

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 634**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2008.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2018** **PCT/EP2018/084521**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2019** **WO19134798**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2018** **E 18830170 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2023** **EP 3710696**

54 Título: **Detección de movimiento oscilatorio de una turbina eólica**

30 Prioridad:

02.01.2018 EP 18150056

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

13.04.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**HAWKINS, SAMUEL H. y
HOEGH, GUSTAV**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 938 634 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

Detección de movimiento oscilatorio de una turbina eólica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de las turbinas eólicas, en particular, a la detección de movimiento oscilatorio de una turbina eólica. Más concretamente, la presente invención se refiere a un sistema para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una turbina eólica, una turbina eólica que comprende dicho sistema y un método para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una turbina eólica.

Antecedentes de la técnica

Las turbinas eólicas modernas se construyen sobre torres de alturas cada vez mayores. Estas grandes estructuras pueden ser excitadas por el funcionamiento normal de la turbina influenciado por el entorno operativo. De este modo, pueden producirse movimientos oscilatorios sustanciales, en particular, en la estructura de la torre. Un gran movimiento de la torre puede causar daños estructurales.

Se puede usar un acelerómetro en la parte superior de la torre para detectar oscilaciones severas, de modo que el sistema de control de turbina eólica pueda detener la turbina eólica de una manera segura. Sin embargo, con este enfoque solo se captura el movimiento de la parte superior de la torre. Por lo tanto, no se pueden detectar patrones de movimiento más complejos en los que la parte superior de la torre no se mueva de manera tan significativa como otras partes de la estructura.

El documento WO 2017/036481 es un documento de la técnica anterior relacionado con un método para hacer funcionar una turbina eólica usando un sistema de control que monitoriza las vibraciones de la torre de turbina eólica y la velocidad de rotación del rotor.

En consecuencia, existe la necesidad de un sistema que pueda detectar dichos patrones complejos de movimiento oscilatorio para proteger eficazmente las turbinas eólicas contra daños estructurales.

Sumario de la invención

Esta necesidad puede satisfacerse mediante el objeto según las reivindicaciones independientes. Realizaciones ventajosas de la presente invención se describen mediante las reivindicaciones dependientes.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una torre de turbina eólica, comprendiendo además la turbina eólica una parte superior no rotatoria soportada por la torre, un rotor que tiene un eje de rotor, y un generador para generar energía eléctrica. El sistema comprende (a) una unidad de detección adaptada para proporcionar una señal de velocidad del rotor indicativa de una velocidad de rotación del rotor con respecto a la parte superior no rotatoria, (b) una unidad de filtrado adaptada para, basándose en la señal de velocidad del rotor proporcionada por la unidad de detección, proporcionar una señal filtrada que comprende información asociada con un movimiento oscilatorio de la torre de turbina eólica, y (c) una unidad de procesamiento adaptada para determinar la cantidad de movimiento oscilatorio basándose en la señal filtrada proporcionada por la unidad de filtrado.

Este aspecto de la invención se basa en la idea de que la velocidad de rotación del rotor con respecto a la parte superior no rotatoria medida por la unidad de detección estará influenciada por el movimiento de la turbina eólica y que esta influencia (o al menos una parte seleccionada de la misma) se puede determinar filtrando la señal de velocidad del rotor desde la unidad de detección. Más concretamente, dado que la rotación del rotor con respecto a la tierra (es decir, la verdadera velocidad de rotación del rotor) no se verá influenciada por el movimiento de la torre, cualquier movimiento en la estructura de la turbina eólica, que provoque un movimiento de balanceo de la parte superior no rotatoria de la turbina eólica, provocará variaciones correspondientes en la velocidad del rotor medida por la unidad de detección. Dicho de otro modo, los movimientos oscilatorios en la estructura de la torre provocarán oscilaciones correspondientes en la señal de velocidad del rotor desde la unidad de detección. Al filtrar estas oscilaciones desde la señal de velocidad del rotor, se puede determinar la cantidad de movimiento oscilatorio (es decir, la amplitud del movimiento oscilatorio en una ubicación particular, tal como una posición seleccionada a lo largo de la torre).

