

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 157**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2013 PCT/DK2013/050172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013 WO13182200**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2013 E 13728947 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2859223**

54 Título: **Turbina eólica con un controlador de cargas**

30 Prioridad:

**06.06.2012 DK 201270300**  
**07.06.2012 US 201261656664 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.06.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZAIB, ALI y**  
**SIMONSEN, KENNETH TOUGAARD**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 674 157 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**

Turbina eólica con un controlador de cargas

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un método para controlar el funcionamiento de una turbina eólica y a una turbina eólica que comprende un rotor con al menos una pala de rotor.

**Antecedentes de la invención**

El uso de turbinas eólicas se ha convertido en un modo habitual de generar electricidad y el tamaño y rendimiento de las turbinas han aumentado.

10 Normalmente, las turbinas eólicas incluyen múltiples palas que transforman energía eólica en movimiento de rotación de una cadena de transmisión para, de ese modo, producir electricidad. Las turbinas existentes se controlan mediante controladores informatizados que pueden modificar diversos parámetros para llevar a la turbina a un nivel óptimo con respecto a producción de energía, carga sobre las palas y cadena de transmisión y desgaste general en la turbina.

15 A menudo, las palas pueden rotar alrededor de su eje longitudinal y, de ese modo, convertir un grado variable de la energía eólica. Esta actividad se denomina "ajuste de paso", y en una turbina eólica tradicional, el ajuste de paso se controla de manera que la turbina eólica utiliza toda la energía eólica disponible hasta que se alcanza una producción de energía nominal. Si la turbina eólica ha alcanzado la producción de energía nominal y la energía eólica disponible aumenta adicionalmente, se realiza el ajuste de paso de las palas alejándose de la situación óptima para mantener la producción de energía nominal. A una determinada intensidad de energía eólica de corte, se realiza el ajuste de paso de las palas a una posición en la que se impide la transformación entre energía eólica y movimiento de rotación. A menudo, esto se denomina "posición de bandera". La rotación se detiene y el sistema de control espera a una disminución de intensidad del viento antes de reiniciar la producción realizando el ajuste de paso de vuelta de las palas a partir de la posición de bandera.

25 Las cargas sobre la estructura de turbina eólica dependen en gran medida de las condiciones climáticas en las que funciona la turbina y del tamaño de los componentes principales, por ejemplo, las palas. Hoy en día se implementan diferentes algoritmos de control en las turbinas eólicas para reducir las cargas basándose en las condiciones climáticas.

30 Cargas asimétricas a lo largo del rotor son responsables de una contribución significativa a las cargas de fatiga. Las cargas asimétricas están provocadas, por ejemplo, por la cizalladura del viento, y hoy en día los controladores de turbina eólica en ocasiones están adaptados para reducir o eliminar momentos de guiñada e inclinación en la turbina eólica controlando el paso de cada pala de manera independiente. Esta actividad puede estar basada en condiciones, por ejemplo, flexión de pala, experimentadas individualmente por cada pala. En ocasiones, esto se denomina control de inclinación y guiñada. En la práctica, las cargas asimétricas se equilibran mediante el ajuste de paso cíclico de las palas basándose en momentos de guiñada e inclinación estimados/calculados en el rotor, y en los controladores existentes, las cargas se llevan a un nivel de referencia estático predefinido, también denominado valor umbral. Normalmente, el valor umbral estático se define durante la fase de diseño basándose en las limitaciones estructurales de la turbina eólica, basándose en el riesgo de colisión torre-pala, etc.

El documento US2011/0064573 da a conocer un método para controlar el funcionamiento de una turbina eólica en la que se determina un límite de valor de consigna basándose en una condición atmosférica medida.

40 El documento US2006002792 da a conocer un método para reducir carga y proporcionar alineación de guiñada en una turbina eólica que incluye medir desplazamientos o momentos resultantes de cargas asimétricas sobre la turbina eólica. Estos desplazamientos o momentos medidos se usan para determinar un paso para cada pala de rotor para reducir o contrarrestar cargas de rotor asimétricas y una orientación de guiñada favorable para reducir la actividad de paso. La alineación de guiñada de la turbina eólica se ajusta según la orientación de guiñada favorable y el paso de cada pala de rotor se ajusta según el paso determinado para reducir o contrarrestar cargas de rotor asimétricas.

45 El documento DE19739162 A1 da a conocer la reducción de un momento de inclinación de la góndola basándose en una diferencia entre cargas medidas y un momento de inclinación de referencia.

