

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 774**

21 Número de solicitud: 201700794

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

14.12.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.06.2019

71 Solicitantes:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L. (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 100
48170 Zamudio (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**VITAL AMUCHASTEGUI, Pablo;
MARTINEZ - VEGA, Rosa Maria;
PIZARRO DE LA FUENTE, Carlos;
SUAREZ AIZPUN, Jaime;
HERNANDEZ MASCARRELL, Octavio y
DANIEL TIGGA, Ketan**

54 Título: **Método de control de un aerogenerador y un aerogenerador que comprende unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control**

57 Resumen:

Método de control de un aerogenerador que comprende un buje de rotor (2) con un eje (3) y unas palas (13), y una góndola (4) acoplada de modo rotatorio a la torre (5) a través de un sistema de guiñada (7). El método incluye las etapas de medición de una primera variable de naturaleza periódica relacionada con la góndola (4), medición de una segunda variable de naturaleza periódica relacionada con el eje (3), estimación de un momento de guiñada a partir de la primera variable, tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal, calibración de la estimación del momento de guiñada, y ajuste del ángulo de paso de la pala (13) correspondiente para contrarrestar la componente 1P de frecuencia de la señal estimada del momento de guiñada tras la calibración comparándolo con la señal de la segunda variable.

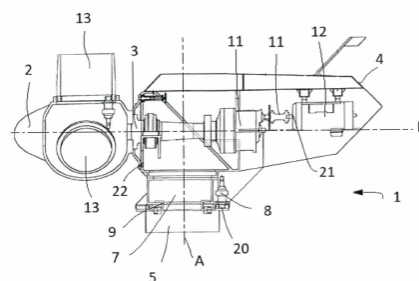


FIG. 2

DESCRIPCIÓN

Método de control de un aerogenerador y un aerogenerador que comprende unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control.

5

Sector de la técnica

La presente invención se relaciona con un método de control de un aerogenerador y con un aerogenerador que comprende unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control.

10

Estado anterior de la técnica

Son conocidos los aerogeneradores adaptados para generar energía eléctrica a través de la acción del viento sobre sus palas que comprenden una torre anclada al suelo, un rotor que tiene acopladas al menos dos palas y una góndola acoplada a la torre por medio de un sistema de guiñada, incluyendo la góndola entre otros elementos, un generador y un sistema de transmisión que permite amplificar la velocidad de rotación del rotor en el generador. El sistema de guiñada comprende al menos un cojinete fijado a la torre y al menos un motor que permite la rotación de la góndola con respecto a la torre.

15

20

Por otra parte, es conocido que los desequilibrios producidos en el rotor de un aerogenerador originan oscilaciones en los componentes mecánicos del mismo, es decir en el sistema de transmisión, el sistema de guiñada y/o en el generador, teniendo como consecuencia el desgaste e incluso rotura de los mismos. Debido a que bien por su posicionamiento, y/o a que las palas de cada aerogenerador no son exactamente iguales, cada pala puede estar sujeta a fuerzas aerodinámicas diferentes. Dichas fuerzas aerodinámicas diferentes provocan, entre otras consecuencias, un par de oscilación en el rotor que se transfiere al sistema de transmisión del aerogenerador y de aquí al generador del aerogenerador. Dicho par de oscilación se conoce también como oscilación 1P (1 per revolution) porque las vibraciones originadas por dicho par oscilan al ritmo de una vuelta del rotor. Este par de oscilación afecta a la mayor parte de los componentes del aerogenerador.

25

30

Una de las soluciones a este problema es la calibración del ángulo de paso de cada pala, es decir, se mide la diferencia del ángulo de paso entre las palas y a partir de este dato se calcula una compensación para el ángulo de paso de cada pala, dependiendo dicha compensación del tipo de turbina. Dicho sistema de compensación requiere un equipamiento caro y debe ser realizado periódicamente para asegurarse de que no vuelve el problema.