Según una realización de la invención, la unidad de detección comprende un sensor, en particular, un sensor óptico y/o magnético, adaptado para detectar un patrón predeterminado en el rotor.

El sensor está montado preferiblemente en la parte superior no rotatoria de la turbina eólica en una posición adecuada para detectar el patrón predeterminado en el rotor.

Según una realización adicional de la invención, la unidad de detección comprende un sensor de frecuencia adaptado

para detectar una frecuencia de energía eléctrica generada por el generador.

La frecuencia de la energía eléctrica generada por el generador depende de la velocidad de rotación del rotor (con respecto a la parte no rotatoria de la turbina eólica). Así, midiendo esta frecuencia se obtiene de manera sencilla una medida de la velocidad de rotación con respecto a la parte no rotatoria.

Según una realización adicional de la invención, la turbina eólica comprende además una caja de engranajes y un acoplamiento de alta velocidad dispuestos entre el generador y el rotor, y la unidad de detección comprende un sensor adaptado para detectar una velocidad de rotación del acoplamiento de alta velocidad con respecto a la parte superior no rotatoria.

La velocidad de rotación del acoplamiento de alta velocidad estará relacionada con la velocidad de rotación del rotor y, por lo tanto, contendrá la misma información asociada con el movimiento oscilatorio de la turbina eólica que la velocidad del rotor, ya que se mide con respecto a la parte superior no rotatoria de la turbina eólica.

Según una realización adicional de la invención, el sistema comprende además (a) una unidad de detección adicional adaptada para proporcionar una señal de velocidad del rotor adicional indicativa de la velocidad de rotación del rotor con respecto al suelo, y (b) una unidad de sustracción adaptada para restar la señal de velocidad del rotor adicional de la señal de velocidad del rotor para proporcionar así una señal de balanceo indicativa de una velocidad de balanceo angular de la parte superior no rotatoria. La unidad de filtrado está adaptada para proporcionar la señal filtrada que comprende información asociada con el movimiento oscilatorio de la turbina eólica basándose en la señal de balanceo.

En esta realización, una unidad de detección adicional proporciona una señal de velocidad del rotor adicional. La señal de velocidad del rotor adicional representa la verdadera velocidad de rotación del rotor, es decir, la velocidad de rotación con respecto al suelo o la tierra. Al restar la señal de velocidad del rotor adicional de la señal de velocidad del rotor, se obtiene una señal de balanceo que incluye información sobre la velocidad de balanceo angular de la parte superior no rotatoria de la turbina eólica, es decir, la parte de la señal de velocidad del rotor que es causada por movimiento(s) de la turbina eólica que provoca(n) el movimiento de lado a lado de la parte no rotatoria. Al filtrar esta señal de balanceo, que se deriva de la señal de velocidad del rotor y la señal de velocidad del rotor adicional, se puede obtener la magnitud de un movimiento oscilatorio particular en la estructura de la turbina eólica.

Según una realización adicional de la invención, la unidad de detección adicional comprende un sensor inercial adaptado para disponerse en el rotor.

El sensor inercial puede comprender preferentemente un acelerómetro y/o un sensor giroscópico dispuesto en un buje del rotor.

Según una realización adicional de la invención, la unidad de filtrado comprende un filtro de paso de banda centrado en una frecuencia fundamental de la torre.

Utilizando un filtro de paso de banda centrado en una frecuencia fundamental de la torre, se puede obtener información relativa a un movimiento oscilatorio (en particular, la magnitud del mismo) correspondiente a la frecuencia fundamental.

La frecuencia fundamental puede indicar, en particular, una frecuencia natural de la torre o.

Según una realización adicional de la invención, la frecuencia fundamental de la torre corresponde a un modo fundamental de segundo orden o superior de la torre.

Filtrando los modos de orden superior (es decir, el segundo modo fundamental, el tercer modo fundamental, etc.) se puede obtener la cantidad de movimiento correspondiente a estos modos particulares de movimiento oscilatorio. En consecuencia, pueden detectarse magnitudes de movimiento excesivas contenidas en patrones de movimiento complejos, incluso en casos en los que la parte superior de la propia turbina eólica no se mueve mucho, por ejemplo, cuando una sección media (o una o más secciones) de la torre entre el suelo y la parte superior se desplaza de lado a lado.

