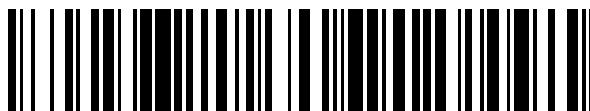


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 591**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 80/30 (2006.01)

F03D 80/40 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2012** **PCT/DK2012/050058**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2012** **WO12113403**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2012** **E 12706447 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 2678556**

54 Título: **Un sistema de seguridad para una turbina eólica**

30 Prioridad:

24.02.2011 DK 201170100 P
24.02.2011 US 201161446165 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
31.05.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HAMMERUM, KELD y
THØGERSEN, MORTEN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 670 591 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

Un sistema de seguridad para una turbina eólica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de seguridad para una turbina eólica y a una turbina eólica que incluye un sistema de seguridad.

10 Antecedentes de la invención

La mayor parte de las turbinas eólicas modernas se controlan y regulan continuamente muy frecuentemente con la finalidad de asegurar la máxima extracción de potencia del viento con el viento, y clima actuales, mientras al mismo tiempo se asegura que las cargas sobre los diferentes componentes de la turbina eólica se mantienen en cualquier momento dentro de límites aceptables. Deseablemente, la turbina eólica puede controlarse también para tener en cuenta rápidos cambios bruscos en la velocidad del viento —las denominadas ráfagas de viento— y tener en cuenta los cambios dinámicos en las cargas sobre las palas individuales debido a, por ejemplo, la travesía de la torre, o la velocidad del viento real que varía con la distancia al terreno (el perfil del viento o cizalladura).

Para esta finalidad se recogen y se supervisan por los controladores en una turbina eólica un cierto número de parámetros, tal como por ejemplo la velocidad y dirección del viento actuales, la velocidad de rotación del rotor, el ángulo de paso de cada pala, el ángulo de orientación, información sobre el sistema de la red eléctrica, y parámetros medidos (por ejemplo, tensiones o vibraciones) a partir de los sensores colocados en, por ejemplo, las palas, la góndola, o sobre la torre.

Basándose en estos y siguiendo alguna estrategia de control se determinan los parámetros óptimos de control de la turbina para rendir óptimamente bajo las condiciones dadas. El rendimiento actual, y de ese modo la producción de potencia y la situación de carga de la turbina eólica se controla principalmente mediante el control de los ángulos de paso de las palas, pero puede incluir adicionalmente el ajuste, por ejemplo, de cualquier diferente dispositivo aerodinámico activo para el cambio de las superficies aerodinámicas de las palas tales como alerones o medios de generación de vórtices, que ajustan la potencia, y/o ajustan la velocidad de rotación del rotor.

Las turbinas eólicas se construyen y controlan tradicionalmente de acuerdo con normas y de acuerdo con mapas de viento e incorporando el compromiso de maximizar la producción de energía anual por parte de la turbina eólica mientras al mismo tiempo se asegura una cierta vida útil de la turbina, es decir, manteniendo las cargas sobre los diferentes componentes de la turbina eólica dentro de límites aceptables en todo momento y a lo largo del tiempo. Las turbinas eólicas se diseñan de ese modo típicamente de acuerdo con una cierta (alta) turbulencia pero funcionarán muy frecuentemente con un nivel de turbulencia más bajo y pueden controlarse en algunas condiciones demasiado conservadoramente, aunque no suficientemente conservadoras en algunas condiciones que dan como resultado una fatiga o cargas extremas no deseadas sobre los componentes de la turbina eólica, especialmente las palas, góndola y torre.

Las turbinas eólicas tradicionales se diseñan para una carga máxima específica, por ejemplo calculada partir de una velocidad de viento específica a la que se detiene la turbina eólica. La torre, góndola, palas y otras estructuras de la turbina eólica se diseñan para esta carga máxima lo que significa que las estructuras son suficientemente fuertes con relación a esta velocidad del viento máxima —calculada con un margen de seguridad—.

