

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 043**

51 Int. Cl.:

G05B 9/03 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2009 E 09717746 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2263126**

54 Título: **Un sistema de control y un procedimiento para controlar una turbina eólica**

30 Prioridad:

07.03.2008 DK 200800341

07.03.2008 US 34521

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

03.12.2014

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 44

8200 AARHUS N, DK

72 Inventor/es:

ORMEL, FRANK y

HENNINGSSEN, KELD

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 524 043 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 control y un procedimiento para controlar una turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica y a un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica. Más concretamente, la presente invención se refiere a un sistema de control y un procedimiento que permite una medición y un uso correctos de un parámetro de control relevante dado durante un tiempo de funcionamiento prolongado de la turbina eólica.

La invención se refiere además a una turbina eólica que se controla por medio de dicho sistema de control.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas se controlan normalmente de acuerdo con una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control medidos, tales como velocidad del viento, dirección del viento, etc. Por consiguiente, un sistema de control utilizado para controlar el funcionamiento de una turbina eólica se conecta normalmente a uno o más sensores, disponiéndose cada sensor para medir un parámetro de control específico. Sin embargo, la mayoría de los sensores se especifica que funcionen dentro de intervalos de funcionamientos concretos, por ejemplo en
15 términos de la temperatura, humedad, y algunos sensores fallan o realiza mediciones incorrectas en el caso de que se forme hielo sobre el sensor. Por consiguiente, cada sensor define un conjunto de "modos de fallo" que especifican condiciones bajo las cuales el sensor es incapaz de funcionar con fiabilidad.

En el caso de que la estrategia de control para accionar una turbina eólica se base en un parámetro de control medido por un sensor específico, y que ese sensor esté en un "modo de fallo", entonces no es posible obtener un
20 valor fiable para el parámetro de control hasta que las condiciones de funcionamiento hayan cambiado lo suficiente para garantizar que el sensor ya no está en "modo de fallo". Mientras tanto no es posible controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en ese parámetro de control específico, y se debe utilizar en su lugar otra estrategia de control, posiblemente menos preferida. Esto es indeseable ya que inadvertidamente esto conduce a que se utilicen estrategias de control distintas de la óptima, y por lo tanto a una producción de energía distinta de la óptima.

25 El documento GB 2067247 da a conocer una turbina eólica que tiene sondas de presión incorporadas en partes de punta de las palas del rotor para determinar la energía eólica en el plano del rotor. Las indicaciones de las sondas de presión se utilizan en el funcionamiento normal de la turbina eólica. Un anemómetro se sitúa en la parte superior de la góndola y mide la velocidad del viento en la parte superior de la góndola. El anemómetro se utiliza para controlar fuera del intervalo de funcionamiento de la turbina, cuando la turbina está parada debido a la ausencia de viento o
30 en caso de una tormenta. Sin embargo, las sondas de presión y el anemómetro no miden el mismo parámetro de control.

El documento DE 20 2006 000816 U1 da a conocer una central de energía eólica que está provista de un anemómetro ultrasónico y de otro anemómetro, por ejemplo un anemómetro de cazoletas, para medir velocidad del viento. En el caso de que la velocidad del viento medida por medio del anemómetro ultrasónico y la velocidad del
35 viento medida por medio del otro anemómetro difieran entre sí en una cierta cantidad, se envía una señal de control al sistema de control con el fin de detener el funcionamiento de la central de energía eólica.

Descripción de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de control para controlar el funcionamiento de una
40 turbina eólica de tal modo que se pueda utilizar una estrategia de control óptima durante un tiempo de funcionamiento prolongado en comparación con sistemas de control conocidos.

Es un objeto adicional de la invención proporcionar un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica de tal modo que se pueda obtener una medición fiable de un parámetro de control relevante durante un número aumentado de condiciones de funcionamiento en comparación con sistemas de control conocidos.

45 Es aún otro objeto adicional de la invención proporcionar un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica de tal modo que la producción de energía aumente en comparación con procedimientos de control conocidos.