Según una realización adicional de la invención, la unidad de procesamiento está adaptada para utilizar un modelo matemático de la torre para determinar la cantidad de movimiento oscilatorio.

El modelo matemático describe las propiedades físicas de la torre e incluye parámetros físicos relevantes (por ejemplo, altura de la torre, rigidez de la torre y masa de la parte superior de la torre) de la turbina eólica.

Según una realización adicional de la invención, el modelo matemático de la torre proporciona una relación entre la aceleración de la torre y la velocidad angular de balanceo de la parte superior no rotatoria.

Según una realización adicional de la invención, el sistema comprende además una unidad de advertencia adaptada para comparar la cantidad determinada de movimiento oscilatorio con un valor umbral y para emitir una señal de

advertencia si la cantidad determinada de movimiento oscilatorio supera el valor umbral.

La señal de advertencia puede indicar simplemente que se produce un movimiento oscilatorio peligroso. Alternativamente, la señal de advertencia también puede indicar la cantidad de movimiento de modo que un sistema de control de turbina eólica pueda elegir una acción apropiada, tal como una reducción de la carga, una reducción de la velocidad del rotor o un apagado de emergencia.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende (a) una torre, (b) una parte superior no rotatoria soportada por la torre, (c) un rotor que tiene un eje de rotor, (d) un generador para generar energía eléctrica, y (e) un sistema según el primer aspecto o cualquiera de las realizaciones anteriores.

Este aspecto de la invención se refiere a una turbina eólica dotada de un sistema ventajoso según el primer aspecto (o una de las realizaciones descritas anteriormente). En consecuencia, la turbina eólica es capaz de detectar la cantidad de movimiento de oscilación para así protegerse en casos de movimientos oscilatorios peligrosamente grandes.

Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un método para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una torre de turbina eólica, comprendiendo además la turbina eólica una parte superior no rotatoria soportada por la torre, un rotor que tiene un eje de rotor, y un generador para generar energía eléctrica. El método comprende (a) proporcionar una señal de velocidad del rotor indicativa de la velocidad de rotación del rotor con respecto a la parte superior no rotatoria, (b) proporcionar una señal filtrada basándose en la señal de velocidad del rotor, comprendiendo la señal filtrada información asociada con un movimiento oscilatorio de la torre de turbina eólica, y (c) determinar la cantidad de movimiento oscilatorio basándose en la señal filtrada.

Este aspecto de la invención se basa esencialmente en la misma idea que el primer aspecto descrito anteriormente.

Debe señalarse que se han descrito realizaciones de la invención con referencia a diferentes objetos. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de método, mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de aparato. Sin embargo, un experto en la materia deducirá de la descripción anterior y siguiente que, a menos que se indique lo contrario, además de cualquier combinación de características pertenecientes a un tipo de objeto, también cualquier combinación de características relacionadas con diferentes objetos, en particular, a combinaciones de características de las reivindicaciones de tipo de método y características de las reivindicaciones de tipo de aparato, es parte de la divulgación del presente documento.

Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realizaciones que se describirán a continuación y se explican con referencia a los ejemplos de realizaciones. La invención se describirá con más detalle a continuación con referencia a ejemplos de realizaciones. Sin embargo, se indica explícitamente que la invención no se limita a los ejemplos de realización descritos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una ilustración esquemática del movimiento de balanceo de una parte superior de una turbina eólica provocado por una simple oscilación de la torre.

La figura 2 muestra una ilustración esquemática del movimiento de balanceo de una parte superior de una turbina eólica causado por la oscilación de la torre en un segundo modo.

La figura 3 muestra una ilustración esquemática de una parte superior de una turbina eólica dotada de un sensor de velocidad del rotor.

La figura 4 muestra un sistema según un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 5 muestra un sistema según otro ejemplo de realización de la presente invención.

Descripción detallada

La ilustración en el dibujo es esquemática. Se observa que, en diferentes figuras, elementos similares o idénticos se proporcionan con los mismos números de referencia o con números de referencia que difieren solo en el primer dígito.