Esto requiere típicamente un refuerzo incrementado sobre las partes pesadas de la turbina tales como la torre, y el resultado son costes incrementados con relación a la fabricación, manejo, mantenimiento, inspección, etc.

El documento EP2159418 divulga un método que implica la medición de la velocidad del viento por un dispositivo de medición de la velocidad del viento y detección de la carga mecánica mediante la medición de la aceleración usando un sensor de aceleración. Se determina un valor estimado de la velocidad del viento basándose en la carga mecánica detectada por un dispositivo de detección del valor estimado. La velocidad del viento se compara con el valor estimado por un dispositivo de comparación.

El documento DE102005034899 divulga unas plantas de generación eólica que comprenden un detector que se configura para reconocer estados de operación anormales. Se divulga para interponerse en el ajuste de las palas de modo que la planta de generación eólica pare tan rápida y seguramente como sea posible, haciendo así posible minimizar condiciones desfavorables.

El documento US2007018457 divulga un método de operación de una turbina eólica en la que se reducen la velocidad del rotor y/o la potencia del generador en respuesta a variables que exceden valores predeterminados, siendo las variables una o más de entre la dirección del viento con relación a la dirección horizontal del árbol principal de la turbina, turbulencia del viento, o cualquier otra variable detectada por uno o más sensores montados sobre los componentes de la turbina.

El documento US2007018457 divulga un sistema de seguridad para una turbina eólica que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1.

5 El documento DE19528862 divulga un proceso para deshelar una pala de rotor de una planta de generación accionada por el viento. La pala tiene cavidades que comunican mutuamente a través de las que se transporta un medio de transferencia de calor opcionalmente precalentado.

10 El documento WO2009043352 divulga un método para deshelar una pala de una turbina eólica después de que la turbina eólica haya estado inactiva durante un período de tiempo. El método incluye las etapas de crear una condición de aceleración controlada de la pala, y posteriormente crear una condición de desaceleración controlada de la pala, mediante lo que se sacude el hielo de la pala.

Sumario de la invención

15 Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de seguridad para una turbina eólica y proporcionar una turbina eólica mejorada que incluye un sistema de seguridad.

20 Por lo tanto, en un primer aspecto, la invención proporciona un sistema de seguridad para una turbina eólica que comprende las características de la reivindicación adjunta 1.

Dado que el sistema de seguridad de acuerdo con la invención lleva a la turbina eólica a un estado seguro basándose en las señales de la carga realmente medida y no basándose en una velocidad del viento máxima o condiciones del clima limitativas predeterminadas similares, el sistema de acuerdo con la invención es capaz de asegurar una mejor adaptación entre las cargas reales y cuándo llevar a la turbina a un estado seguro. Se reduce de ese modo el riesgo de sobrecargar la turbina, y los componentes pesados de la turbina pueden diseñarse por lo tanto con un margen de seguridad más pequeño. En consecuencia, la invención proporciona una turbina más segura y/o más rentable.

30 Debería entenderse que por llevar la turbina eólica a un estado seguro se quiere indicar que la velocidad del rotor se disminuye a una velocidad que es menor que la mitad de la velocidad nominal.

El estado seguro puede comprender un estado en el que la turbina eólica se lleva a una parada. Como alternativa, el estado seguro puede comprender un estado en el que la turbina eólica se lleva a un modo inactivo. El estado seguro puede depender de la señal de carga proporcionada.

35 En una realización, el sistema electrónico comprende datos de carga que describen un estado de carga crítico y llevar la turbina eólica a un estado seguro puede basarse por ello en una comparación entre la señal de carga proporcionada y los datos de carga. Como un ejemplo, los datos de carga pueden comprender cargas críticas para la torre, tales como una carga en la que la torre puede flexionarse demasiado o puede realmente romperse. Llevar a la turbina eólica a un estado seguro puede iniciarse de ese modo cuando la señal de carga es de, por ejemplo, el 70 % o más de los datos de carga. Pueden usarse otras relaciones para la comparación dependiendo de los datos de carga usados.

