque opcional 316, se puede determinar el estado de uno o más componentes asociados con la turbina eólica basándose, al menos en parte, en los uno o más parámetros reales determinados y en los uno o más parámetros esperados. Los uno o más componentes asociados con la turbina eólica pueden incluir un controlador, un módulo de cabeceo de la pala, una batería, un motor de cabeceo de la pala, un acelerómetro, un codificador del cabeceo de la pala, un engranaje, un árbol o un sistema de lubricación.

El procedimiento 300 finaliza en el bloque 318.

15 En consecuencia, los modos de realización de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos de crear determinados sistemas y procedimientos que pueden someter a prueba un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica.

Los modos de realización de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos adicionales de proporcionar sistemas y procedimientos para someter a prueba componentes asociados con un sistema de control del cabeceo de una turbina eólica.

20 La turbina eólica 100 y el sistema de control 200 de la turbina eólica pueden incluir cualquier número de aplicaciones informáticas que se ejecuten para facilitar cualquiera de las operaciones.

25 Una o más interfaces I/O pueden facilitar la comunicación entre el sistema de control 200 de la turbina eólica y uno o más sensores o dispositivos de entrada/salida. Por ejemplo, acelerómetros, acondicionadores de la señal, un puerto USB, un puerto serial, 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 numérico, un ratón, un panel de control, una pantalla táctil, un micrófono, etc. que facilitan la interacción del usuario con el sistema de control 200 de la turbina eólica. Las una o más interfaces I/O se pueden utilizar para recibir o reunir datos y/o instrucciones de usuario de una amplia variedad de dispositivos de entrada. En diversos modos de realización de la invención se pueden procesar los datos recibidos mediante uno o más procesadores informáticos, como se desee, y/o almacenarlos en uno o más dispositivos de memoria.

30 Una o más interfaces de red pueden facilitar la conexión de las entradas y salidas del sistema de control 200 de la turbina eólica con una o más redes y/o conexiones adecuadas, por ejemplo, las conexiones que facilitan las comunicaciones con cualquier número de sensores asociados con el sistema. Las 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 amplia, Internet, una red de telefonía móvil, una red de radiofrecuencia, una red habilitada para Bluetooth™, una red habilitada para Wi-Fi™, una red vía satélite, cualquier red cableada, cualquier red sin cables, etc. para la comunicación con dispositivos y/o sistemas externos.

40 La invención se ha descrito anteriormente con referencia a diagramas de bloques y de flujo de sistemas, procedimientos, aparatos y/o productos de programas de ordenador de acuerdo con los modos de realización de la invención. Se entiende que se pueden implementar uno o más bloques de los diagramas de bloques y los diagramas de flujo, y combinaciones de bloques de los diagramas de bloques y los diagramas de flujo, respectivamente, por medio de instrucciones de programa ejecutables por ordenador.

45 Estas instrucciones de programa ejecutables por ordenador se pueden cargar en un ordenador de uso general, un ordenador de uso especial, un procesador u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina en particular, de modo que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador, procesador u otros aparatos de procesamiento de datos programable crean medios para implementar una o más funciones especificadas en el bloque o los bloques del diagrama de flujo. Estas instrucciones de programa de ordenador se pueden almacenar también en una memoria de lectura por ordenador que puede dirigir el funcionamiento de un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable de una manera particular, de tal manera que las instrucciones almacenadas en la memoria de lectura por ordenador producen un artículo de fabricación que incluye los medios de instrucción que implementan una o más funciones especificadas en el bloque o los bloques del diagrama de flujo.

50 Como ejemplo, los modos de realización de la invención pueden proporcionar un producto de programa de ordenador que comprende un medio que se puede usar por ordenador que tiene un código de programa o instrucciones de programa de lectura por ordenador incorporados, estando adaptado dicho código de programa de lectura por ordenador para implementar una o más funciones especificadas en el bloque o los bloques del diagrama de flujo.

55 Las instrucciones de programa de ordenador también se pueden cargar en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que se realicen una serie de etapas o elementos operativos en el ordenador u otro aparato programable para producir un procedimiento implementado por ordenador tal que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan elementos o etapas para

implementar las funciones especificadas en el bloque o los bloques del diagrama de flujo.