Es aún otro objeto adicional de la invención proporcionar una turbina eólica que se pueda controlar de acuerdo con una estrategia de control óptima durante un periodo de funcionamiento prolongado en comparación con turbinas eólicas conocidas.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, los objetos anteriores y otros se obtienen proporcionando un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica basándose en uno o más parámetros de control, comprendiendo el sistema de control:

– un primer dispositivo sensor dispuesto para medir un parámetro de control utilizado para controlar el

funcionamiento de la turbina eólica, teniendo dicho primer dispositivo sensor un primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento,

5 – un segundo dispositivo sensor dispuesto para medir dicho parámetro de control, teniendo dicho segundo dispositivo sensor un segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, comprendiendo el primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento al menos una condición de fallo de funcionamiento que no forma parte del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, y

– un tercer dispositivo sensor dispuesto para detectar una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor,

10 en el que el sistema de control está adaptado para seleccionar entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en parámetros de control medidos por el primer dispositivo sensor o basándose en parámetros de control medidos por el segundo dispositivo sensor, basándose en mediciones llevadas a cabo por medio del tercer dispositivo sensor.

15 En el presente contexto, el término “parámetro de control” se debe interpretar con el significado de un parámetro medible que es relevante en relación al funcionamiento de la turbina eólica, por ejemplo con el fin de obtener una producción de energía óptima. Parámetros de control adecuados incluyen, aunque sin limitarse a, velocidad del viento, dirección del viento, diversas cargas, tales como cargas estructurales sobre las palas del rotor o la construcción de torre, etc. Así pues, el sistema de control utiliza uno o más parámetros de control medidos para controlar el funcionamiento de la turbina eólica, de tal modo que se obtiene un funcionamiento óptimo de la turbina eólica, por ejemplo en términos de la producción de energía, cargas estructurales, vibraciones, ruido, etc. El sistema de control recibe los valores del parámetro de control medido y, basándose en éstos, ajusta reglajes relevantes de la turbina eólica, tales como el ángulo de cabeceo de las palas del rotor, el ángulo de guiñada, las revoluciones por minuto del rotor, la carga del generador, etc.

25 El sistema de control comprende un primer dispositivo sensor y un segundo dispositivo sensor. Ambos de estos dispositivos sensores se disponen para medir un parámetro de control específico utilizado para controlar el funcionamiento de la turbina eólica. Así pues, el mismo parámetro de control se mide por dos dispositivos sensores diferentes.

30 El primer dispositivo sensor tiene un primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, y el segundo dispositivo sensor tiene un segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento. En el presente contexto, el término “condición de fallo de funcionamiento” se debe interpretar con el significado de una condición que tiene lugar durante el funcionamiento de la turbina eólica, y bajo la cual el dispositivo sensor relevante es incapaz de funcionar o es incapaz de obtener un valor fiable del parámetro de control. Por consiguiente, cuando tiene lugar una condición de fallo de funcionamiento de un dispositivo sensor, el sistema de control no recibirá valores del parámetro de control medido procedentes de ese sensor, o los valores recibidos deben considerarse como no fiables, y el sistema de control no debe controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en dichos valores. Ejemplos de condiciones de fallo podrían incluir, aunque sin limitarse a, humedad relativa fuera del intervalo de funcionamiento, por ejemplo debido a niebla o a lluvia intensa, temperaturas fuera del intervalo de funcionamiento, formación de hielo y nieve.

40 El primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento comprende al menos una condición de fallo de funcionamiento que no forma parte del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento. Por consiguiente, cuando esta(s) condición(es) de fallo ocurre(n) no se pueden obtener valores fiables del parámetro de control por el primer dispositivo sensor. Sin embargo, como la(s) condición(es) no forman parte del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, el segundo dispositivo sensor es capaz de obtener valores fiables del parámetro de control. Por consiguiente, el sistema de control puede aun así controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en el parámetro de control, en tanto en cuanto se garantice que los valores del parámetro de control utilizados para este propósito se miden por el segundo dispositivo sensor. Se debe indicar que el primer dispositivo sensor y el segundo dispositivo sensor son distintos y funcionan de distinto modo en el sentido de que al menos existe una condición de funcionamiento en la cual el segundo dispositivo sensor es capaz de obtener valores fiables del parámetro de control, mientras que el primer dispositivo sensor no.