35

En el documento de KK WIND Solutions "Rotor imbalance cancellation", se describe una solución basada en la medición continua de la aceleración de la góndola y de la posición azimutal del rotor, de modo que, partiendo de dichas variables, se calcula un vector que muestra el tamaño del desequilibrio así como la posición del desequilibrio. A partir de este vector, se calcula un nuevo ángulo de paso de compensación para cada pala, que trata de minimizar la amplitud del vector.

40

45

Por otro lado, en WO 2010/100271 A1 se describe un sistema de guiñada para un aerogenerador que comprende un sistema de control que hace que al menos un motor de la guiñada se esfuerce para maniobrar la góndola hacia un punto de ajuste, permitiendo que la góndola se desvíe del punto de ajuste siempre que un par de guiñada externo sobre la góndola exceda una capacidad de par permitida de al menos un motor de guiñada. El sistema de control puede conseguir un control de cuatro cuadrantes, de modo que el motor de guiñada opera como generador en el segundo o cuarto cuadrantes mientras que puede detener el funcionamiento de al menos un motor de guiñada en el primer y tercer cuadrantes ante una

50

velocidad del viento por encima de un nivel predeterminado. Este sistema de control detecta además desequilibrios en el rotor utilizando al menos una propiedad del motor de guiñada y posteriormente minimiza dicho desequilibrio alterando el ángulo de paso de al menos una pala de turbina.

5

Exposición de la invención

El objeto de la invención es el de proporcionar un método de control de un aerogenerador y un aerogenerador que comprende unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control según se define en las reivindicaciones.

10

Un primer aspecto de la invención se refiere al método de control de un aerogenerador que comprende un buje de rotor que incluye un rotor con un eje y al menos dos palas, una góndola que incluye un generador acoplado al eje, estando la góndola acoplada de modo rotatorio a la torre a través de un sistema de guiñada y estando el buje de rotor acoplado de modo rotatorio a la góndola, comprendiendo el método de control las siguientes etapas:

15

- medición de una primera variable de naturaleza periódica relacionada con la góndola,
- medición de una segunda variable de naturaleza periódica relacionada con el rotor,
- estimación de un momento de guiñada a partir de los datos obtenidos de la primera variable,
- tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal, y
- calibración de la estimación del momento de guiñada según la cual se fuerza un desequilibrio conocido en al menos una de las palas y se mide su efecto en las mediciones de la primera variable, estableciendo un factor de corrección que se aplica en la estimación del momento de guiñada, y
- ajuste del ángulo de paso de la pala correspondiente para contrarrestar la componente 1P de frecuencia de la señal estimada del momento de guiñada tras la calibración comparándolo a su vez con la señal de la segunda variable.

20

25

30

35

De este modo se obtiene un método de control que consigue una completa eliminación del desequilibrio aerodinámico independientemente del dispositivo de medición utilizado y del tipo de señal seleccionada.

40

Además, el método de control puede ser llevado a cabo en tiempo real y por cualquier controlador lógico programable también conocido como PLC.

45

Un segundo aspecto de la invención se refiere al aerogenerador que comprende una torre, el buje de rotor que incluye el rotor con un eje y al menos dos palas, la góndola que incluye el generador acoplado al rotor, estando la góndola acoplada de modo rotatorio a la torre a través del sistema de guiñada y estando el buje de rotor acoplado de modo rotatorio a la góndola, y unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control.

50

Estas y otras ventajas y características de la invención se harán evidentes a la vista de las figuras y de la descripción detallada de la invención.

Descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una vista de una realización de un aerogenerador según la invención.

La Figura 2 muestra una vista esquemática seccionada del aerogenerador mostrado en la figura 1.