5 En consecuencia, el bloque o 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 realizar las funciones especificadas y los medios de instrucciones de programa para realizar las funciones especificadas. También se entenderá que se puede implementar cada bloque de los diagramas de bloques y los diagramas de flujo, y las combinaciones de bloques de los diagramas de bloques y los diagramas de flujo, por medio de sistemas informáticos basados en soporte físico de uso especial que realizan las funciones, elementos o etapas especificados, o combinaciones de instrucciones de uso especial para soporte físico y ordenadores.

10 Si bien se ha descrito la invención en relación con los que actualmente se consideran los modos de realización más prácticos y diversos, se debe entender que la invención no se limita a los modos de realización divulgados, al contrario, se pretende que cubra diversas modificaciones y configuraciones equivalentes incluidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15 Esta descripción por escrito usa ejemplos para divulgar la invención, incluido el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluidos la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (300) para someter a prueba un sistema de control (200) del cabeceo de una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 medir (304) la aceleración tangencial (114) (At) de un rotor (102) de una turbina eólica;
 - determinar (306) el ángulo de cabeceo de una o más palas (104, 106, 108) de la turbina eólica;
 - predecir (308) el par de torsión aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina que es adecuado para modificar el cabeceo de la pala basándose, al menos en parte, en la aceleración tangencial (114) (At) y el ángulo de cabeceo; y
 - 10 predecir una tasa de cabeceo de la pala para someter a prueba un sistema para emergencias de posición de bandera basándose en la aceleración tangencial medida y el ángulo de cabeceo determinado o en el par de torsión previsto.
2. El procedimiento (300) de la reivindicación 1, que comprende además:
 - 15 determinar (310) uno o más parámetros esperados asociados con el control del cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina basándose al menos en el par de torsión previsto aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina;
 - controlar (312) el cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina;
 - determinar (314) uno o más parámetros reales asociados con el control del cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina; y
 - 20 determinar (316) un estado de uno o más componentes asociados con la turbina eólica (100) basándose, al menos en parte, en los uno o más parámetros reales y en los uno o más parámetros esperados.
3. El procedimiento (300) de la reivindicación 2, en el que los uno o más umbrales de estado son ajustados basándose, al menos en parte, en el par de torsión previsto aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina.
- 25 4. El procedimiento (300) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además controlar la posición del rotor (102) para controlar las condiciones de prueba.
5. El procedimiento (300) de cualquier reivindicación anterior, en el que medir la aceleración tangencial (114) (At) comprende medir cada una de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina con un acelerómetro.
6. El procedimiento (300) de cualquier reivindicación anterior, en el que los parámetros esperados comprenden al menos uno de los siguientes: par de torsión, intensidad de corriente, tiempo de rotación de cabeceo de la pala o posición de rotación de cabeceo de la pala en función del tiempo.
- 30 7. El procedimiento (300) de cualquier reivindicación anterior, en el que los parámetros reales comprenden al menos uno de los siguientes: par de torsión del motor (236) de cabeceo de la pala, posición de la pala (104, 106, 108), intensidad de corriente de la batería (238), intensidad de corriente del motor (236) de cabeceo de la pala, ángulo de rotación de cabeceo de la pala, tiempo de rotación de cabeceo de la pala o posición de rotación de cabeceo de la pala en función del tiempo.
- 35 8. El procedimiento (300) de cualquier reivindicación anterior, en el que los componentes comprenden al menos uno de los siguientes: controlador (202), módulo (216) de cabeceo de la pala, baterías (238), motor (236) de cabeceo de la pala, acelerómetro (118, 220, 222), codificador (226, 228, 230) de cabeceo de la pala, engranaje, árbol o sistema de lubricación.
- 40 9. Un sistema para someter a prueba un sistema de control (200) del cabeceo de una turbina eólica, comprendiendo el sistema:
 - al menos un acelerómetro (118) que mide la aceleración tangencial (114) (At) del rotor (102) de una turbina en una o más posiciones de medida asociadas con el rotor (102) de una turbina eólica;
 - 45 al menos un codificador (226, 228, 230) del cabeceo de la pala que mide el cabeceo de una o más palas (104, 106, 108) de la turbina;
 - al menos un controlador (202) que controla el cabeceo de una o más palas (104, 106, 108) de la turbina; y
 - uno o más procesadores (206) que:

determinan el ángulo de cabeceo de una o más palas (104, 106, 108) de la turbina basándose, al menos en parte, en el al menos un codificador (226, 228, 230) del cabeceo de la pala;