50 El sistema de control comprende además un tercer dispositivo sensor dispuesto para detectar una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor. Así pues, por medio del tercer sensor se puede determinar si está ocurriendo o no dicha condición de fallo de funcionamiento. En el caso de que la condición de fallo de funcionamiento que se detecta por el tercer dispositivo sensor sea una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor, pero no del segundo dispositivo sensor, entonces las señales de control generadas por el primer dispositivo sensor cuando ocurre la condición de fallo de funcionamiento no son fiables, pero las señales de control generadas por el segundo dispositivo sensor se pueden considerar como fiables. Por consiguiente, en esta situación la turbina eólica se puede controlar basándose en señales de control generadas por el segundo dispositivo sensor, pero no basándose en señales de control generadas por el primer dispositivo sensor. Estas mediciones realizadas por medio del tercer dispositivo sensor proporcionan información inmediata relativa a si tiene lugar o no dicha condición de fallo de funcionamiento, y por lo tanto se puede garantizar un

funcionamiento fiable de la turbina eólica basándose en un parámetro de control preferido.

Por consiguiente, el sistema de control está adaptado para seleccionar entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en parámetros de control medidos por el primer dispositivo sensor o basándose en parámetros de control medidos por el segundo dispositivo sensor, basándose en mediciones llevadas a cabo por medio del tercer dispositivo sensor. Esto es, las mediciones llevadas a cabo por el tercer dispositivo sensor se utilizan para determinar si está ocurriendo o no una condición de fallo de funcionamiento dada, y esta información se utiliza para seleccionar si se deben utilizar los parámetros de control medidos por el primer dispositivo sensor o los parámetros de control medidos por el segundo dispositivo sensor para controlar el funcionamiento de la turbina eólica. Esto es una ventaja.

Se puede prever que el primer dispositivo sensor sea de un tipo que se prefiere utilizar para medir valores del parámetro de control, por ejemplo debido a que es capaz de obtener los valores más precisos o debido a que consume menos potencia o debido a que interfiere menos con mediciones de otros parámetros de control. En esta situación, el sistema de control utilizará los valores del parámetro de control obtenidos por el primer dispositivo sensor siempre que no tenga lugar una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor. Sin embargo, cuando dicha condición de fallo de funcionamiento tiene lugar, se debe decidir en primer lugar si esa condición de fallo de funcionamiento forma parte además del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento. Si este es el caso, no se puede obtener un valor fiable del parámetro de control del primer dispositivo sensor ni del segundo dispositivo sensor, y por lo tanto no es posible controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en el parámetro de control. Por otro lado, si la condición de fallo de funcionamiento que tiene lugar no forma parte del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, se puede obtener un valor fiable del parámetro de control del segundo dispositivo sensor, y es posible aún controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en el parámetro de control. Incluso si los valores del parámetro de control se obtienen utilizando un dispositivo sensor menos preferido, esto dará como resultado en muchos casos un control más óptimo del funcionamiento de la turbina eólica de lo que sería el caso si la estrategia de control se cambiara.

Como se describió anteriormente, las mediciones realizadas por medio del tercer dispositivo sensor se utilizan para determinar si está ocurriendo una condición de fallo de funcionamiento. Por consiguiente, esta información está fácilmente disponible, y conmutar de utilizar parámetros de control obtenidos por un dispositivo sensor a utilizar parámetros de control obtenidos por el otro dispositivo sensor se puede llevar a cabo tan pronto como ocurre una condición de fallo de funcionamiento, garantizando así que el funcionamiento de la turbina eólica se controla de un modo fiable.

Por lo tanto, utilizar el sistema de control de la invención para controlar el funcionamiento de una turbina eólica hace posible controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control específica bajo un gran número de condiciones de funcionamiento, y así continuar el funcionamiento durante un período prolongado. Efectivamente, el primer dispositivo sensor y el segundo dispositivo sensor en combinación forman un "sistema de medición" que tiene un número reducido de condiciones de fallo de funcionamiento, al menos en comparación con el primer dispositivo sensor. Así pues, se obtiene redundancia de las mediciones del parámetro de control. Se debe indicar que se pueden utilizar dispositivos sensores adicionales para medir valores del parámetro de control, reduciendo así todavía más el número efectivo de condiciones de fallo de funcionamiento del "sistema de medición". Además, se garantiza un funcionamiento adecuado del "sistema de medición" debido a las mediciones realizadas por el tercer dispositivo sensor.