La figura 1 muestra una ilustración esquemática del movimiento de balanceo de la parte superior de una turbina eólica causado por una simple oscilación de la torre o un movimiento de lado a lado, es decir, el primer modo de oscilación de la torre. Más concretamente, la figura 1 muestra una turbina eólica que comprende una torre 1 montada en el suelo 2, una parte 3 superior no rotatoria que aloja un rotor 4 con palas 5 de rotor. La parte izquierda de la figura 1 muestra un estado en el que la torre 1 ha oscilado hacia la derecha y la parte derecha de la figura 1 muestra un estado en el que la torre 1 ha oscilado hacia la izquierda. La línea 6 discontinua es horizontal y la línea 7 discontinua muestra el

plano de la parte inferior de la parte 3 superior no rotatoria (también denominada góndola) de la turbina eólica. Como indica la flecha 6a, el movimiento de oscilación de la torre 1 provoca un movimiento hacia un lado de la parte 3 superior. Además, como indica la flecha 6b, el movimiento de oscilación de la torre 1 también provoca un movimiento de balanceo angular correspondiente de la parte 3 superior. Dicho de otro modo, en este caso el máximo movimiento lateral está en la parte superior de la torre y, por lo tanto, puede ser detectado por un acelerómetro.

La figura 2 muestra una ilustración esquemática del movimiento de balanceo de la parte superior de la turbina eólica causado por la oscilación de la torre en un segundo modo. Más concretamente, la figura 2 muestra que se está produciendo un movimiento oscilatorio de una sección media de la torre 1 como se indica mediante la flecha 10. Como puede verse, la sección media que se mueve de lado a lado de esta manera también provoca un movimiento de balanceo de la parte 3 superior de la turbina eólica como indica la flecha 6b, mientras que en este caso no se produce un movimiento hacia un lado significativo de la parte 3 superior. Dicho de otro modo, el movimiento lateral de la parte superior de la torre es nulo o insignificante. Esto significa que un acelerómetro en la parte superior de la torre no puede detectar el movimiento oscilatorio indicado por la flecha 10. El movimiento de la torre debido al segundo modo fundamental de la torre puede acumularse en grandes oscilaciones que pueden tener un impacto de carga severo en la estructura de la torre.

La figura 3 muestra una ilustración esquemática de la parte 3 superior de la turbina eólica mostrada en la figura 1 y figura 2 dotada de un sensor 8 de velocidad del rotor. El sensor 8 de velocidad del rotor está montado en la superficie 9, que está fijada a la parte superior de la torre 1. El sensor 8 de velocidad del rotor puede ser, por ejemplo, un sensor óptico o un sensor magnético, capaz de detectar un patrón predeterminado en la superficie del eje 4a del rotor. Con referencia nuevamente a las figuras 1 y 2, se puede ver que el movimiento de balanceo de la parte 3 superior causado por la oscilación de la torre influirá en la velocidad del rotor detectada por el sensor 8 de velocidad del rotor (es decir, la velocidad del rotor con respecto a la parte 3 superior no rotatoria), pero no la verdadera velocidad del rotor (con respecto al suelo 2).

Dado que la superficie 9 fija donde se monta el sensor 8 de velocidad del rotor también está fijada a la parte 3 superior de la torre, a medida que la parte 3 superior de la torre se inclina de lado a lado, este sensor 8 tiene una velocidad de rotación alineada con el movimiento de balanceo de la parte superior de la torre. Este movimiento de balanceo, por lo tanto, afecta la medición de la velocidad del rotor, provocando una oscilación cíclica en la velocidad angular relativa entre el sensor 8 fijo y el eje 4a rotatorio. Esto introduce un error en la medición de la velocidad del rotor en relación con lo que se observaría desde un marco de referencia verdaderamente fijo (tal como el suelo, por ejemplo).

La figura 4 muestra un sistema 400 según un ejemplo de realización de la presente invención. Más concretamente, el sistema 400 comprende una unidad 408 de detección, una unidad 415 de filtrado, datos 417 de frecuencia fundamental y una unidad 420 de procesamiento.