5 predicen el par de torsión aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina que es adecuado para modificar el cabeceo de la pala basándose, al menos en parte, en la aceleración tangencial (114) (A_t) y el ángulo de cabeceo; y

predicen una tasa de cabeceo de la pala para someter a prueba un sistema para emergencias de posición de bandera basándose en la aceleración tangencial medida y el ángulo de cabeceo determinado o en el par de torsión previsto.

10. El sistema de la reivindicación 9, en el que el uno o más procesadores (206) además:

10 determinan uno o más parámetros esperados asociados con el control del cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina basándose al menos en el par de torsión previsto aplicado a las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina:

controlan el cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina;

15 determinan uno o más parámetros reales asociados con el control del cabeceo de las una o más palas (104, 106, 108) de la turbina; y

determinan un estado de uno o más componentes asociados con la turbina eólica (100) basándose, al menos en parte, en los uno o más parámetros reales determinados y en los uno o más parámetros esperados.

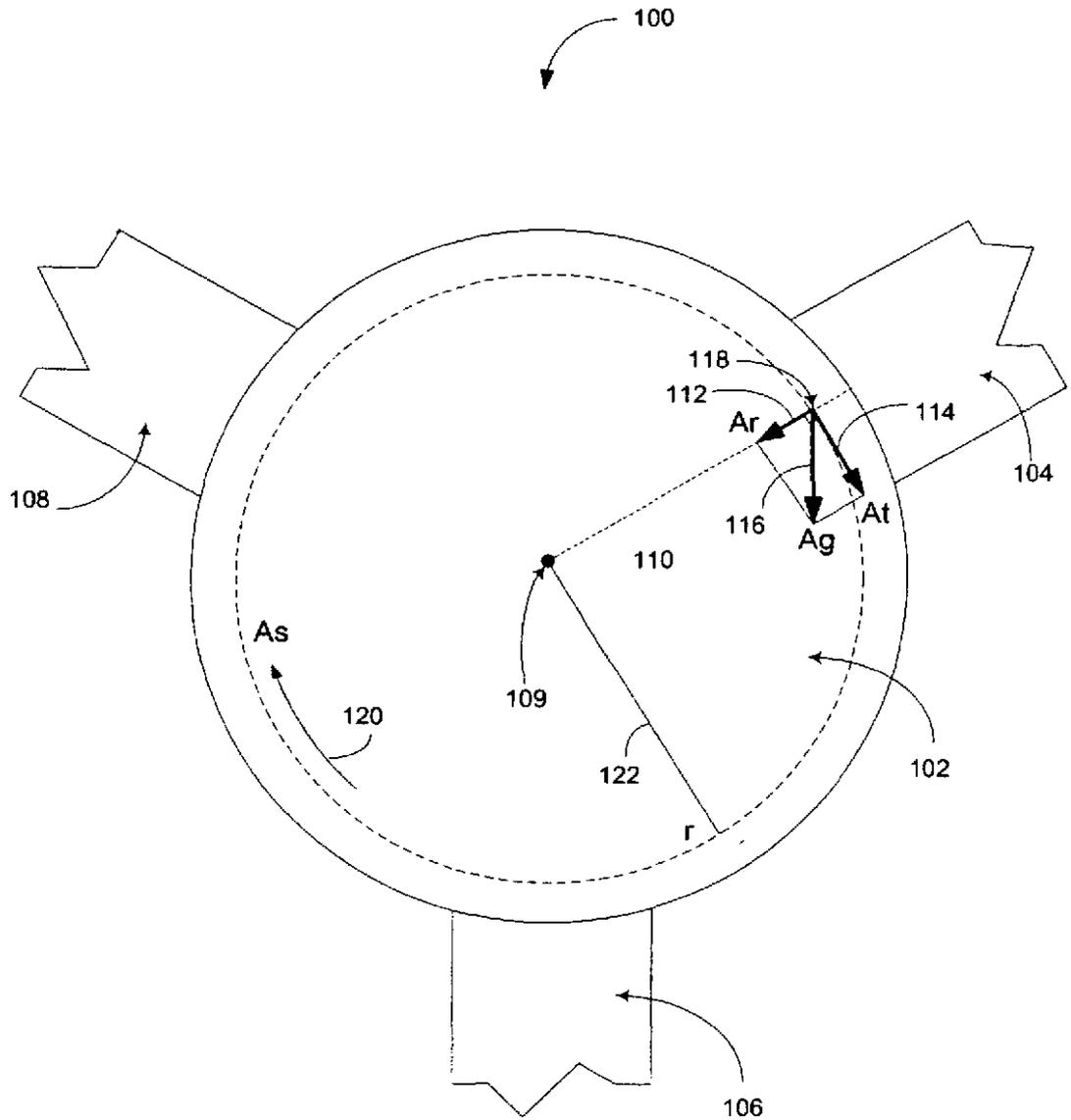


FIG. 1

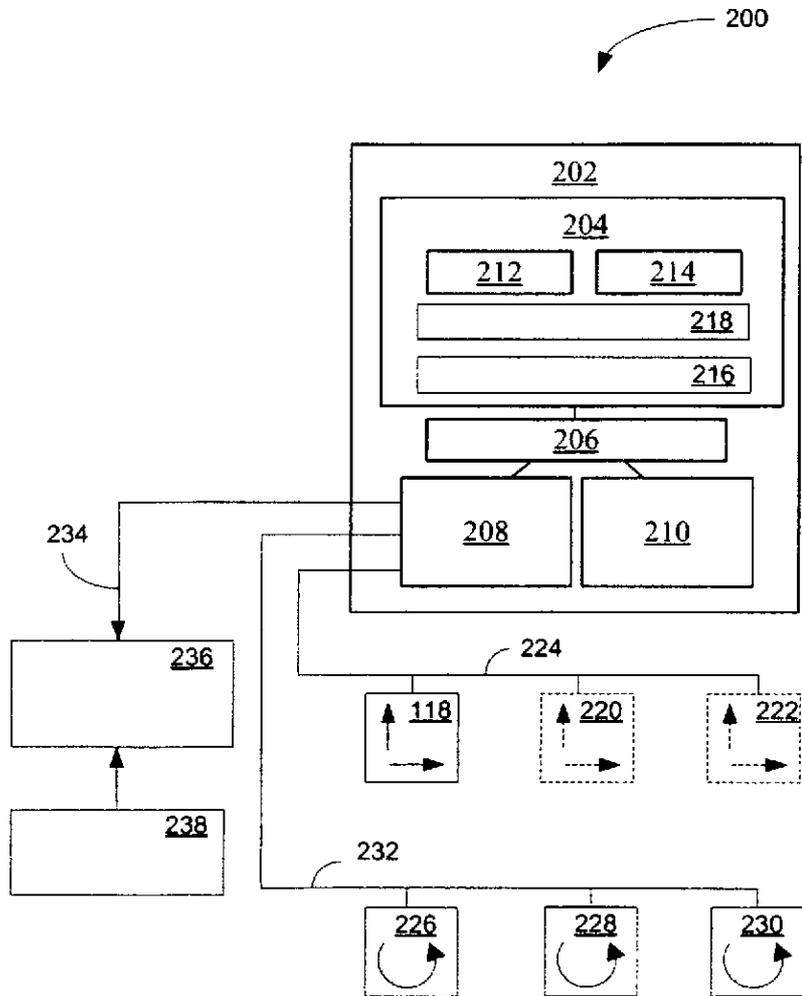


FIG. 2