Es posible asimismo obtener valores fiables del parámetro de control durante una gran parte del tiempo total de funcionamiento de la turbina eólica en comparación con la situación en la que tan solo se utilizaba uno de los dispositivos sensores, o se utilizaban dos dispositivos sensores del mismo tipo.

El segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento puede comprender al menos una condición de fallo de funcionamiento que no forma parte del primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento. De acuerdo con este modo de realización, los valores del parámetro de control obtenidos por el primer dispositivo sensor se pueden utilizar en el caso de que tenga lugar una condición de fallo de funcionamiento del segundo dispositivo sensor, similar a la situación descrita anteriormente. Sin embargo, en este caso los valores del parámetro de control obtenidos por ambos dispositivos sensores pueden ser utilizados por el sistema de control en tanto en cuanto no ocurra una condición de fallo de funcionamiento, y en el caso de que ocurra una condición de fallo de funcionamiento para un dispositivo sensor, se utilizan los valores obtenidos por el otro dispositivo sensor.

El primer dispositivo sensor puede estar adaptado para sustituir al segundo dispositivo sensor en caso de fallo del segundo dispositivo sensor y/o el segundo dispositivo sensor puede estar adaptado para sustituir al primer dispositivo sensor en el caso de fallo del primer dispositivo sensor. Esto ya se ha descrito anteriormente. Se prefiere que ambos dispositivos sensores estén adaptados para sustituirse mutuamente en caso de fallo, o en el caso de que tenga lugar una condición de fallo de funcionamiento. Por lo tanto, se obtiene un sistema realmente redundante, en el cual se minimiza el número de posibles condiciones de funcionamiento que podrían impedir la medición del parámetro de control.

De acuerdo con un modo de realización, el primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento y el segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento pueden no solapar. De acuerdo con este modo de realización, el primer dispositivo sensor y el segundo dispositivo sensor no definen ninguna condición de fallo de funcionamiento común. Así pues, si tiene lugar una condición de fallo de funcionamiento de un dispositivo sensor, el otro dispositivo sensor siempre será capaz de obtener valores fiables del parámetro de control. Así pues, de acuerdo con este modo de realización, siempre será posible controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en el parámetro de control, en tanto en cuanto sea posible accionar la turbina eólica.

El sistema de control puede estar adaptado para determinar la validez de la señal del primer sensor y/o la validez de la señal del segundo sensor. Esto puede incluir determinar que uno de los dispositivos sensores es completamente no fiable, por ejemplo debido a que ocurre un modo de fallo del dispositivo sensor o a que el dispositivo sensor está roto, y que la correspondiente señal del sensor no debe ser utilizada por lo tanto para controlar el funcionamiento de la turbina eólica. Alternativa o adicionalmente, se puede incluir determinar cuál de los dispositivos sensores está funcionando del modo más fiable bajo las circunstancias dadas. En este caso, el sistema de control puede descartar la señal de control menos fiable y utilizar tan solo la señal de control más fiable para controlar el funcionamiento de la turbina eólica, o el sistema de control puede utilizar ambas señales de control para controlar el funcionamiento de la turbina eólica, pero de tal modo que se dé más peso a la señal de control más fiable que a la señal de control menos fiable. La validez de la señal del primer sensor y/o de la señal del segundo sensor puede determinarse ventajosamente basándose en las mediciones llevadas a cabo por el tercer dispositivo sensor.

Alternativa o adicionalmente, el sistema de control puede comprender además medios para detectar al menos una posible condición de fallo del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor. En el caso de que se determine que está ocurriendo una condición de fallo para uno de los dispositivos sensores, el sistema de control puede continuar controlando el funcionamiento de la turbina eólica basándose en valores del parámetro de control obtenidos por medio del otro dispositivo sensor. Los medios para detectar al menos una posible condición de fallo pueden ser o comprender un detector para detectar la presencia de hielo, un detector óptico adaptado para detectar la presencia de niebla, un sensor de temperatura utilizado para detectar si uno o ambos de los dispositivos sensores está dentro de su intervalo de funcionamiento, un sensor de lluvia, un sensor de nieve, etc.