La unidad 408 de detección puede corresponder, por ejemplo, al sensor 8 de velocidad del rotor que se muestra en la figura 3, que está adaptado para detectar una velocidad de rotación del rotor 4 con respecto a la parte 3 superior no rotatoria. Alternativamente, la unidad 408 de detección puede adaptarse para detectar una frecuencia de energía eléctrica generada por el generador de turbina eólica (no mostrado) y, por lo tanto, la velocidad de rotación del rotor 4 con respecto a la parte 3 superior no rotatoria. Como alternativa adicional, la unidad 408 de detección puede detectar una velocidad de rotación de otra parte del tren de transmisión, en particular, la velocidad de rotación de un acoplamiento de alta velocidad entre una caja de engranajes y el generador. La señal de velocidad del rotor detectada se proporciona a la unidad 415 de filtrado.

La unidad 415 de filtrado está adaptada para obtener o generar una señal filtrada basándose en la señal de velocidad del rotor, en particular, utilizando los datos 417 de frecuencia fundamental. En particular, la unidad 415 de filtrado puede comprender o ser un filtro de paso de banda adaptado para filtrar la señal de velocidad del rotor alrededor de una frecuencia fundamental incluida en los datos 417 de frecuencia fundamental, tal como alrededor de una frecuencia fundamental correspondiente a un primer modo, un segundo modo o un modo superior de movimiento oscilatorio de la torre.

La unidad 420 de procesamiento recibe la señal filtrada y está adaptada para determinar la cantidad de movimiento oscilatorio basándose en ello, por ejemplo, aplicando un modelo matemático de la torre 1 de turbina eólica con la parte 3 superior no rotatoria y el rotor 4 para determinar la magnitud del movimiento oscilatorio.

El sistema 400 puede comprender además una unidad de advertencia (no mostrada) adaptada para comparar la cantidad determinada de movimiento oscilatorio con un valor umbral y para emitir una señal de advertencia si la cantidad determinada de movimiento oscilatorio supera el valor umbral. La señal de advertencia puede ser utilizada por un controlador de turbina eólica para determinar una acción apropiada para proteger la turbina eólica, por ejemplo, reduciendo la carga o apagándola. La unidad de advertencia puede implementarse como parte de la unidad 420 de procesamiento.

La figura 5 muestra un sistema 500 según un ejemplo de realización adicional de la presente invención. Más concretamente, el sistema 500 comprende una unidad 508 de detección, una unidad 511 de detección adicional, una

unidad 512 de sustracción, una señal 513 de balanceo, una unidad 515 de filtrado, datos 517 de frecuencia fundamental y una unidad 520 de procesamiento.

5 La unidad 508 de detección, la unidad 515 de filtrado y los datos 517 de referencia de frecuencia fundamental son similares a las unidades correspondientes que se muestran en la figura 4 y, por lo tanto, no se describirán con más detalle nuevamente.

10 La unidad 511 de detección adicional comprende preferiblemente un sensor inercial, tal como un acelerómetro o un sensor giroscópico, dispuesto en el buje del rotor 4 y adaptado para proporcionar una señal de velocidad del rotor adicional indicativa de la velocidad de rotación del rotor 4 con respecto al suelo 2, es decir, la verdadera velocidad de rotación del rotor 4.

15 El sustractor 512 recibe la señal de velocidad del rotor desde la unidad 508 de detección y la señal de velocidad del rotor adicional desde la unidad 511 de detección adicional, y calcula la diferencia correspondiente restando la última de la primera y produciendo así una señal 513 de balanceo que es indicativa de la velocidad de balanceo angular de la parte 3 superior no rotatoria.

20 La unidad 515 de filtrado filtra la señal 513 de balanceo de una manera similar a la descrita anteriormente junto con la figura 4, es decir, aplicando un filtro de paso de banda centrado en una frecuencia fundamental de la torre incluida en los datos 517 de frecuencia fundamental para extraer la parte de la señal que corresponde a un modo particular de movimiento, es decir, el primer, segundo o cualquier modo de orden superior.

25 La unidad 520 de procesamiento procesa la señal filtrada y aplica un modelo matemático adecuado de la torre para determinar la magnitud del movimiento oscilatorio.

