

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 058**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

G01M 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2018** **PCT/EP2018/097078**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2019** **WO19129849**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2018** **E 18833072 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024** **EP 3732371**

54 Título: **Procedimiento para calibrar frecuencias nominales**

30 Prioridad:

28.12.2017 DE 102017131389

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

27.09.2024

73 Titular/es:

VC VIII POLYTECH HOLDING APS (100.0%)

Industrivej 37

6740 Bramming, DK

72 Inventor/es:

SCHAUSS, THOMAS y

RIEGER, FLORIAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 980 058 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

Procedimiento para calibrar frecuencias nominales

- 5 Formas de realización de la presente invención se refieren en general al análisis modal operacional y, en particular, se refieren a un procedimiento para calibrar frecuencias nominales en el análisis modal operacional. Con un procedimiento de este tipo, por ejemplo, palas de rotor de instalaciones de energía eólica u otras estructuras que se mueven pueden ser vigiladas en cuanto a sus características de oscilación.
- 10 El análisis de frecuencias propias o modos propios de un sistema proporciona información importante sobre, por ejemplo, su estructura y comportamiento de oscilación. Una vez conocidos estas frecuencias propias o modos propios, en caso de desviaciones se puede deducir un cambio en el estado de la estructura del sistema. Muchos sistemas tienen parámetros operativos variables o funcionan bajo diferentes parámetros ambientales. Este es el caso, entre otras cosas, en las palas de instalaciones de energía eólica, en las que, por ejemplo, el número de revoluciones del rotor, el ángulo de paso, la carga alar, el ángulo de entrada, la velocidad de entrada, etc. pueden variar en intervalos
- 15 de tiempo cortos. Además de los cambios en estos parámetros operativos, también están sujetos a variaciones constantes las influencias externas, es decir, parámetros ambientales como las condiciones del viento, las temperaturas, las capas de hielo, la humedad, etc. Las frecuencias propias y los modos propios del sistema dependen, por tanto, de los parámetros operativos o ambientales, siendo diferente dicha dependencia para cada frecuencia propia o modo propio. Del documento WO 2014/124725 A1 se conoce, por ejemplo, un procedimiento de comprobación para una instalación de energía eólica, en el que a partir de las oscilaciones detectadas de las palas de rotor se determina al menos una frecuencia propia actual de la pala del rotor. Además, se detectan parámetros ambientales y/o parámetros operativos que influyen en la frecuencia propia.
- 20 Para poder utilizar una posible detección de las frecuencias propias y de los modos propios para vigilar una estructura oscilatoria, como por ejemplo una pala de rotor de una instalación de energía eólica, es ventajoso que se conozcan los modos nominales. Además, es deseable fijar estos modos nominales en un procedimiento automatizado en función de parámetros operativos o ambientales.
- 25 De acuerdo con una forma de realización, se proporciona un procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio, que comprende la detección de modos propios de oscilación del sistema oscilatorio en función de al menos un parámetro operativo y/o en función de al menos un parámetro ambiental del sistema oscilatorio en al menos un rango operativo; la creación de una distribución de frecuencia de los modos propios de oscilación detectados en función de una frecuencia de modo y del al menos un parámetro operativo y/o del al menos un parámetro ambiental en el rango operativo; en función de la distribución de frecuencia creada, se realiza una división de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia, realizándose la división de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia mediante la determinación de un valor pico de aquella distribución de frecuencia de modos propios que sobrepasa un umbral predeterminado y que tiene una constancia durante todo el rango operativo; y en al menos una clase de frecuencia, la determinación de un curso de modo sobre el parámetro operativo y/o sobre el parámetro ambiental.
- 30 De acuerdo con una forma de realización, se proporciona un procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio. El procedimiento incluye: La detección de modos propios de oscilación del sistema oscilatorio en función de al menos un parámetro operativo y/o en función de al menos un parámetro ambiental del sistema oscilatorio en al menos un rango operativo; la creación de una distribución de frecuencia de los modos propios de oscilación detectados en función de una frecuencia de modo y del al menos un parámetro operativo y/o del al menos un parámetro ambiental en el rango operativo; en función de la distribución de frecuencia creada, la división de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia, realizándose la división de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia mediante la determinación de un valor pico de aquella distribución de frecuencia de modos propios que sobrepasa un umbral predeterminado y que tiene una constancia durante todo el rango operativo; y en al menos una clase de frecuencia, la determinación de un curso de modo sobre el parámetro operativo y/o sobre el parámetro ambiental.
- 35 De acuerdo con otra forma de realización, se proporciona un módulo de hardware que comprende un programa informático que está diseñado para realizar el procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio.
- 40 Ejemplos de realización están representados en los dibujos y se explican con más detalle en la siguiente descripción. En los dibujos, muestran:
- 45 La figura 1, esquemáticamente un diagrama de bloques para explicar el procedimiento de acuerdo con una forma de realización;
- 50 la figura 2, un histograma obtenido mediante el procedimiento de acuerdo con la forma de realización mostrada en la figura 1 con mayor detalle; y
- 55 la figura 3, un diagrama de flujo esquemático para ilustrar el procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio de acuerdo con una forma de realización.