El sistema de control puede estar adaptado para generar una señal de cambio de la estrategia de control en el caso de que se determine que la señal del primer sensor así como la señal del segundo sensor son inválidas, y/o en el caso de que se detecte una condición de fallo del primer dispositivo sensor así como del segundo dispositivo sensor. En el caso de que ambas señales de sensor sean inválidas y/o se detecte una condición de fallo de ambos dispositivos sensores, no será posible obtener un valor fiable del parámetro de control. Por consiguiente, se debe abandonar una estrategia de control basada en el parámetro de control y se debe aplicar en su lugar otra estrategia de control, posiblemente inferior. Así pues, cuando ocurre tal situación, el sistema de control puede generar ventajosamente una señal de cambio de la estrategia de control, provocando así un cambio de la estrategia de control.

El parámetro de control puede ser la velocidad del viento. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser un anemómetro de cazoletas y el segundo dispositivo sensor puede ser un sensor de viento ultrasónico. El anemómetro de cazoletas es un dispositivo electromecánico para medir la velocidad del viento en un punto dado. El sensor de viento ultrasónico es un dispositivo para medir la velocidad del viento en un punto dado basado en tiempos de tránsito de señales acústicas ultrasónicas. El sensor de viento ultrasónico se vuelve impreciso bajo condiciones de humedad relativa elevada, por ejemplo debidas a niebla o lluvia intensa. Este no es el caso para el anemómetro de cazoletas. Por consiguiente, si se determina que hay una humedad relativa elevada en la posición de la turbina eólica, los valores de velocidad del viento medidos por el sensor de viento ultrasónico se deben considerar como no fiables. Sin embargo, una humedad relativa elevada no tiene influencia en el funcionamiento del anemómetro de cazoletas, y por tanto los valores de velocidad del viento obtenidos por el anemómetro de cazoletas se pueden utilizar en esta situación. En este caso, el tercer dispositivo sensor puede estar adaptado ventajosamente para medir humedad relativa. Otro posible modo de fallo de un sensor de viento ultrasónico podría ser la presencia de nieve. El movimiento descendente de los copos de nieve causa un desplazamiento en la dirección de las señales acústicas ultrasónicas reflejadas, lo que conduce a una medición incorrecta de la velocidad del viento por el sensor de viento ultrasónico.

Por el contrario, se puede esperar que el anemómetro de cazoletas suministre valores de velocidad del viento imprecisos o no fiables bajo condiciones de viento racheado, debido a la inercia inherente de la disposición de cazoletas que provoca que el anemómetro de cazoletas requiera tiempo para acelerarse/desacelerarse durante cambios abruptos en la velocidad del viento debido a rachas. Sin embargo, las condiciones de viento racheado no afectan a las mediciones de velocidad del viento realizadas por el sensor de viento ultrasónico, y los valores obtenidos a partir de este sensor se pueden utilizar por lo tanto para controlar el funcionamiento de la turbina eólica bajo condiciones de viento racheado.

Alternativamente, el parámetro de control puede ser la dirección del viento. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser una veleta y el segundo dispositivo sensor puede ser un sensor de viento ultrasónico. La veleta es un dispositivo electromecánico para medir la dirección del viento en un punto dado. Además de medir la velocidad del viento, el sensor de viento ultrasónico es capaz asimismo de medir la dirección del viento por medio de múltiples,

por ejemplo tres, parejas opuestas de transductores ultrasónicos. Como se mencionó anteriormente, el sensor de viento ultrasónico falla bajo condiciones de humedad relativa elevada, por ejemplo debidas a niebla o lluvia intensa. Sin embargo, la humedad relativa elevada no tiene influencia la fiabilidad de las mediciones llevadas a cabo por la veleta, y por lo tanto en este caso se pueden utilizar los valores de la dirección del viento obtenidos por la veleta. Por el contrario, se puede esperar que la veleta suministre valores de dirección del viento imprecisos o no fiables bajo condiciones de viento racheado, debido a la inercia inherente de la veleta, similar a la situación descrita anteriormente para el anemómetro de cazoletas. Bajo dichas condiciones, se pueden utilizar en su lugar los valores de dirección del viento obtenidos por el sensor de viento ultrasónico.