50 En un intento de reducir cargas asimétricas, en ocasiones, se realiza el ajuste de paso de las palas de manera desfavorable con respecto a la conversión de energía eólica en movimiento de rotación, y el control de inclinación y guiñada tradicional reduce, por tanto, de manera potencial, la producción de energía de la turbina. El control de inclinación y guiñada mediante el ajuste de paso también aumenta el desgaste en el sistema de ajuste de paso y, de ese modo, aumenta los costes de mantenimiento.

**Descripción de la invención**

Para reducir cargas extremas, por ejemplo, sobre el cojinete principal que porta el rotor o árbol de rotor, y para

- 5 aumentar el espacio entre torre y pala de la turbina, o de manera general, para permitir una mejor distribución de cargas sin una reducción de energía innecesaria, la detención de la turbina eólica o el aumento de los costes de mantenimiento, la presente invención, en un primer aspecto, proporciona una turbina eólica que comprende un rotor con al menos una pala de rotor. El rotor puede rotar alrededor de un eje de rotor y define un plano de rotor. La turbina eólica comprende además un sistema de control de cargas adaptado para determinar una distribución de cargas sobre el plano de rotor y para determinar un valor de ajuste de paso de pala para cada pala de rotor individualmente para, de ese modo, compensar asimetrías en la distribución de cargas.
- 10 El sistema de control de cargas está adaptado para llevar a cabo la compensación basándose en una diferencia entre la distribución de cargas determinada y un valor umbral, y el sistema de control está adaptado para determinar el valor umbral basándose en las cargas de la turbina eólica y las condiciones climáticas.
- Esto proporciona la capacidad de realizar una actividad de control más selectiva y, por tanto, evitar actividades innecesarias tales como el ajuste de paso de pala adaptando la actividad de control a la condición climática.
- 15 El beneficio de esto sería una reducción de cargas y un aumento de espacios entre torre y pala con un aumento mínimo en la fatiga de los accionadores que se requiere que realicen la acción de control, es decir, por ejemplo, el sistema de ajuste de paso y los accionadores eléctricos o hidráulicos asociados que mueven de manera constante las palas hacia detrás y hacia adelante alrededor de sus ejes longitudinales.
- 20 Como el valor umbral se ajusta dinámicamente, puede reducirse el ajuste de paso de palas para contrarrestar la asimetría hasta un mínimo, es decir, solamente a situaciones en las que la asimetría desempeña un papel negativo de manera importante para la carga sobre la turbina. Por consiguiente, puede reducirse una pérdida de producción de energía innecesaria debida al ajuste de paso.
- Como ejemplo, puede decidirse no compensar cargas asimétricas cuando la pala más cargada se carga menos de un porcentaje determinado de una carga promedio, o puede decidirse no compensar cuando la velocidad del viento o turbulencia del viento está por debajo de un nivel determinado.
- 25 Por ejemplo, las condiciones de carga pueden determinarse midiendo la flexión de pala, midiendo el par motor en la cadena de transmisión, por ejemplo, el par motor en el árbol de rotor o en la transmisión, podría medirse midiendo el rendimiento tal como la generación de energía de un generador eléctrico en la turbina eólica o puede determinarse de cualquier manera similar conocida. La carga también puede hacer referencia a una velocidad de rotor, una aceleración de rotor, etc.
- 30 La condición climática puede determinarse mediante un sensor externo, o puede recibirse a partir de otras fuentes, como, por ejemplo, una señal recibida procedente de Internet, mediante comunicación inalámbrica procedente de un proveedor de pronóstico meteorológico o de cualquier manera similar. La condición climática puede referirse a la velocidad del viento, turbulencia, densidad del aire, temperatura, o cizalladura del viento medida, etc.
- 35 Por ejemplo, el valor umbral puede determinarse basándose en una diferencia entre una carga sobre una de las palas y una carga promedio sobre todas las palas, por ejemplo, un promedio de carga durante un periodo de tiempo especificado previamente, por ejemplo, durante 1-10 minutos.
- El valor umbral también puede determinarse basándose en una velocidad del viento promedio, aceleración del viento, o turbulencia medida en un periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo, 1-60 minutos.
- 40 De manera general, las cargas asimétricas sobre las palas pueden proporcionar fuerzas asimétricas sobre el plano de rotor en un plano vertical y/o en un plano horizontal.
- 45 Una sustentación negativa, es decir, una fuerza dirigida hacia abajo sobre el plano de rotor puede crearse mediante una fuerza asimétrica en un plano vertical. Para contrarrestar tal sustentación negativa, una actividad de control apropiada puede sustentar aerodinámicamente el rotor y, de ese modo, la capacidad de reducir las cargas transmitidas por la masa del rotor. En el presente documento, el término "sustentación" no especifica necesariamente el movimiento del plano de rotor sino más bien que el rotor se ve sometido a una fuerza que actúa con o contra la gravedad sobre el plano de rotor. Normalmente, tales fuerzas son un resultado de fuerzas asimétricas en un plano vertical.
- 50 El valor umbral puede determinarse de manera que la compensación crea una sustentación positiva o negativa del plano de rotor y por tanto contrarresta fuerzas asimétricas en un plano vertical. Con este fin, puede ser particularmente relevante observar la carga sobre el cojinete principal que porta el peso del árbol de rotor, y el valor umbral puede determinarse basándose en la carga de estos cojinetes.
- El valor umbral también puede determinarse de manera que el controlador de cargas compense un error de guiñada o, de manera general, compense cualquier fuerza asimétrica sobre el rotor en un plano horizontal. Normalmente, tales fuerzas asimétricas crean un par motor alrededor del eje de rotación vertical, es decir, el eje de guiñada, alrededor del que puede rotar la góndola con respecto a la torre.