En los dibujos, los signos de referencia iguales se refieren a componentes o pasos iguales o con la misma función.

A continuación, se hará referencia con más detalle a distintas formas de realización de la invención, estando ilustrados uno o varios ejemplos en los dibujos.

5 La figura 1 muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de vista general para explicar el procedimiento de acuerdo con una forma de realización. En un paso de análisis 100, se producen automáticamente un reconocimiento relevante de modos propios relevantes, una división automática en rangos operativos y una modelación de los modos propios en función de los parámetros operativos. Para ello se pueden introducir tanto parámetros operativos 101 como
10 parámetros ambientales 102. Además, los modos propios 103 medidos de acuerdo con formas de realización del procedimiento descrito a continuación son conocidos e igualmente pueden ser procesados en el paso de análisis 100.

En el marco del paso de análisis 100, los modos propios relevantes se reconocen en un paso de reconocimiento de modos propios 104, como se explicará más adelante haciendo referencia a la figura 3. Además, el paso de análisis
15 100 comprende un paso de división en rangos operativos 105 que sirve para realizar una división automática en rangos operativos. Además, en el paso de análisis 100 tiene lugar el modelado de modos propios a través de parámetros operativos seleccionados y/o parámetros ambientales en un paso de modelado 106. Después del paso de análisis 100 mostrado en la figura 1, se realiza un paso de calibración y modelado, que con los datos emitidos a partir del paso de análisis 100 puede proporcionar, sobre la base de una distribución de frecuencia 200, un reconocimiento automatizado
20 o al menos parcialmente automatizado de modos propios relevantes.

De acuerdo con una forma de realización, que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, para una calibración automática de las frecuencias nominales se recurre a los denominados histogramas en el análisis modal de funcionamiento. Un histograma de este tipo está diseñado en particular no solo para representar datos de
25 medición resumidos, como por ejemplo un valor medio aritmético y una desviación estándar asociada, sino también para indicar el curso de la distribución de frecuencia detectada. De esta manera, en caso de desviaciones posteriores de modos propios nominales detectados, se pueden sacar conclusiones sobre cambios en el estado de la estructura examinada, como por ejemplo una pala de rotor de una instalación de energía eólica. La dependencia de los modos propios nominales en relación con parámetros operativos de la estructura examinada y/o parámetros ambientales en
30 el entorno de la estructura examinada puede variar para diferentes modos propios.

En el procedimiento de acuerdo con las formas de realización aquí descritas, la creación de una distribución de frecuencia incluye la creación de un histograma. Un histograma de este tipo representa un gráfico claro de la distribución de frecuencia de determinadas características escaladas. Para crear un histograma, los datos de medición
35 obtenidos se dividen en clases, pudiendo las clases tener un ancho constante o variable. Esto da como resultado áreas directamente adyacentes que tienen un contenido global que corresponde a una frecuencia de clase relativa o absoluta. Un valor máximo de un rango puede representar una densidad de frecuencia relativa o absoluta. Por lo tanto, la densidad de frecuencia puede definir la frecuencia relativa o absoluta, referida al ancho de la clase correspondiente.