Alternativamente, el parámetro de control puede ser una deflexión de, o una carga sobre, al menos una pala del rotor de la turbina eólica. Dicha deflexión de, o carga sobre, al menos una pala del rotor puede proporcionar una indicación de la velocidad del viento basada en tablas de referencia previamente registradas para datos correspondientes de velocidad del viento y deflexión o carga. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser uno o más sensores eléctricos de deformación dispuestos en o sobre una o más palas del rotor, y el segundo dispositivo sensor puede ser una o más fibras ópticas comprendiendo rejillas de Bragg de fibra dispuestas en o sobre una o más palas del rotor. Los sensores eléctricos de deformación son sensibles a relámpagos, que pueden destruir o dañar los sensores. Los sensores ópticos de deformación fallan si falla el emisor de luz. Ambos sensores fallarán si sus fuentes de alimentación respectivas fallan, o si un cable de alimentación o una fibra óptica, respectivamente, se rompen o se dañan de otro modo.

Alternativamente, el parámetro de control puede ser un ángulo de cabeceo de una pala del rotor de la turbina eólica. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser un sensor de cabeceo y el segundo dispositivo sensor puede ser un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor. El sensor de cabeceo es un dispositivo sensor que es capaz de medir el ángulo de cabeceo de las palas del rotor directamente. El dispositivo de GPS es capaz de medir una posición exacta de una pala del rotor que tiene el dispositivo de GPS dispuesto en la misma o sobre la misma. Utilizando un dispositivo de GPS de suficiente precisión es posible incluso determinar el ángulo de cabeceo de la pala del rotor en cuestión. El sensor de cabeceo puede ser, por ejemplo, del tipo codificador, es decir, de un tipo que cuenta barras blancas y negras de modo similar a un lector de código de barras. En este caso, el sensor de cabeceo puede fallar si falla el lector. El dispositivo de GPS falla si el satélite no funciona o está fuera de alcance. El sensor de cabeceo así como el dispositivo de GPS fallarán si fallan sus respectivas fuentes de alimentación.

Alternativamente, el parámetro de control puede ser un ángulo de guiñada de la turbina eólica. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser un contador de guiñada y el segundo dispositivo sensor puede ser un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor. El contador de guiñada es un dispositivo mecánico que es capaz de medir el ángulo de guiñada directamente. Como se mencionó anteriormente, el dispositivo de GPS es capaz de determinar con exactitud la posición de una pala del rotor que tiene el dispositivo de GPS dispuesto en la misma o sobre la misma. Así pues, utilizando un dispositivo de GPS lo suficientemente preciso es posible detectar la posición de la pala del rotor en cuestión con relación a una posición de guiñada de referencia, y por tanto se puede determinar el ángulo de guiñada. El sensor de guiñada puede ser, por ejemplo, del tipo que lee y cuenta pasadas de dientes del sistema de guiñada durante el giro. En este caso, el sensor de guiñada puede fallar si falla el lector. El dispositivo de GPS falla si el satélite no funciona o está fuera de alcance. El sensor de guiñada así como el dispositivo de GPS fallarán si fallan sus respectivas fuentes de alimentación.

Alternativamente, el parámetro de control puede ser una velocidad de giro de un rotor de la turbina eólica. En este caso, el primer dispositivo sensor puede ser un sensor de velocidad de giro y el segundo dispositivo sensor puede ser un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor. El sensor de velocidad de giro es un dispositivo que es capaz de medir la velocidad de giro del rotor de la turbina eólica directamente. Puede ser, por ejemplo, un tacómetro. En este caso el sensor de velocidad de giro puede fallar si falla el lector. El dispositivo de GPS falla si el satélite no funciona o está fuera de alcance. El sensor de velocidad de giro así como el dispositivo de GPS fallarán si fallan sus respectivas fuentes de alimentación.

De acuerdo con un modo de realización, el tercer dispositivo sensor puede ser un sensor separado. En este caso, el tercer dispositivo sensor es un sensor separado que puede estar dedicado a detectar una condición de fallo de funcionamiento dada. El sensor separado puede ser, alternativamente, un sensor que se utiliza para medir uno o más de otros parámetros que son necesarios o útiles para controlar el funcionamiento de la turbina eólica, y el(los) parámetro(s) se utiliza(n) para determinar si tiene lugar una condición de fallo de funcionamiento. Una ventaja de este modo de realización es que la determinación de si tiene lugar o no una condición de fallo de funcionamiento es completamente independiente del funcionamiento de, y de las mediciones realizadas por, el primer dispositivo sensor y el segundo dispositivo sensor. Así pues, cualquier posible mal funcionamiento del primer dispositivo sensor o del segundo dispositivo sensor no tiene influencia en la determinación de la ocurrencia o no ocurrencia de la condición de fallo de funcionamiento dada. Esta determinación es por lo tanto muy fiable.