Para orientar la cadena de transmisión y el plano de rotor directamente contra el viento, sistemas de guiñada activos incluyen, normalmente, motores de guiñada que hacen rotar la góndola. Puede ser particularmente relevante observar la carga en tales motores, y determinar el umbral basándose en la carga del sistema de guiñada.

5 Un aspecto particular en el funcionamiento a vientos fuertes es el de garantizar una distancia segura entre la punta de la pala y la torre. Cuando la pala se flexiona hacia atrás hacia la torre se acerca a la torre, y puede ser necesario realizar el ajuste de paso de la pala para liberar presión en la pala a medida que pasa por la torre. Según la invención, el valor umbral puede ajustarse basándose en un espacio de torre entre una torre de la turbina eólica y al menos una de las palas de rotor, por ejemplo, basándose en una deflexión máxima medida o medirse como una  
10 diferencia entre una distancia observada realmente entre la punta de pala y la torre y una distancia de seguridad mínima.

La frecuencia (frecuencia de actualización) mediante la que el sistema de control de cargas actualiza el valor umbral y/o mediante la que el sistema de control de cargas compara el valor umbral con la asimetría observada, y/o mediante la que el sistema de control de cargas actualiza la asimetría calculada basándose en señales de detección de carga, preferiblemente, debe encontrarse en el intervalo de 0,5-5 veces una frecuencia  $f$ , en la que  $f$  se determina de la siguiente manera:  
15

$$f = \frac{1}{t_p}$$

, en la que  $t_p$  es el tiempo que tarda la punta de pala en pasar por la torre.

Por consiguiente, el sistema de control de cargas puede funcionar con la frecuencia de actualización que depende de la velocidad de rotación de rotor y, por tanto, de la velocidad de la punta de pala de rotor cuando pasa por la torre.

20 Particularmente, la frecuencia de actualización puede encontrarse en el intervalo de 2-4 veces la frecuencia  $f$ , tal como aproximadamente tres veces la frecuencia  $f$ .

En un segundo aspecto, la invención proporciona un método para controlar una turbina eólica tal como se describió anteriormente. Según este método, se determinan y comparan una carga asimétrica del rotor con un valor umbral, y el valor umbral se determina basándose en las cargas de la turbina eólica.

25 Según el método, al menos uno de la distribución de cargas, el valor umbral, y la compensación de asimetría se determina con una frecuencia de actualización que se determina basándose en una velocidad de rotación del rotor.

Particularmente, la frecuencia puede encontrarse entre 2 y 4 veces una frecuencia definida por el tiempo que tarda una punta de pala en pasar por una torre de la turbina eólica, por ejemplo, 3 veces esa frecuencia  $f$  ya descrita con respecto al primer aspecto de la invención.

30 En un tercer aspecto, la invención proporciona un producto de programa informático en el que el programa debe hacer que el ordenador ejecute un procedimiento que incluye las etapas de recibir un identificador que identifica una carga de una turbina eólica, y determinar un valor umbral para una carga asimétrica de un rotor de la turbina eólica basándose en la medición.

35 En un cuarto aspecto, la invención proporciona un sistema de control para una turbina eólica que comprende un rotor con al menos una pala de rotor, definiendo el rotor un eje de rotor y un plano de rotor. El sistema de control está adaptado para establecer un valor de ajuste de paso de pala para cada pala de rotor individualmente para compensar asimetrías en cargas sobre el rotor comparando una distribución de cargas sobre el plano de rotor con un valor umbral. El sistema de control está adaptado para ajustar el valor umbral basándose en una carga promedio de la turbina eólica.