40 En la figura 2 se muestra con más detalle un histograma obtenido mediante el procedimiento de acuerdo con la forma de realización mostrada en la figura 1. La figura 2 ilustra diferentes distribuciones de frecuencia en clases de frecuencia específicas, representando a modo de ejemplo el eje x un curso de parámetro operativo 201 y el eje y una división de rango de frecuencia 202. En la medición mostrada a modo de ejemplo en la figura 2, se pueden apreciar cursos de modo 301, 302, 303, 304, 305, 306,... claramente diferentes en diferentes rangos de frecuencia o clases de frecuencia
45 202. En el paso de calibración y modelado 200, los cursos de los modos propios pueden ser modelados con la ayuda de una aproximación lineal de mínimos cuadrados. Un polinomio de grado discrecional puede ser adaptado a cursos de modo individuales. Es posible adaptar solo el curso de frecuencia o el curso combinado de frecuencia y forma de modo a través de los parámetros individuales, es decir, parámetros operativos y/o parámetros ambientales.

50 Los cursos de modo individuales 301, 302, 303, 304, 305, 306,... resultan de las distribuciones de frecuencia de frecuencias propias individuales 203 que se muestran como puntos de medición individuales en el diagrama mostrado en la figura 2. Las frecuencias propias 203 son, por tanto, las frecuencias que realmente aparecen en el sistema oscilatorio. El histograma se utiliza para clasificar las frecuencias propias individuales 203 definiendo clases de frecuencia individuales.
55

Finalmente, la figura 3 muestra un diagrama de flujo esquemático para ilustrar un procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio de acuerdo con una forma de realización. El proceso que se ejecuta de acuerdo con el procedimiento comienza con un bloque 401. En un bloque posterior 402, los modos de oscilación del sistema oscilatorio se detectan en función de al menos un parámetro operativo del sistema oscilatorio y/o en función de al menos un parámetro
60 ambiental de un entorno del sistema oscilatorio. Una detección de este tipo puede realizarse, por ejemplo, con sensores de oscilación, en particular sensores de oscilación de fibra óptica, preferentemente sensores de rejilla de Bragg de fibra óptica.

El proceso avanza hacia un bloque 403, en el que se crea una distribución de frecuencia de los modos propios de oscilación detectados en función de una frecuencia de modo y del al menos un parámetro operativo y/o del al menos un parámetro ambiental. Una distribución de frecuencia de este tipo se puede evaluar sobre la base de un histograma.
65

Es posible, como se muestra en un bloque 404, dividir los modos de oscilación en clases de frecuencia en función de la distribución de frecuencia creada.

5 En un bloque 405 siguiente, en al menos una clase de frecuencia se determina un curso de modo sobre el parámetro operativo y/o un curso de modo sobre el parámetro ambiental. Un curso de modo de este tipo puede utilizarse para la fijación o calibración automáticas de modos nominales. De esta manera, se hace posible estimar un comportamiento o un curso de modos propios de oscilación sobre el parámetro seleccionado. El procedimiento finaliza en un bloque 406.

10 En otras palabras, se identifican modos propios relevantes de forma automática o semiautomática, siendo dividido el rango operativo en clases de frecuencia. Ahora, para cada clase individual se puede proporcionar un modelado de los modos propios en función de los parámetros operativos o de los parámetros ambientales. Al procesar los datos, se identifican modos propios relevantes. El histograma 200 mostrado sobre todas las frecuencias propias y formas de modo registradas proporciona la base para ello.