Como alternativa, el tercer dispositivo sensor puede formar parte del primer dispositivo sensor o del segundo dispositivo sensor. De acuerdo con este modo de realización, las mediciones realizadas por medio del primer dispositivo sensor o por medio del segundo dispositivo sensor se utilizan como base para determinar si tiene lugar o no una condición de fallo de funcionamiento dada. Esto podría ser en forma de, por ejemplo, una señal de estado

generada por el primer dispositivo sensor o por el segundo dispositivo sensor. Dicha señal de estado puede proporcionar información, por ejemplo, relativa a la calidad de las mediciones, por ejemplo mediciones de la velocidad del viento o mediciones de la dirección del viento, que se están llevando a cabo por el dispositivo sensor en el momento presente.

5 El tercer dispositivo sensor se puede adaptar para detectar la humedad relativa del aire ambiental. Como se describió anteriormente, el tercer dispositivo sensor está adaptado en este caso para detectar una condición que es una condición de fallo de funcionamiento para un sensor de viento ultrasónico, pero no para un anemómetro de cazoletas. Alternativamente, el tercer dispositivo sensor puede estar adaptado para detectar la presencia de hielo, puede ser un sensor óptico para detectar la presencia de niebla, o puede ser un sensor de temperatura, un sensor de lluvia o un sensor de nieve, o puede ser cualquier otro tipo adecuado de sensor que sea capaz de detectar una condición relevante que puede constituir una condición de fallo de funcionamiento para el primer dispositivo sensor y/o para el segundo dispositivo sensor.

10 El sistema de control de la presente invención puede formar parte ventajosamente de una turbina eólica que comprende asimismo una construcción de torre, una góndola que aloja al menos un tren de accionamiento, y un conjunto de palas del rotor.

15 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, los objetos anteriores y otros se satisfacen proporcionando un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- medir un primer valor de un parámetro de control por medio de un primer dispositivo sensor,
- 20 – medir de modo sustancialmente simultáneo un segundo valor de dicho parámetro de control por medio de un segundo dispositivo sensor,
- medir un valor de un parámetro de condición de fallo indicativo de una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor, por medio de un tercer dispositivo sensor, y
- 25 – controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en dicho primer valor y en dicho segundo valor de dicho parámetro de control, y basándose en dicho valor de un parámetro de condición de fallo.

Debe indicarse que el experto en la técnica reconocería fácilmente que cualquier característica descrita en combinación con el primer aspecto de la invención podría combinarse asimismo con el segundo aspecto de la invención, y a la inversa.

30 De acuerdo con el segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica. Valores del mismo parámetro de control se miden por medio de dos dispositivos sensores diferentes. Simultáneamente, se mide un valor de un parámetro de condición de fallo que es indicativo de una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor, por medio de un tercer dispositivo sensor. El funcionamiento de la turbina eólica se controla a continuación basándose en los dos valores del parámetro de control medido, y basándose en el parámetro de condición de fallo medido. Se debe indicar que los dispositivos sensores primero y segundo son “diferentes” en el sentido de que al menos uno de los dispositivos sensores tiene al menos una condición de fallo de funcionamiento que no es una condición de fallo de funcionamiento del otro dispositivo sensor. Por consiguiente, cuando ocurre una condición que es una condición de fallo de funcionamiento para un dispositivo sensor pero no para el otro, el funcionamiento de la turbina eólica se puede controlar basándose en los valores del parámetro de control obtenidos por el dispositivo sensor que no está en una condición de fallo de funcionamiento. Dicha situación se mide directamente por medio del tercer dispositivo sensor. Esto ya se ha descrito en detalle anteriormente.