40 Cualquiera de las características descritas con respecto al primer aspecto de la invención puede aplicarse de igual modo a los aspectos segundo, tercero y cuarto de la invención.

### Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá la invención a modo ejemplo con referencia a las siguientes figuras en las que:

la figura 1 ilustra una turbina eólica;

45 la figura 2 ilustra esquemáticamente detalles del sistema de control de cargas; y

la figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método según una realización de la invención.

### Descripción detallada de realizaciones

El alcance adicional de aplicabilidad de la presente invención resultará evidente a partir de la descripción detallada y ejemplos específicos siguientes. Sin embargo, debe comprenderse que la descripción detallada y ejemplos

específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se aportan únicamente a modo de ilustración, dado que resultarán evidentes diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención para los expertos en la técnica a partir de esta descripción detallada.

5 La figura 1 ilustra una turbina eólica que comprende una torre 2, una góndola 3, un rotor 4 con tres palas de rotor 5, 6, 7.

El rotor 4 y las palas pueden hacerse rotar alrededor de un eje de azimut representado por la línea de puntos 8.

La góndola 3 se porta en la torre mediante un sistema de guiñada 9 que hace que la góndola pueda rotar alrededor del eje de guiñada que se representa mediante la línea de puntos 10 con respecto a la torre.

10 El plano de rotor definido por las palas cuando el rotor rota se indica mediante el numeral 11. Mediante el uso del sistema de guiñada y sensores de dirección de viento, la góndola puede hacerse rotar de manera constante alrededor del eje de guiñada 10 mediante lo cual el árbol de rotor se mantiene contra el viento y mediante lo cual el plano de rotor se convierte en perpendicular a la dirección del viento.

Cada pala puede rotar alrededor de un eje de paso 12, 13, 14 que se extiende en la dirección longitudinal de las palas.

15 Para comprender la carga asimétrica sobre el plano de rotor y para contrarrestar tales cargas, normalmente la asimetría se divide en dos que, normalmente, se denominan inclinación y guiñada. La guiñada es la fuerza que actúa alrededor del eje de guiñada en un plano horizontal, y la inclinación es una fuerza que actúa en perpendicular al eje de azimut en un plano vertical.

20 La turbina eólica comprende un sistema de control de cargas representado mediante la caja 15. El sistema de control de cargas se muestra dentro de la torre, pero podría estar ubicado en cualquier lugar, incluso fuera y lejos de la turbina. El sistema de control de cargas recibe señales de carga procedentes de sensores de flexión de pala 16, 17, 18 ubicados en cada pala.

25 Basándose en las señales de carga, el sistema de control de cargas puede determinar una distribución de cargas sobre el plano de rotor y, de ese modo, detectar cargas asimétricas que provocan la inclinación o guiñada no deseada mencionada.

Normalmente, la inclinación está provocada por la cizalladura del viento, es decir, por una velocidad del viento que aumenta desde la parte inferior del plano de rotor hacia la parte superior o puede estar provocada por una dirección de viento que no se define en un plano horizontal, por ejemplo, por vientos ascendentes.

30 Normalmente, la guiñada puede estar provocada por un error de guiñada que significa que no se ha hecho rotar la góndola correctamente contra el viento. De nuevo, esto puede estar causado por direcciones de viento que cambian rápidamente en las que el sistema de guiñada no puede moverse lo suficientemente rápido para llevar el árbol de rotor contra el viento y, por tanto, llevar el plano de rotor perpendicular a la dirección del viento.

35 El ajuste de paso se lleva a cabo mediante motores de ajuste de paso, normalmente, accionadores hidráulicos, ubicados en el buje y que actúan sobre cada pala individualmente. Como el ángulo de paso de las palas determina un grado de conversión entre la energía eólica y la fuerza que actúa sobre el árbol de rotor, puede usarse el ajuste de paso individual para controlar una distribución de cargas sobre el plano de rotor.

40 El sistema de control de cargas puede establecer un valor de paso de pala para cada pala de rotor individualmente para compensar asimetrías de carga sobre el rotor o plano de rotor. En este procedimiento, el sistema de control de cargas compara la distribución de cargas determinada sobre el plano de rotor con un valor umbral. Si la asimetría determinada excede el valor umbral, el sistema de control de cargas continuará compensando mediante el ajuste de paso individual adicional de pala, y si la asimetría determinada está por debajo del valor umbral, el sistema de control de cargas mantendrá la relación de ajuste de paso individual entre las palas.