5

Exposición detallada de la invención

Las figuras 1 y 2 muestran un aerogenerador 1 que comprende una torre 5 fijada al suelo, un buje de rotor 2 que incluye un rotor con un eje 3 y al menos dos palas 13 acoplados al buje 2, y una góndola 4 acoplada de modo rotatorio a la torre 5 a través de un sistema de guiñada 7. La góndola 4 puede girar sobre un eje A que se extiende a lo largo de la longitud de la torre 5 con el objetivo de orientar los palas 13 en función de la dirección del viento para obtener un rendimiento óptimo del aerogenerador 1. Por otra parte, el buje de rotor 2 se dispone acoplado de modo rotatorio a la góndola 4, pudiendo girar sobre un eje B sustancialmente horizontal. En la realización mostrada en las figuras, el buje de rotor 2 comprende tres palas 13 dispuestas desfasados entre sí 120°.

La góndola 4 comprende además un generador 12, al menos un freno adaptado para frenar la rotación de la góndola 4 con respecto a la torre 5, y un sistema de transmisión 11 a través del cual el eje 3 está conectado con el generador 12. Dado que la velocidad de rotación del eje 3 es baja, el sistema de transmisión 11 tiene como objetivo obtener una velocidad de rotación adecuada en el generador 12.

El sistema de guiñada 7 comprende al menos un rodamiento 9 fijado a la torre 5, y al menos un motor 8 que posibilita el giro de la góndola 4 con respecto a la torre 5.

El aerogenerador 1 comprende además al menos un primer sensor 20 que mide una primera variable relacionada con la góndola 4. El primer sensor 20 mide una señal de naturaleza periódica. En la realización descrita, el primer sensor 20 mide una corriente del motor 8 del sistema de guiñada 7, disponiéndose dicho primer sensor 20 en dicho sistema de guiñada 7. En otras realizaciones, el primer sensor 20 puede medir la velocidad del generador 12 o la aceleración de la góndola 4. En dichas realizaciones, el primer sensor 20 se dispondría en el generador 12 o en la góndola 4 respectivamente.

El aerogenerador 1 comprende al menos un segundo sensor 21 que mide una segunda variable relacionada con el generador 12, disponiéndose dicho segundo sensor 21 en la góndola 4. El segundo sensor 21 mide una señal de naturaleza periódica. En la realización descrita, el aerogenerador 1 comprende el segundo sensor 21 que mide la velocidad de giro del generador 12 y un tercer sensor 22 que se utiliza para obtener una referencia angular con respecto a un punto fijo de la vuelta del eje 3. Dicho tercer sensor 22 también se dispone en la góndola 4. Por medio del segundo sensor 21 y del tercer sensor 22 se obtiene el valor del ángulo azimutal de al menos una de las palas 13. El valor del ángulo azimutal obtenido es corregido de modo continuo en cada vuelta completa del eje 3. Para ello, se dispone una chapa (no representada en las figuras) en el eje 3 que gira con dicho eje 3. Un sensor inductivo (no representado en las figuras) capta la señal producida cuando la chapa pasa por el sensor inductivo, posteriormente se compara el dato medido a través del sensor inductivo con el valor del ángulo azimutal obtenido a través del segundo sensor 21 y tercer sensor 22, corrigiéndose las posibles desviaciones.

El aerogenerador 1 comprende además unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control que se detallará a continuación.

Cuando al menos una de las palas 13 está sujeta a fuerzas aerodinámicas diferentes, bien por su posicionamiento con respecto a la dirección del viento y/o bien porque no todas las palas 13

son exactamente iguales, se genera una fuerza en el eje 3 que gira con el propio eje 3 provocando una vibración en el eje 3 que oscila según una frecuencia 1P. Esta vibración se transmite a los demás elementos del aerogenerador 1 llegando hasta el generador 12. Con el objeto de minimizar el efecto que produce en el resto de los componentes del aerogenerador 1 el desequilibrio de fuerzas aerodinámicas diferentes en las palas 13, el método de control del aerogenerador según la invención tiene como objetivo detectar dicho desequilibrio para posteriormente contrarrestar la vibración de frecuencia 1P generada por dicho desequilibrio actuando sobre el ángulo de paso de la(s) pala(s) 13 correspondiente(s) que originan el desequilibrio.