45 Los datos de carga pueden comprender también cargas críticas para las palas, tales como una carga en la que la flexión de las palas es demasiado alta de modo que pueden golpear la torre o una carga en la que pueden romperse. En consecuencia, llevar a la turbina eólica a un estado seguro puede iniciarse también cuando la señal de carga está en un cierto porcentaje de una de estas cargas de pala. El porcentaje puede depender, por ejemplo, del tamaño de la turbina eólica y por ello del tamaño de las palas.

50 Para controlar la situación en la que la turbina eólica se lleva a un estado seguro dependiendo de la situación de carga real de la turbina eólica, el sistema electrónico puede recibir señales de carga desde el sistema de detección de carga mientras se inicia el estado seguro. Por ello, puede asegurarse que llevar la turbina eólica a un estado seguro se realiza tal como se requiere. Además, puede controlarse que no surge una carga crítica en otra parte de la turbina eólica mientras la turbina eólica está en el estado seguro.

55 La señal de carga puede ser significativa para la torsión o flexión de la torre o rotor. Como un ejemplo, la señal de carga puede ser significativa para la flexión de la torre o significativa para que la góndola se desprenda de la torre. Asimismo, la señal de carga puede ser significativa para la función de al menos una de las palas, tal como significativa para que la carga a la que al menos una pala puede romperse o la carga en la que al menos una pala puede golpear a la torre durante la rotación.

60 Dado que las cargas críticas pueden surgir en diferentes situaciones de carga, el sistema de detección de carga puede ser capaz de detectar la carga provocada por al menos uno de entre la formación de hielo sobre el rotor, desequilibrio de masas, deslaminación, caída de rayos y velocidad del rotor excesiva. En una realización, pueden proporcionarse diferentes sistemas de detección de carga para diferentes situaciones de carga. Cada uno de los sistemas de detección de carga puede proporcionar así una señal de carga significativa para una carga asociada.

Adicionalmente a las señales de carga, el sistema de seguridad puede adaptarse además para llevar a la turbina eólica a un estado seguro basándose en las condiciones climáticas, tales como la velocidad del viento, dirección del viento, presión, temperatura, lluvia, niebla, etc. Esto puede ser especialmente una ventaja con relación a situaciones de carga que pueden incrementarse durante ciertas condiciones climáticas. Como un ejemplo, puede ser una

ventaja llevar a la turbina eólica a un estado seguro a la velocidad más alta basándose en una señal de carga significativa para la formación de hielo sobre el rotor si la temperatura del aire está por debajo de una cierta temperatura predefinida. De manera similar, puede ser una ventaja llevar rápidamente a la turbina eólica a un estado seguro basándose en una velocidad del rotor excesiva si la velocidad del viento está por encima de una cierta velocidad del viento predefinida.

Dado que es de la mayor importancia que se minimicen los fallos o incluso se eviten, el sistema de seguridad comprende un sensor de validación que proporciona datos de carga adicionales. Los datos adicionales pueden recogerse en paralelo con la señal de carga. El sistema electrónico es capaz de validar la señal de carga basándose en una comparación entre la señal de carga y los datos de carga adicionales, proporcionando de ese modo una indicación de un fallo en caso de que la diferencia entre la señal de carga y los datos de carga adicionales sea demasiado alta.

El sistema de seguridad está adaptado para llevar a la turbina eólica a un estado seguro si la diferencia entre la señal de carga y los datos de carga está por encima de un valor de validación predefinido. El valor predefinido puede depender del sistema de detección de carga usado. Puede usarse un número de valores de validación predefinidos en el sistema de seguridad de modo que, por ejemplo, existe un valor de validación predefinido para cada sistema de detección.

El valor de validación predefinido puede ser variable, por ejemplo de modo que dependa de las condiciones climáticas y/o de la hora del día.