La turbina eólica puede comprender un sensor 19 ubicado externamente y que puede medir condiciones climáticas, por ejemplo, una velocidad del viento, una presión de aire, una temperatura, turbulencia del viento, etc.

45 Según la invención, el controlador de cargas puede ajustar el valor umbral basándose en una carga de la turbina eólica.

50 Normalmente, el controlador de cargas se implementa como software en un sistema informático. El controlador de cargas puede funcionar en una única turbina eólica, o puede funcionar en una pluralidad de turbinas eólicas, por ejemplo, turbinas eólicas dentro de un territorio determinado, turbinas eólicas idénticas, turbinas propiedad del mismo propietario, o turbinas eólicas que funcionan con las mismas condiciones climáticas, etc.

Las figuras 2 y 3 ilustran esquemáticamente las funciones principales del sistema de control de cargas según una realización. El controlador de cargas se implementa en una unidad de ordenador 20 que recibe señales de carga y/o señales que representan una condición climática procedentes de los sensores A, B y C. Los sensores pueden incluir

un sensor de par motor en el árbol de rotor o en la caja de engranajes, un sensor de flexión de pala en cada pala, un anemómetro que proporciona una velocidad del viento, etc.

Las señales procedentes de los sensores A, B y C se alimentan, por ejemplo, mediante comunicación inalámbrica o mediante cables en la unidad de ordenador 20.

- 5 La unidad de ordenador 20 también está conectada a la nube 21, que podría representar la Internet, una Intranet de un propietario de turbina eólica, una red de ordenadores cerrada de un propietario de turbina eólica o un proveedor de turbinas, etc.

10 La unidad de ordenador comprende un almacenamiento de datos señalado como DB. El almacenamiento de datos comprende un valor umbral o bien en forma de un valor fijo o en forma de un modelo matemático que puede proporcionar un umbral que puede compararse con los datos procedentes de los sensores A, B, C o procedentes de la nube 21. Basándose en los datos en el almacenamiento de datos y los datos de sensor, la unidad de ordenador calcula un conjunto de ángulos de paso alfa, beta, gamma que se comunican al elemento de transmisión de paso 22. El elemento de transmisión de paso 22 controla los cilindros hidráulicos x, y y z que, de nuevo, hacen rotar las palas individualmente alrededor de los ejes de paso 12, 13, 14.

- 15 La figura 3 ilustra las funciones principales del sistema de control de cargas con respecto a decidir si contrarrestar cargas asimétricas o no.

20 El sistema recibe datos de carga (etapa 301) por ejemplo, procedentes de sensores de flexión de pala, procedentes de motores de guiñada o procedentes de otros sensores en la turbina eólica. Adicional o alternativamente, el sistema recibe datos climáticos, por ejemplo, procedentes de sensores o procedentes de proveedores de pronóstico meteorológico. Los datos se procesan (etapa 302) y el sistema determina un número de indicación de asimetría de cargas (etapa 303) que indica una asimetría de cargas que actúa sobre el plano de rotor de la turbina eólica.

El sistema determina además un valor umbral basándose en los datos recibidos (etapa 304). Normalmente, el valor umbral indica una carga asimétrica máxima deseada, o indica un límite según el cual debe iniciarse el contrarresto de cargas asimétricas.

- 25 El sistema comprara el número de indicación de asimetría de cargas con el valor umbral (etapa 305) y basándose en la comparación, el sistema compensa la asimetría mediante el ajuste de paso de las palas (etapa 306).

30 Debe observarse que el sistema puede decidir no compensar asimetrías en la etapa 306. Por ejemplo, el sistema puede decidir no compensar cargas asimétricas cuando la pala más cargada está cargada menos de un porcentaje determinado de una carga promedio, o puede decidirse no compensar cuando la velocidad del viento o turbulencia del viento está por debajo de un nivel determinado.