El método de control comprende las siguientes etapas:

- medición de una primera variable de naturaleza periódica relacionada con la góndola 4,
- medición de una segunda variable de naturaleza periódica relacionada con el eje 3,
- estimación de un momento de guiñada a partir de los datos obtenidos de la primera variable,
- tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal,
- calibración de la estimación del momento de guiñada según la cual se fuerza un desequilibrio conocido en al menos una de las palas 13 y se mide su efecto en las mediciones de la primera variable, estableciendo un factor de corrección que se aplica en la estimación del momento de guiñada,
- ajuste del ángulo de paso de la pala 13 correspondiente para contrarrestar la componente 1P de frecuencia de la señal del momento de guiñada estimado tras la calibración comparándolo a su vez con la señal de la segunda variable.

En una primera etapa, se mide la primera variable a través del primer sensor 20, siendo dicha primera variable la corriente del motor 8 del sistema de guiñada, la velocidad de giro del generador 12 o la aceleración de la góndola 4. Posteriormente, se estima a partir de la señal de los datos obtenidos de la primera variable, el momento de guiñada. A partir de dicho momento de guiñada estimado, se trata la señal periódica correspondiente a dicho momento de guiñada estimado y se extrae la componente 1P de frecuencia de dicha señal. Posteriormente, se lleva a cabo una etapa de calibración según la cual se fuerza un desequilibrio conocido en al menos una de las palas 13 y se mide el desequilibrio que provoca, estableciendo un factor de corrección que se aplica al momento de guiñada estimado.

La etapa de calibración permite identificar la relación entre la medición de la primera variable y el desequilibrio que representa. En particular, se aplica un error angular forzado y conocido en una de las palas 13 y se mide la señal del primer sensor 20 que mide una onda senoidal de frecuencia 1P de cierta amplitud. Es decir, se establece la proporcionalidad entre la medida del primer sensor 20 y el error introducido en una de las palas 13. La fase del desequilibrio forzado a una de las palas 13 se determina por comparación con respecto al azimuth medido por el primer sensor 20.

La etapa de calibración se lleva a cabo una vez para cada aerogenerador 1, aplicando el mismo factor de corrección para corregir a partir de ese momento, la estimación del momento de guiñada correspondiente a partir de los datos obtenidos de la primera variable.

5 Posteriormente, se trata la señal correspondiente al momento de guiñada estimado y corregido para extraer la componente 1P de frecuencia de dicha señal y se ajusta el ángulo de paso de las palas 13 correspondiente para contrarrestar la componente 1P de frecuencia de la señal del momento de guiñada estimado tras la calibración comparándolo a su vez con la señal correspondiente de la segunda variable.

10 La etapa de tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal se lleva a cabo a través de un algoritmo Goertzel. Este algoritmo es conocido en el estado de la técnica por lo que no se considera necesario explicarlo en profundidad. Gracias a dicho algoritmo se conoce la amplitud y la fase de la señal 1P extraída. La amplitud proporciona la cantidad en grados que las palas 13 están desviadas mientras que la fase de la señal 1P se compara con la señal obtenida a través de la medición de la segunda variable. La comparación de la fase de la señal 1P
15 extraída y de la señal azimutal de la segunda variable proporciona el desfase en grados entre las dos señales y por tanto el desequilibrio a corregir, es decir, indica en qué pala o palas 13 se produce el desequilibrio que es corregido mediante el ajuste del ángulo de paso de las palas 13 correspondientes.