15 En el histograma 200 mostrado en la figura 1, de acuerdo con un ejemplo de realización, sobre el eje x se representa la velocidad del rotor en revoluciones por minuto, mientras que el eje y indica las clases de frecuencia (rangos de frecuencia) en hercios. Con la ayuda de un algoritmo para encontrar el valor pico que puede proporcionarse, por ejemplo, como una función de densidad del Kernel o una búsqueda de punto cero en la derivada, tiene lugar la determinación de modos propios relevantes. Que un modo propio sea relevante o no depende de si los valores pico de los modos propios son claramente distinguibles y/o si su valor pico sobrepasa un umbral predeterminado.

20 De acuerdo con una forma de realización, que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, la vigilancia de los parámetros operativos o de los parámetros ambientales tiene lugar de forma continua o discontinua, es decir, en determinados intervalos de tiempo. Los parámetros operativos ajustados y/o los parámetros ambientales existentes pueden influir significativamente en el funcionamiento de una instalación de energía eólica. Por ejemplo, es posible que en condiciones desfavorables se produzcan movimientos de aleo de una o varias palas de rotor.

25 De acuerdo con formas de realización que pueden combinarse con otras formas de realización aquí descritas, realizar una determinación de modos propios de oscilación puede incluir detectar material extraño en una pala de rotor de una instalación de energía eólica. Por ejemplo, la exposición de una pala de rotor a material extraño se puede determinar detectando un cambio en una frecuencia propia dentro de una clase de frecuencia.

30 De acuerdo con una forma de realización adicional, que puede combinarse con las formas de realización aquí descritas, los modos propios de oscilación detectados en una clase de frecuencia o el curso de modo detectado en una clase de frecuencia se pueden comparar con un valor teórico o con valores teóricos para detectar desviaciones en el comportamiento operativo y cambios en los parámetros ambientales en el entorno de la pala del rotor o de la instalación de energía eólica.

35 De acuerdo con una forma de realización que puede combinarse con otras forma de realización aquí descritas, el al menos un parámetro operativo del sistema oscilatorio está seleccionado del grupo compuesto por: Una velocidad del rotor, un ángulo de ataque de una pala de rotor, un ángulo de entrada, un ángulo de paso de una pala de rotor, un ángulo de guiñada de una góndola de rotor, un número de revoluciones del generador, una potencia del generador y cualquier combinación de los mismos.

40 Un parámetro operativo puede ser, por ejemplo, el ángulo de ataque de una pala de rotor o el ángulo de paso. Típicamente, el ángulo de ataque se define con respecto a un plano de referencia. El ángulo de paso puede definir un ajuste de ángulo de una pala de rotor con respecto a un cubo de rotor en el que está montada de forma giratoria la pala de rotor.

45 De acuerdo con otra forma de realización, que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, el al menos un parámetro ambiental del entorno del sistema oscilatorio está seleccionado del grupo compuesto por: la temperatura ambiente, una capa de hielo en una pala de rotor, una exposición de una pala de rotor a material extraño, una humedad del aire, una presión del viento, una dirección del viento, una velocidad del viento, una carga alar en una pala de rotor, un ángulo de entrada, una velocidad de entrada, una diferencia de presión, una temperatura de pala de rotor, una rigidez de pala del rotor, una distribución de masa de la palas de rotor y cualquier combinación de los mismos.

50 La presión del viento se puede indicar como una carga alar en un lugar específico de una pala de rotor. Además, la velocidad del viento se puede indicar una velocidad absoluta del viento. Un ángulo de entrada puede indicar un ángulo entre un plano definido por la pala de rotor y la dirección del viento. Una velocidad de entrada puede definir una velocidad relativa o una velocidad media relativa a la que el aire ambiental incide sobre la pala del rotor.

55 De acuerdo con una forma de realización que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, de acuerdo con el procedimiento para vigilar un sistema oscilatorio, como por ejemplo una pala de rotor, los modos propios de oscilación del sistema oscilatorio se detectan inicialmente en función de al menos un parámetro operativo y/o en

función de al menos un parámetro ambiental del sistema oscilatorio. Una detección de este tipo puede realizarse, por ejemplo, con sensores de oscilación, en particular sensores de oscilación de fibra óptica. Una vez detectados los modos de oscilación, éstos se representan en una distribución de frecuencia, es decir, en función de una frecuencia de modo y del al menos un parámetro operativo y/o del al menos un parámetro ambiental se crea una distribución de frecuencia de los modos de oscilación detectados.