30 Se observa que el término "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el uso de los artículos "un" o "una" no excluye una pluralidad. También se pueden combinar elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. Se observa además que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (400, 500) para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una torre (1) de turbina eólica, comprendiendo además la turbina eólica una parte (3) superior no rotatoria soportada por la torre (1), un rotor (4) que tiene un eje (4a) de rotor, y un generador para generar energía eléctrica, comprendiendo el sistema una unidad (408, 508) de detección adaptada para proporcionar una señal de velocidad del rotor indicativa de una velocidad de rotación del rotor (4) con respecto a la parte (3) superior no rotatoria,
5
- 10 una unidad (415, 515) de filtrado adaptada para, basándose en la señal de velocidad del rotor proporcionada por la unidad de detección, proporcionar una señal filtrada que comprende información asociada con un movimiento oscilatorio de la torre (1) de turbina eólica, y
15 una unidad (420, 520) de procesamiento adaptada para determinar la cantidad de movimiento oscilatorio basándose en la señal filtrada proporcionada por la unidad de filtrado.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad de detección comprende un sensor adaptado para detectar un patrón predeterminado en el rotor.
- 20 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad de detección comprende un sensor de frecuencia adaptado para detectar una frecuencia de energía eléctrica generada por el generador.
4. Sistema según la reivindicación 1, en el que la turbina eólica comprende además una caja de engranajes y un acoplamiento de alta velocidad dispuestos entre el generador y el rotor (4), y en el que la unidad de
25 detección comprende un sensor adaptado para detectar una velocidad de rotación del acoplamiento de alta velocidad con respecto a la parte (3) superior no rotatoria.
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además
30 una unidad (511) de detección adicional adaptada para proporcionar una señal de velocidad del rotor adicional indicativa de la velocidad de rotación del rotor (4) con respecto al suelo (2), y
35 una unidad (512) de sustracción adaptada para restar la señal de velocidad del rotor adicional de la señal de velocidad del rotor para proporcionar así una señal (513) de balanceo indicativa de una velocidad de balanceo angular de la parte (3) superior no rotatoria,
40 en el que la unidad (515) de filtrado está adaptada para proporcionar la señal filtrada que comprende información asociada con el movimiento oscilatorio de la turbina eólica basándose en la señal de balanceo.
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que la unidad de detección adicional comprende un sensor inercial adaptado para disponerse en el rotor (4).
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de filtrado comprende un
45 filtro de paso de banda centrado en una frecuencia fundamental de la torre.
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que la frecuencia fundamental de la torre corresponde a un modo fundamental de segundo orden o superior de la torre.
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de procesamiento está adaptada para utilizar un modelo matemático de la torre para determinar la cantidad de movimiento
50 oscilatorio.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el que el modelo matemático de la torre proporciona una relación entre la aceleración de la torre y la velocidad angular de balanceo de la parte (3) superior no rotatoria.
55
11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de advertencia adaptada para comparar la cantidad determinada de movimiento oscilatorio con un valor umbral y para emitir una señal de advertencia si la cantidad determinada de movimiento oscilatorio supera el valor umbral.
60
12. Turbina eólica que comprende
65 una torre (1),
una parte (3) superior no rotatoria soportada por la torre,

un rotor (4) que tiene un eje (4a) de rotor,

un generador para generar energía eléctrica y

5 un sistema (400, 500) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

13. Método para determinar una cantidad de movimiento oscilatorio de una torre (1) de turbina eólica, comprendiendo además la turbina eólica una parte (3) superior no rotatoria soportada por la torre (1), un rotor (4) que tiene un eje (4a) de rotor, y un generador para generar energía eléctrica, comprendiendo el método

10 proporcionar una señal de velocidad del rotor indicativa de una velocidad de rotación del rotor (4) con respecto a la parte (3) superior no rotatoria,

15 proporcionar una señal filtrada basándose en la señal de velocidad del rotor, comprendiendo la señal filtrada información asociada con un movimiento oscilatorio de la torre (1) de turbina eólica, y

determinar la cantidad de movimiento oscilatorio basándose en la señal filtrada.