Además, la validación de la señal de carga puede ser una validación basada en un modelo que no está limitado a la medición de cargas. En su lugar, la validación basada en modelo puede basarse en datos climáticos.

Adicionalmente, la validación de la señal de carga puede realizarse basándose en otra señal de carga. Como un ejemplo, una señal de carga significativa para la flexión de la torre puede validarse mediante el uso de una señal de carga significativa para una aceleración de la parte superior de la torre.

Dependiendo de la posición usada para el al menos un sistema de detección de carga, pueden usarse diferentes sensores. Por lo tanto, el al menos un sistema de detección de carga puede seleccionarse de entre un grupo que consiste en: sensores eléctricos, sensores ópticos, sensor acústico, sensores basados en GPS, acelerómetros, sensores giroscópicos y sensores basados en terahercios. Debería sin embargo entenderse, que puede aplicarse más de un sistema de detección y que los sensores seleccionados pueden ser diferentes o pueden ser del mismo tipo.

En una realización, el sistema de detección de carga puede situarse sobre al menos una de las palas de la turbina eólica, mediante lo que el sistema de detección de carga puede ser responsable de proporcionar datos de carga, por ejemplo, en la forma de flexión de la pala y/o velocidad de rotación de la pala. Un sistema de detección de carga colocado en la torre puede ser responsable de proporcionar datos de carga, por ejemplo en la forma de flexión de la torre y/o vibraciones de la torre. Por lo tanto, puede usarse un cierto número de sistemas detectores diferentes y/o idénticos, proporcionando cada uno una señal de carga significativa para una cierta carga. Mediante el incremento del número de sistemas detectores con modos de fallo idénticos o diferentes puede ser posible incrementar la fiabilidad del sistema de seguridad.

En una realización, el sistema de detección de carga puede ser un sensor de canal único con una probabilidad de fallo peligroso por hora (PFH) de como mucho 10^{-6} , y una fracción de fallo seguro por encima del 90 %.

Como alternativa, el sistema de detección de carga puede ser un sistema de doble canal con una probabilidad de fallo peligroso por hora (PFH) de como mucho 10^{-6} , y una fracción de fallo seguro por encima del 60 %.

En un segundo aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un sistema de seguridad de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Debería entenderse, que las características anteriormente mencionadas del primer aspecto de la invención pueden ser aplicables también con relación a la turbina eólica de acuerdo con el segundo aspecto de la invención. Por lo tanto, el segundo aspecto puede comprender cualquier combinación de características y elementos del primer aspecto de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora adicionalmente realizaciones de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

La Fig. 1 ilustra diferentes sistemas de detección de carga situados en diferentes localizaciones de una turbina eólica.

Descripción detallada de los dibujos

Debería entenderse que la descripción detallada y ejemplos específicos, aunque indican realizaciones de la invención, se dan solamente a modo de ilustración, dado que serán evidentes para los expertos en la materia diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la invención a partir de esta descripción detallada.

La Fig. 1 ilustra una turbina eólica 1 que comprende una torre 2 con una góndola 3 en la parte superior de la torre. La góndola 3 aloja los componentes de la máquina, tales como caja de engranajes, generador, etc. (no mostrado). En un extremo de la góndola 3, una sección de buje 4 soporta una turbina eólica de tres palas 5. El rotor de la turbina eólica 1 incluye las palas 5 y posiblemente otras partes giratorias.

La turbina eólica 1 comprende además un sistema de seguridad (no mostrado). El sistema de seguridad comprende un número de sistemas de detección de carga 6 para proporcionar una señal de carga significativa para una carga sobre la torre 2 o rotor. Además, el sistema de seguridad comprende un sistema electrónico (no mostrado) que basándose en la señal de carga lleva a la turbina eólica 1 a un estado seguro.

Como un ejemplo, las señales de carga son significativas para una aceleración de un componente de la turbina eólica 1, una carga de un componente de la turbina eólica 1, flexión de un componente de la turbina eólica, por ejemplo, la torre o la pala, una carga provocada por la formación de hielo sobre el rotor, desequilibrio de masas, deslaminación, caída de rayo, velocidad del rotor excesiva, etc.