**REIVINDICACIONES**

1. Turbina eólica que comprende un rotor con al menos una pala de rotor, pudiendo rotar el rotor alrededor de un eje de rotor y define un plano de rotor, comprendiendo además la turbina eólica un sistema de control de cargas adaptado para determinar una distribución de cargas sobre el plano de rotor basándose en señales de carga procedentes de sensores de flexión de pala ubicados en cada pala y para determinar un valor de ajuste de paso de pala para cada pala de rotor individualmente para, de ese modo, compensar asimetrías en la distribución de cargas, caracterizada porque el sistema de control de cargas está adaptado para llevar a cabo la compensación basándose en una diferencia entre la distribución de cargas determinada y un valor umbral, y en la que el sistema de control de cargas está adaptado para determinar el valor umbral basándose en una diferencia entre una carga sobre una de las palas y una carga promedio sobre todas las palas.
2. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el sistema de control de cargas está adaptado para determinar el valor umbral basándose en la diferencia entre una carga sobre una de las palas y una carga promedio sobre todas las palas, y una condición climática.
3. Turbina eólica según las reivindicaciones 1 ó 2, en la que el sistema de control de cargas está adaptado para determinar el valor umbral basándose también en una velocidad del viento promedio medida en un periodo de tiempo predeterminado.
4. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el valor umbral se ajusta basándose en un espacio de torre entre una torre de la turbina eólica y al menos una de las palas de rotor.
5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el sistema de control de cargas funciona con una frecuencia de actualización para al menos uno de la distribución de cargas, el valor umbral, y la compensación de asimetría, en la que la frecuencia de actualización se determina basándose en una velocidad de rotación del rotor.
6. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que el sistema de control de cargas está adaptado para determinar una duración de una pala en pasar por la torre de la turbina eólica, y para calcular la frecuencia de actualización a partir de la duración.
7. Turbina eólica según la reivindicación 6, en la que la frecuencia de actualización es entre dos y cuatro veces una frecuencia definida como uno dividido entre la duración.
8. Método para controlar una turbina eólica que comprende un rotor con al menos una pala de rotor, definiendo el rotor un eje de rotor y un plano de rotor, comprendiendo además la turbina eólica un sistema de control de cargas adaptado para determinar una distribución de cargas sobre el plano de rotor basándose en señales de carga procedentes de sensores de flexión de pala ubicados en cada pala y para determinar un valor de ajuste de paso de pala para cada pala de rotor individualmente para, de ese modo, compensar asimetrías en la distribución de cargas, caracterizado porque el sistema de control de cargas está adaptado para llevar a cabo la compensación basándose en una diferencia entre la distribución de cargas determinada y un valor umbral, en el que el valor umbral se determina basándose en una diferencia entre una carga sobre una de las palas y una carga promedio sobre todas las palas.
9. Método según la reivindicación 8, en el que al menos uno de la distribución de cargas, el valor umbral, y la compensación de asimetría se determina con una frecuencia de actualización que se determina basándose en una velocidad de rotación del rotor.
10. Método según la reivindicación 9, en el que la frecuencia de actualización es entre 2 y 4 veces una frecuencia definida por el tiempo que tarda una punta de pala en pasar por una torre de la turbina eólica.
11. Producto de programa informático adaptado para hacer que un ordenador ejecute un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8-10.