La distribución de frecuencia creada sirve ahora como base para dividir los modos de oscilación en clases de frecuencia. Los modos de oscilación se dividen en clases de frecuencia en función de la distribución de frecuencia creada. A continuación, es posible determinar en las respectivas clases de frecuencia un curso de modo sobre el parámetro operativo y/o sobre el parámetro ambiental. El procedimiento de acuerdo con una forma de realización detecta en al menos una clase de frecuencia el curso del modo sobre el parámetro operativo, el parámetro ambiental o tanto sobre el parámetro operativo como sobre el parámetro ambiental.

La división en clases de frecuencia o la división de todo el rango operativo tiene lugar a base de un análisis en el que se comprueba la constancia de los valores pico obtenidos a lo largo de todo el rango. Si en determinados modos se producen saltos, o si éstos desaparecen y aparecen nuevos modos, el rango operativo se divide en este punto.

De acuerdo con otra modificación, los modos propios de oscilación se dividen en clases de frecuencia mediante la determinación de aquella distribución de frecuencia de los modos propios que sobrepasa un umbral predeterminado. En este contexto, es fundamental que se puedan distinguir los valores pico de los modos propios, siendo identificados aquellos valores pico que sobrepasen el umbral predeterminado. En otras palabras, la determinación de si un modo propio es relevante o no puede derivarse del hecho de que los valores pico de los modos propios sean claramente distinguibles y/o de que un valor pico correspondiente sobrepase un umbral predeterminado.

De acuerdo con una forma de realización que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, tiene lugar la detección de modos propios de oscilación del sistema oscilatorio con respecto a frecuencias propias, formas de modo y amortiguaciones. Además, es posible determinar un ángulo de modo de modos propios individuales. En otras palabras, la detección de modos propios de oscilación del sistema oscilatorio incluye la detección de frecuencias propias y/o formas de modo y/o amortiguaciones y/o ángulos de modo.

De acuerdo con una modificación que se puede combinar con formas de realización aquí descritas, la detección de modos propios de oscilación del sistema oscilatorio se puede realizar en combinación con al menos uno de los siguientes: una o varias frecuencias propias, formas de modo, ángulos de modo y amortiguaciones. De este modo, la frecuencia y/o las formas de modo se pueden ajustar a través de parámetros individuales, como por ejemplo parámetros operativos o parámetros ambientales.

De acuerdo con una forma de realización adicional que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, la vigilancia de parámetros operativos de una instalación de energía eólica y/o de parámetros ambientales en el entorno de la instalación de energía eólica se basa en la calibración de frecuencias nominales. De acuerdo con otra modificación, puede realizarse la fijación de modos nominales que han de ser vigilados en al menos una clase de frecuencia a partir de un curso de modo específico sobre uno o varios parámetros operativos y/o sobre uno o varios parámetros ambientales. De acuerdo con otra forma de realización que se puede combinar con otras formas de realización aquí descritas, los modos nominales se pueden fijar mediante la adaptación de un polinomio de un orden predeterminado al curso de frecuencia.

Un proceso de acuerdo con otra forma de realización que puede combinarse con las formas de realización descritas, tiene lugar en el paso de calibración y modelado 200 en el que los modos propios se modelan a base de un proceso lineal de mínimos cuadrados, para adaptar respectivamente un polinomio de grado discrecional a cursos de modo individuales. De acuerdo con otra modificación al respecto, es posible adaptar solo el curso de frecuencia o el curso combinado de frecuencia y forma de modo a través de parámetros individuales, es decir, parámetros operativos y/o parámetros ambientales.