REIVINDICACIONES

1. Método de control de un aerogenerador que comprende un buje de rotor (2) que incluye un rotor con un eje (3) y al menos dos palas (13), una góndola (4) que incluye un generador (12) acoplado al eje (3), estando la góndola (4) acoplada de modo rotatorio a la torre (5) a través de un sistema de guiñada (7) y estando el buje de rotor (2) acoplado de modo rotatorio a la góndola (4), comprendiendo el método de control las siguientes etapas:
 - medición de una primera variable de naturaleza periódica relacionada con la góndola (4),
 - medición de una segunda variable de naturaleza periódica relacionada con el rotor,
 - estimación de un momento de guiñada a partir de los datos obtenidos de la primera variable,
 - tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal, y
 - calibración de la estimación del momento de guiñada según la cual se fuerza un desequilibrio conocido en al menos una de las palas (13) y se mide su efecto en las mediciones de la primera variable, estableciendo un factor de corrección que se aplica en la estimación del momento de guiñada, y
 - ajuste del ángulo de paso de la pala (13) correspondiente para contrarrestar la componente 1P de frecuencia de la señal estimada del momento de guiñada tras la calibración comparándolo a su vez con la señal de la segunda variable.
2. Método de control de un aerogenerador según la reivindicación 1, en donde la etapa de calibración se lleva a cabo una vez para cada aerogenerador (1), aplicando el mismo factor de corrección para corregir la estimación del momento de guiñada correspondiente a partir de los datos obtenidos de la primera variable.
3. Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de tratamiento de la señal correspondiente al momento de guiñada estimado para extraer una componente 1P de frecuencia de dicha señal se lleva a cabo a través de un algoritmo Goertzel.
4. Método de control de un aerogenerador según la reivindicación anterior, en donde a través del algoritmo Goertzel se obtiene la amplitud de la señal 1P extraída que indica la cantidad en grados que la pala (13) correspondiente está desviada y la fase de la señal 1P extraída que es comparada con la señal de la segunda variable, proporcionando el desfase en grados entre ambas señales que indica en qué pala (13) está el desequilibrio.
5. Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera variable es una corriente de guiñada, una velocidad de un generador (12) comprendido en la góndola (4) o una aceleración de la góndola (4).
6. Método de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda variable es un ángulo azimutal del eje (3).
7. Aerogenerador que comprende una torre (5), un buje de rotor (2) que incluye un eje (3) y al menos dos palas (13), y una góndola (4) que incluye un generador (12) acoplado al eje (3),

estando la góndola (4) acoplada de modo rotatorio a la torre (5) a través de un sistema de guiñada (7) y estando el buje de rotor (2) acoplado de modo rotatorio a la góndola (4), caracterizado porque comprende unos medios de control configurados para llevar a cabo el método de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