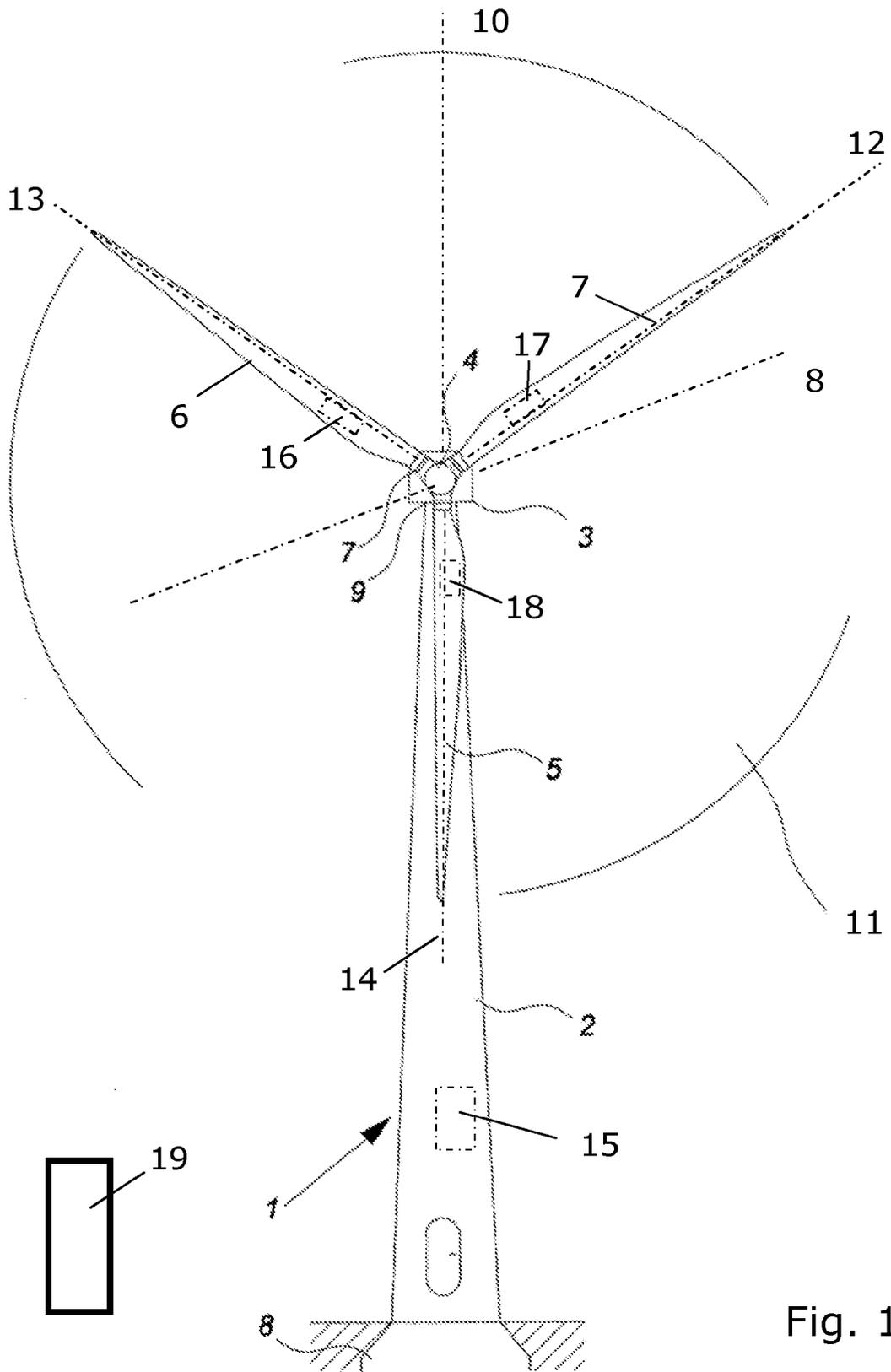


Fig. 1

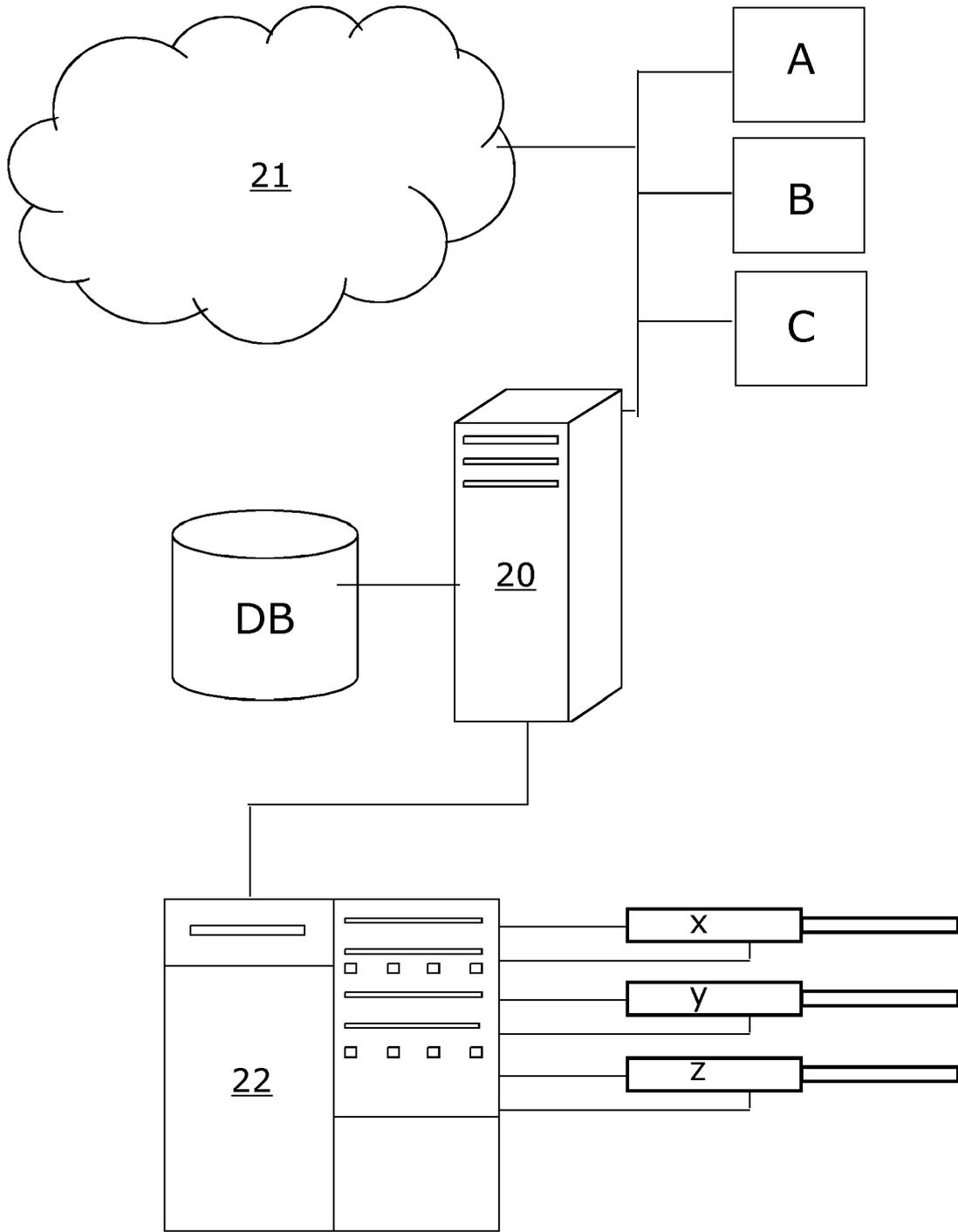