FIG 1

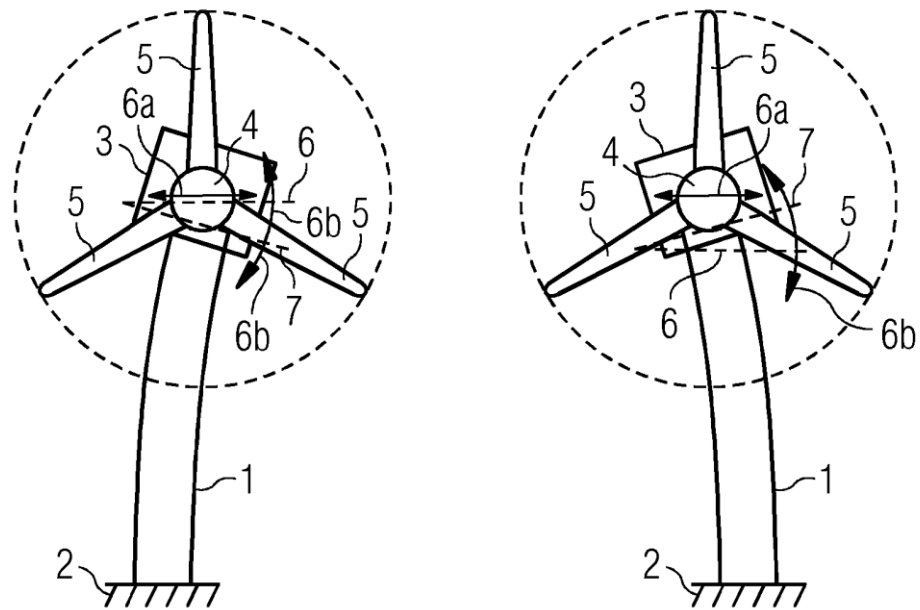


FIG 2

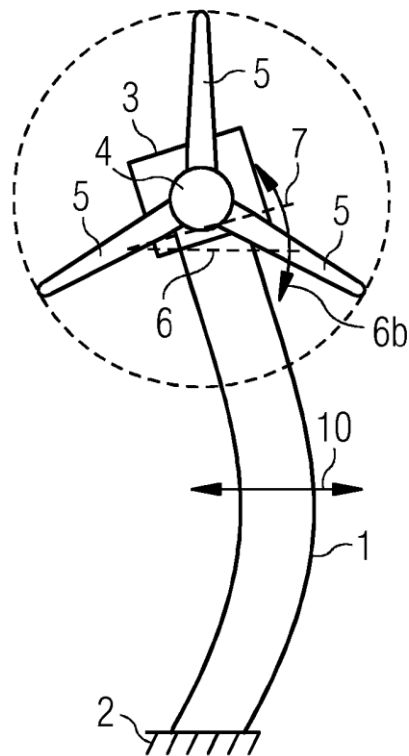


FIG 3

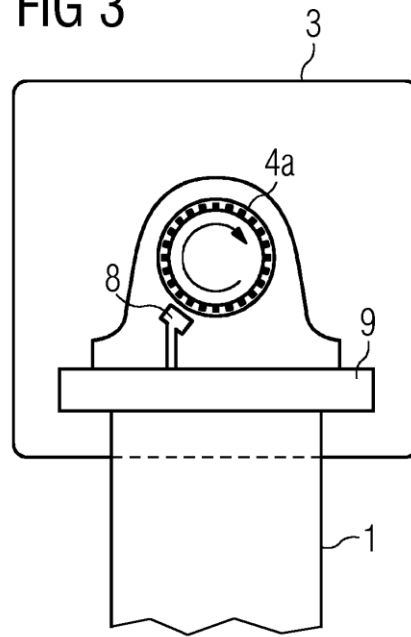


FIG 4

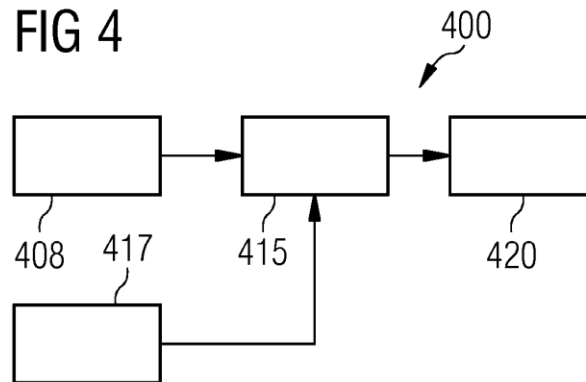


FIG 5