De acuerdo con otra forma de realización, que puede combinarse con formas de realización aquí descritas, el procedimiento permite el reconocimiento automático de modos propios relevantes y una determinación de las dependencias entre modos propios individuales, por un lado, y parámetros operativos (de operación) y ambientales (influencias externas). En otra modificación al respecto, el procedimiento permite la inclusión de una detección de una amortiguación y/o un ángulo de modo en clases de frecuencia individuales.

De acuerdo con las formas de realización aquí descritas, el resultado de una calibración se proporciona en forma de coeficientes de polinomios individuales. A partir de estos coeficientes pueden ser calculados entonces en cualquier momento los valores esperados para las frecuencias propias, los modos propios y las amortiguaciones, así como los ángulos de los modos, usando los parámetros operativos actuales y/o los parámetros ambientales actuales. Para ello, la elección del orden de polinomio se toma de tal manera que se minimice la desviación estándar media esperada combinada a partir de todos los modos propios. La desviación estándar esperada se calcula y se promedia con la ayuda de una banda de predicción de los polinomios individuales.

Por lo tanto, el procedimiento de acuerdo con las formas de realización aquí descritas permite vigilar estructuras oscilatorias sin necesidad de fijar manualmente determinados rangos operativos cuasiestáticos. Por lo tanto, no es necesario determinar modos nominales constantes para un rango operativo individual. El procedimiento de acuerdo con las formas de realización aquí descritas ofrece por tanto un ahorro de tiempo significativo, ya que se puede proporcionar una calibración automatizada o al menos parcialmente automatizada de las frecuencias nominales en el análisis modal operacional. De esta manera, se puede reducir significativamente el esfuerzo calibrado. Solo es necesario un breve control para comprobar si la calidad de la calibración es suficiente. Además, es posible mejorar la calidad de la calibración y proporcionar una posibilidad de actualizar calibraciones automáticamente. De este modo se puede realizar una determinación de modos nominales y/o de frecuencias nominales en función de los parámetros operativos y/o de los parámetros ambientales, de modo que se proporciona de manera sencilla un reconocimiento o una vigilancia de estructuras oscilatorias.

De acuerdo con una forma de realización que puede combinarse con otras formas de realización aquí descritas, el sistema oscilatorio o la estructura oscilatoria es una pala de rotor de una instalación de energía eólica.

Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente con la ayuda de ejemplos de realización típicos, no se limita a éstos, sino que puede modificarse de múltiples maneras. La invención tampoco se limita a las posibilidades de aplicación mencionadas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar un curso de modo, comprendiendo el procedimiento:

- 5 La detección (402) de modos propios de oscilación (103) de un sistema oscilatorio en función de al menos un parámetro operativo (101) y/o en función de al menos un parámetro ambiental (102) del sistema oscilatorio en al menos un rango operativo;
la creación (403) de una distribución de frecuencia (202) de los modos propios de oscilación (103) detectados en
10 función de una frecuencia de modo y del al menos un parámetro operativo (101) y/o del al menos un parámetro ambiental (102) en el rango operativo;
en función de la distribución de frecuencia (202) creada, la división (404) de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia, realizándose la división (202) de los modos propios de oscilación en clases de frecuencia mediante la determinación de un valor pico de aquella distribución de frecuencia (202) de modos propios (103) que
15 sobrepasa un umbral predeterminado y que tiene una constancia durante todo el rango operativo; y
en al menos una clase de frecuencia, la determinación (405) del curso de modo sobre el parámetro operativo (101) y/o sobre el parámetro ambiental (102).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un parámetro operativo (101) del sistema oscilatorio está seleccionado del grupo compuesto por: Una velocidad del rotor, un ángulo de ataque de una pala de rotor, un ángulo de entrada, un ángulo de paso de una pala de rotor, un ángulo de guiñada de una góndola de rotor, un número de revoluciones del generador, una potencia del generador y cualquier combinación de los mismos.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el al menos un parámetro ambiental (102) del sistema oscilatorio está seleccionado del grupo compuesto por: la temperatura ambiente, una capa de hielo en una pala de rotor, una exposición de una pala de rotor a material extraño, una humedad del aire, una presión del viento, una dirección del viento, una velocidad del viento, una carga alar en una pala de rotor, un ángulo de entrada, una velocidad de entrada, una diferencia de presión, una temperatura de pala de rotor, una rigidez de pala de rotor, una distribución de masa de las palas de rotor y cualquier combinación de los mismos.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la detección de modos propios de oscilación (103) del sistema oscilatorio comprende la detección de al menos uno de los siguientes parámetros: Una o varias frecuencias propias, formas de modo, ángulos de modo y amortiguaciones.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la fijación de modos nominales que han de ser vigilados en al menos una clase de frecuencia a partir del curso de modo específico sobre el parámetro operativo (101) y/o sobre el parámetro ambiental (102).