Fig. 2

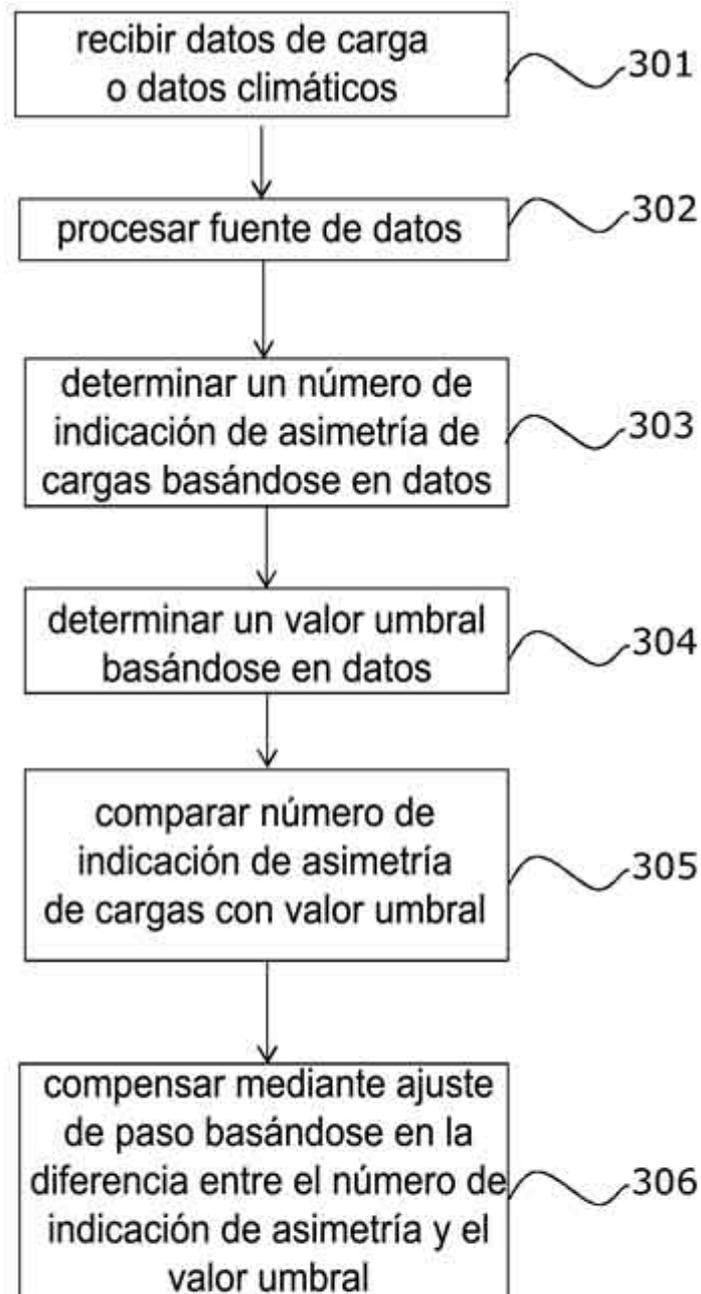


Fig. 3