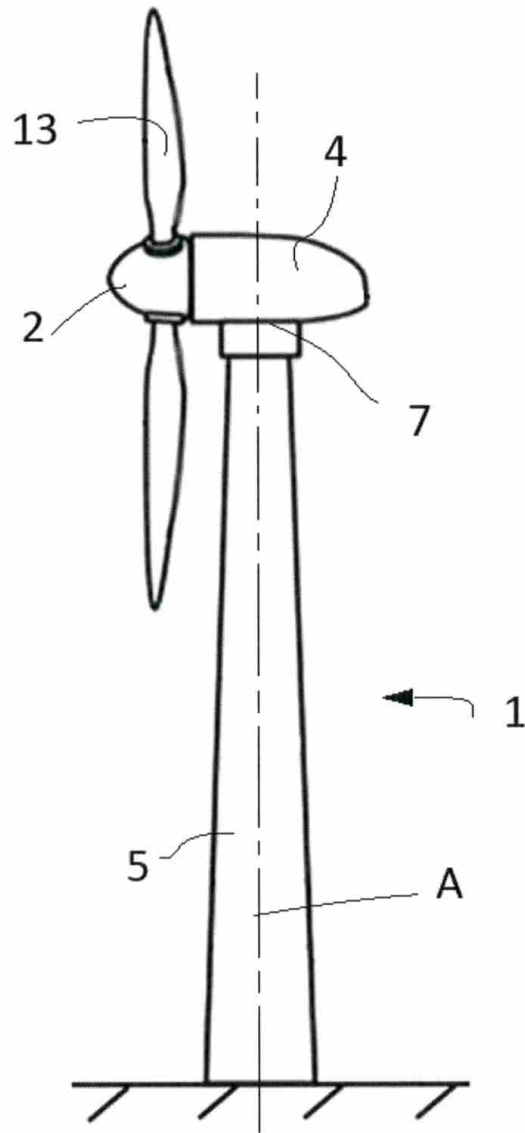
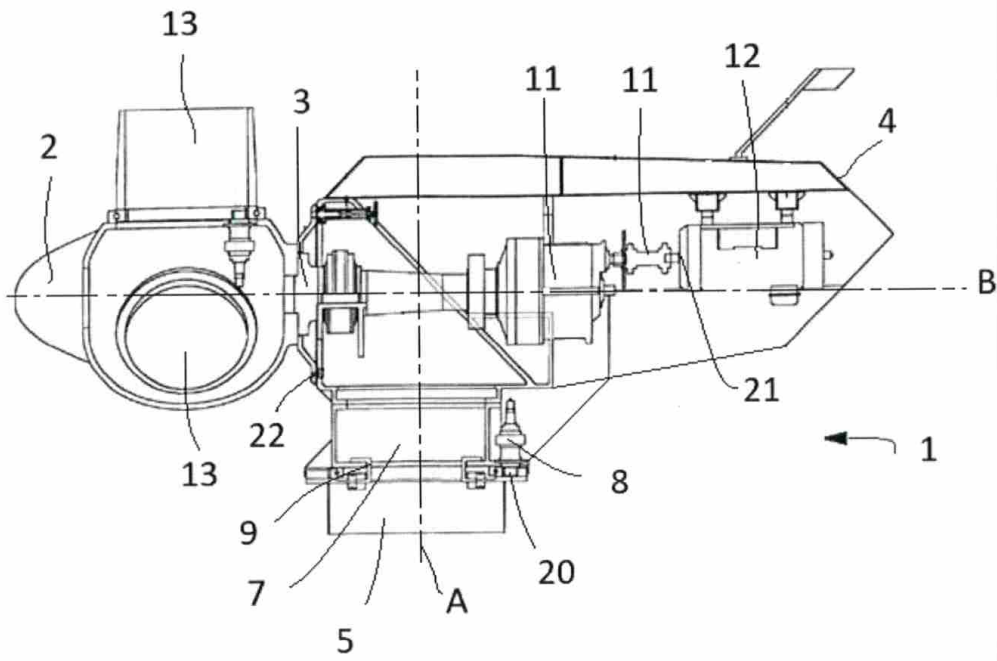