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la creación de una distribución de frecuencia (200) incluye la creación un histograma.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el histograma está dividido en diferentes clases de frecuencia.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema oscilatorio es una pala de rotor de una instalación de energía eólica.

9. Módulo de hardware que comprende un programa informático que está diseñado para realizar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8.

Fig. 1

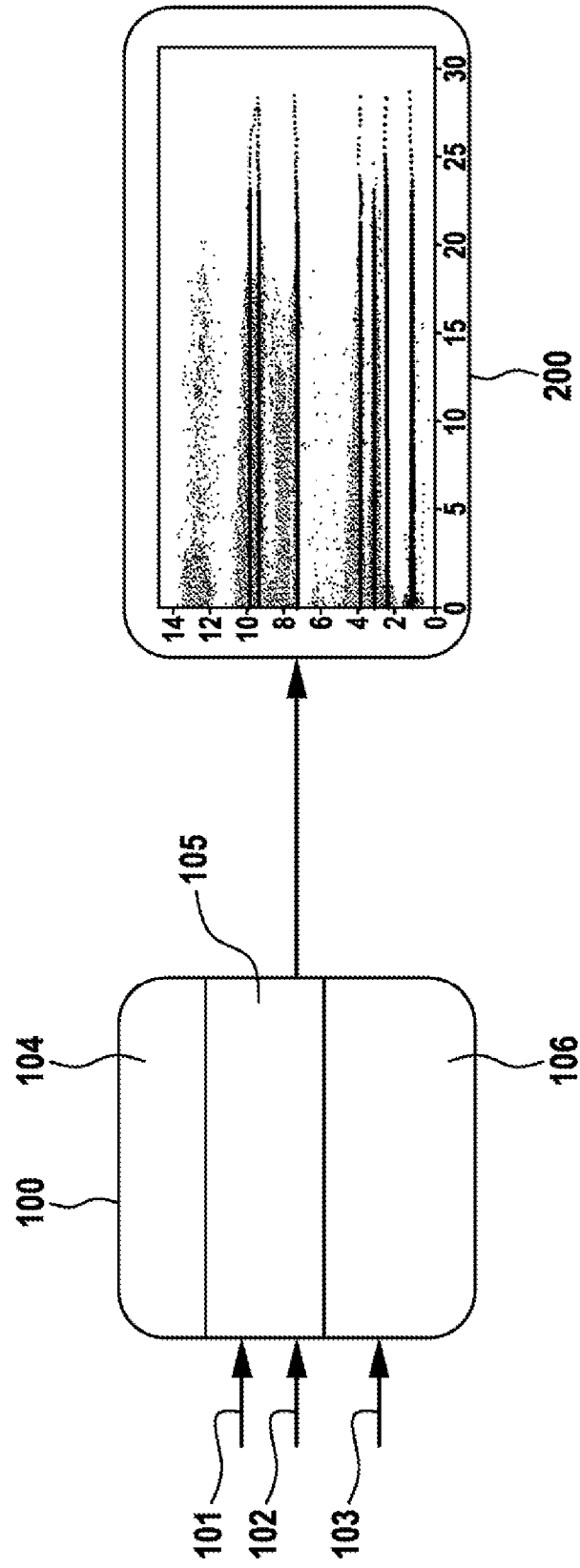


Fig. 2

200

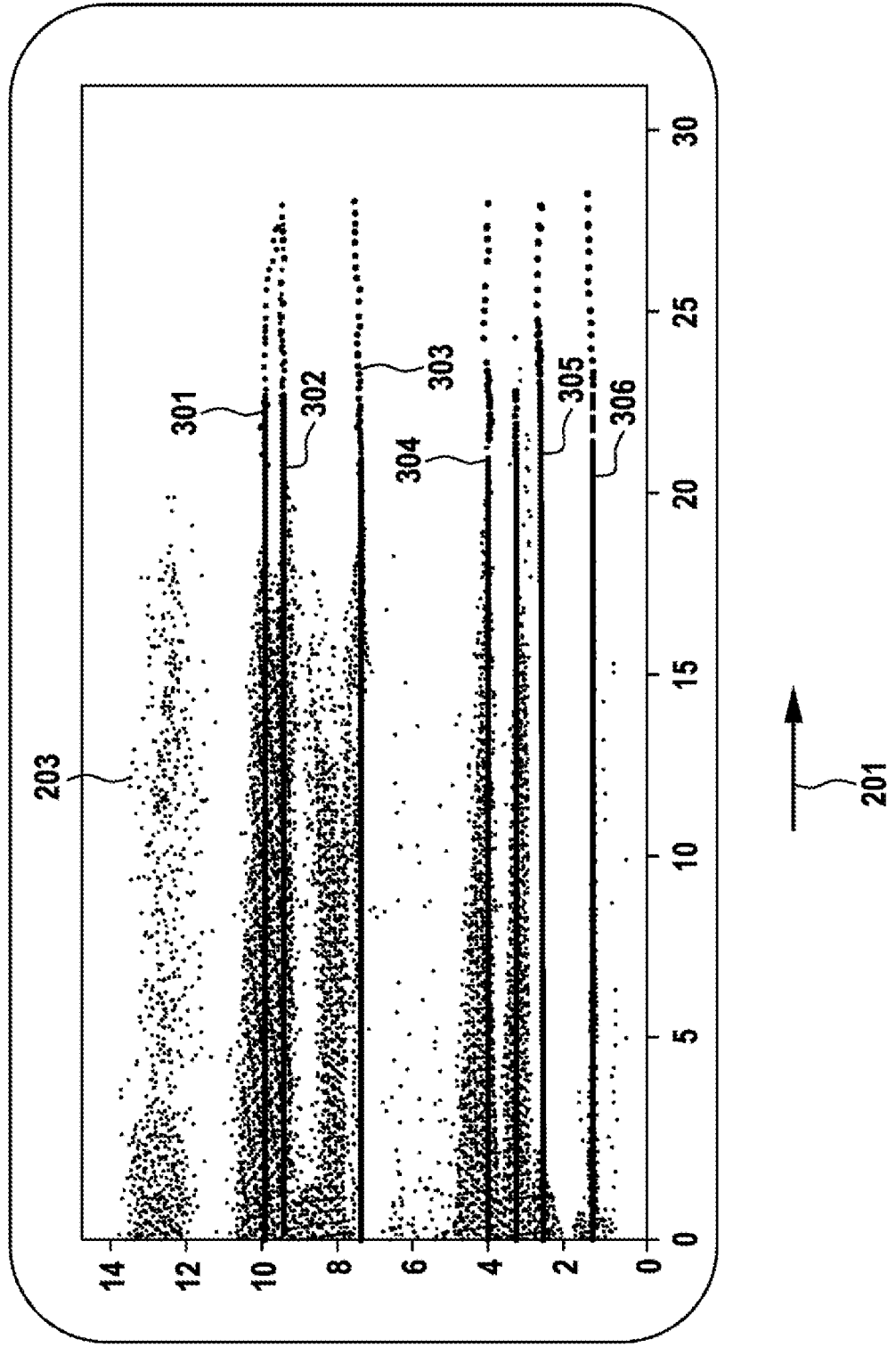


Fig. 3