Además, la señal de carga puede ser significativa para el par medido en el buje o tensiones en una raíz de la pala.

El al menos un sistema detector de carga puede comprender como un ejemplo, uno de los siguientes: sensores eléctricos, sensores ópticos, sensor acústico, sensores basados en GPS, acelerómetros, sensores giroscópicos y sensores basados en terahercios. Por lo tanto, las mediciones de aceleración pueden realizarse por medio de un acelerómetro dispuesto dentro de la sección del buje, sobre la góndola, o sobre el árbol principal. Las mediciones de flexión pueden realizarse, por ejemplo, mediante un dispositivo de medición de ángulos. La medición de las revoluciones por minuto puede ser convenientemente realizada sobre el árbol principal de la turbina o sobre una parte giratoria dentro de la sección del buje, para medir la velocidad de rotación del rotor. Como alternativa, puede realizarse mediante un instrumento, que sea independiente del acceso al árbol principal de la turbina eólica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de seguridad para una turbina eólica (1) que comprende una torre (2) con una góndola (3), y un rotor con palas (5) y un tren de accionamiento conectado, comprendiendo el sistema de seguridad al menos un sistema de detección de carga (6) para proporcionar una señal de carga significativa para una carga sobre la torre o rotor, y un sistema electrónico que basándose en la señal de carga lleva a la turbina eólica a un estado seguro, caracterizado por que el sistema de seguridad comprende además un sensor de validación que proporciona datos de carga adicionales, y en el que el sistema electrónico es capaz de validar la señal de carga basándose en una comparación entre la señal de carga y los datos de carga adicionales, y en el que la turbina eólica se lleva a un estado seguro si la diferencia entre la señal de carga y los datos de carga adicionales está por encima de un valor de validación predefinido.
2. Un sistema de seguridad de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el estado seguro comprende un estado en el que la turbina eólica (1) se lleva a una parada.
3. Un sistema de seguridad de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el estado seguro comprende un estado en el que la turbina eólica (1) se lleva a un modo inactivo.
4. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema electrónico comprende datos de carga que describen un estado de carga crítico y en el que llevar la turbina eólica (1) a un estado seguro se basa en una comparación entre la señal de carga proporcionada y los datos de carga.
5. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema electrónico recibe señales de carga desde el sistema de detección de carga (6) mientras lleva a la turbina eólica (1) a un estado seguro.
6. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal de carga es significativa para la torsión o flexión de la torre (2) o rotor.
7. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de detección de carga (6) es capaz de detectar la carga provocada por al menos uno de entre la formación de hielo sobre el rotor, desequilibrio de masas, deslaminación, caída de rayos y velocidad del rotor excesiva.
8. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que llevar a la turbina eólica (1) a un estado seguro se basa adicionalmente en condiciones climáticas.
9. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los datos adicionales se recogen en paralelo a la señal de carga.
10. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la validación de la señal de carga se realiza basándose en otra señal de carga.
11. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un sistema de detección de carga (6) se selecciona de entre un grupo que consiste en: sensores eléctricos, sensores ópticos, sensor acústico, sensores basados en GPS, acelerómetros, sensores giroscópicos y basados en terahercios.
12. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de detección de carga (6) se coloca sobre al menos una de las palas (5).
13. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de detección de carga (6) es un sensor de canal único con una probabilidad de fallo peligroso por hora (PFH) de como mucho 10^{-6} , y una fracción de fallo seguro por encima del 90 %.
14. Un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el sistema de detección de carga (6) es un sistema de doble canal con una probabilidad de fallo peligroso por hora (PFH) de como mucho 10^{-6} , y una fracción de fallo seguro por encima del 60 %.
15. Una turbina eólica (1) que comprende un sistema de seguridad de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-14.