FIG. 1



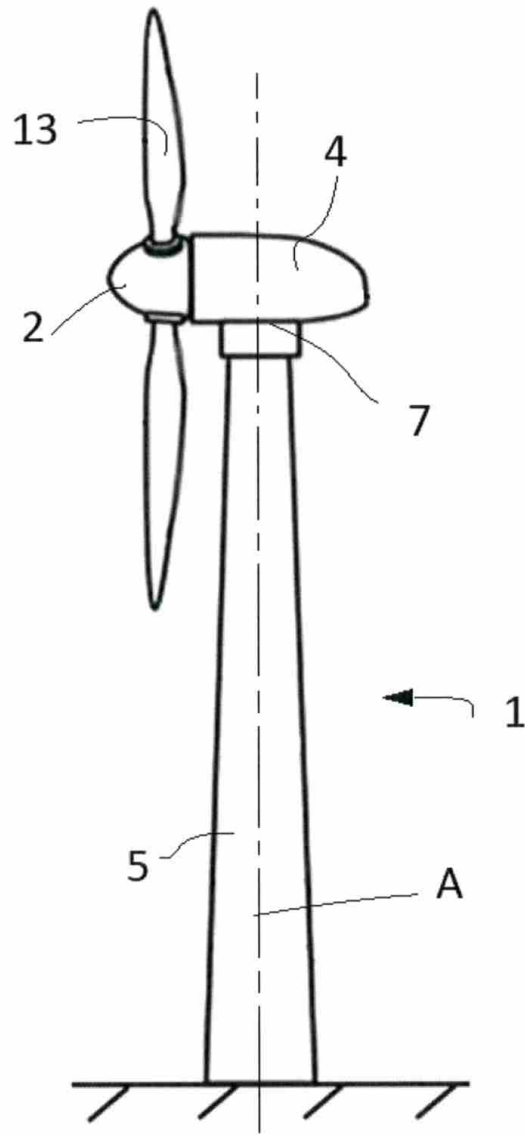


FIG. 1

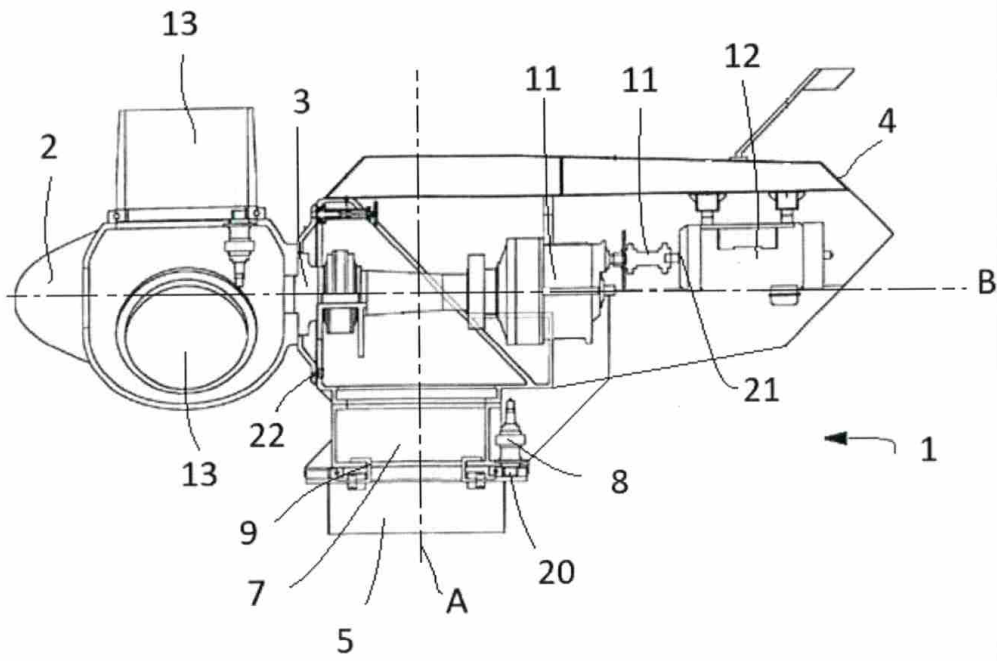


FIG. 2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201700794

②② Fecha de presentación de la solicitud: 14.12.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **F03D7/02** (2006.01).

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2015/0050143 A1 (KAMMER & GENERAL ELECTRIC COMPANY) 19/02/2015, párrafos 5-7, 29, 43, 44 y 49; figura 2.	1-7
Y	US 2011/0178771 A1 (MIRANDA & VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 21/07/2011, párrafos 12, 22, 28, 33, 51-57; reivindicaciones 14, 18-20.	1-7
A	US 2014/0363292 A1 (THOMSEN et al & VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 11/12/2014, párrafos 87-90).	1-7
A	US 2016/0252075 A1 (KREÜGER et al & VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 01/09/2016, párrafos 51-55)	1-7
A	US 2015/0132129 A1 (ATZLER et al & VESTAS WIND SYSTEMS A/S) 14/05/2015, todo el documento.	1-7

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.04.2019

Examinador
Manuel Fluvià Rodríguez

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F03D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, GOOGLE PATENTS.