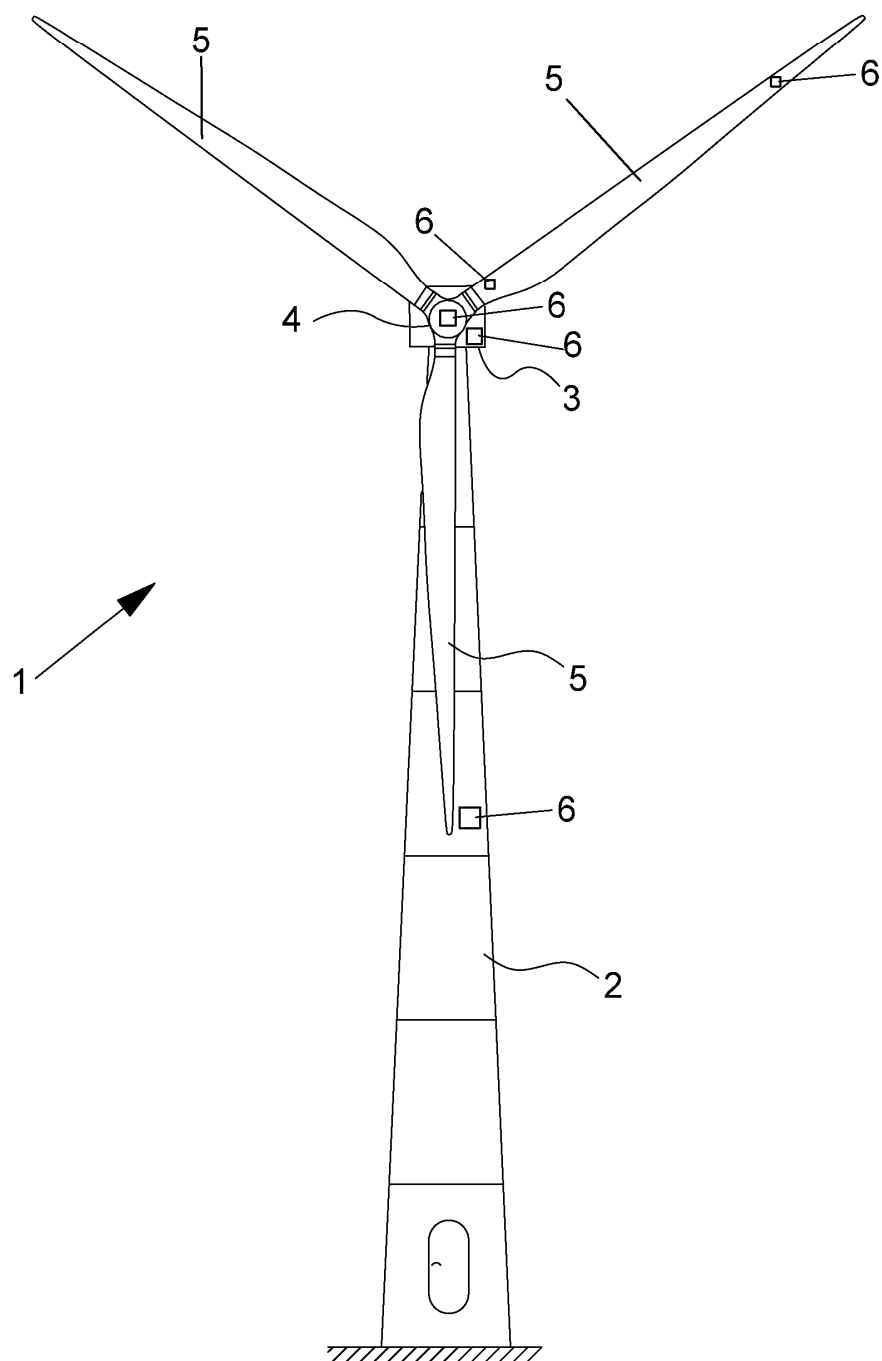


FIG. 1