35 El procedimiento puede comprender además la etapa de determinar la validez de la señal del primer sensor y/o la validez de la señal del segundo sensor, y la etapa de controlar puede basarse además en el resultado de la etapa de determinación. De acuerdo con este modo de realización, el funcionamiento de la turbina eólica se puede controlar ventajosamente de tal modo que la medición más fiable tenga más peso que la medición menos fiable del parámetro de control. La validez de las señales del primer y/o el segundo sensor se puede determinar ventajosamente basándose en mediciones realizadas por el tercer dispositivo sensor.

40 La etapa de controlar puede comprender descartar una señal de sensor en el caso de que se determine que la señal del sensor es inválida. En este caso, el funcionamiento de la turbina eólica se controla solamente basándose en valores del parámetro de control obtenidos por uno de los dispositivos sensores cuando se determina que las señales de sensor generadas por el otro dispositivo sensor son inválidas, por ejemplo debido a que ocurre una condición de fallo de funcionamiento para ese dispositivo sensor.

45 El procedimiento puede comprender además la etapa de generar una señal de cambio de la estrategia de control en el caso en que se determine que la señal del primer sensor así como la señal de segundo sensor son inválidas, provocando así un cambio en la estrategia de control del funcionamiento de la turbina eólica. En el caso en el que exista al menos una condición en la cual el primer dispositivo sensor así como el segundo dispositivo sensor están

5 en una condición de fallo de funcionamiento, no será posible obtener valores fiables del parámetro de control cuando ocurra esta condición. Por lo tanto es necesario cambiar la estrategia de control en esta situación, es decir, el funcionamiento de la turbina eólica debe basarse en uno o más de otros parámetros de control. Así pues, cuando se determina que dicha situación tiene lugar, se genera una señal de cambio de la estrategia de control con el fin de iniciar un cambio adecuado de la estrategia de control.

10 El procedimiento puede comprender además la etapa de controlar la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control dependiente de la carga como respuesta a una señal de cambio de la estrategia de control generada. En el presente contexto el término “estrategia de control dependiente de la carga” se debe interpretar con el significado de una estrategia de control en la cual el funcionamiento de la turbina eólica está controlado basándose en un parámetro de control que representa la carga sobre los engranajes y el generador de la turbina eólica, y que es representativo por lo tanto de la producción de energía de la turbina eólica. La turbina eólica debe controlarse preferiblemente de tal modo que se obtenga una producción óptima de energía sin aplicar una carga estructural excesiva a las partes mecánicas de la turbina eólica.

15 Una estrategia de control alternativa posible es una estrategia de control denominada degradada. En este caso se asume que la velocidad del viento es mayor que la velocidad del viento real, y el ángulo de cabeceo de las palas se controla de acuerdo con esto. Así pues, se garantiza que la carga sobre las palas no es excesiva.

20 La etapa de controlar puede comprender principalmente controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control medidos incluyendo la velocidad del viento, y la etapa de controlar puede comprender además controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control incluyendo una carga medida cuando se satisfacen ciertas condiciones. De acuerdo con este modo de realización, la turbina eólica se controla basándose en una velocidad del viento medida siempre que esto sea posible. Sin embargo, cuando tienen lugar situaciones en las cuales esto no es posible, por ejemplo debido a que no es posible obtener un valor fiable de la velocidad del viento como se describió anteriormente, la estrategia de control se cambia a una que utiliza una carga medida como parámetro de control. La carga medida puede ser, o incluir, por ejemplo un par de generador, la potencia entregada por el generador, par en el árbol principal, carga en una pala del rotor, deflexión de una pala del rotor, etc.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá a continuación en mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

La Fig. 1 es una vista frontal de una turbina eólica de acuerdo con un primer modo de realización de la invención,

30 La Fig. 2 es una vista lateral de la turbina eólica de la Fig. 1, y

La Fig. 3 es una vista frontal de una turbina eólica de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención.

Descripción detallada de los dibujos

35 La Fig. 1 es una vista frontal de una turbina eólica 1 de acuerdo con un primer modo de realización de la invención. La turbina eólica comprende una construcción de torre 2, una góndola 3 y un rotor 4 que porta tres palas del rotor 5. La construcción de torre 2 y dos de las palas 5 se han omitido en la Fig. 1 en aras de la claridad.

40 En la parte superior de la góndola 3 se dispone en un anemómetro de cazoletas 6 y un sensor de viento ultrasónico 7. El anemómetro de cazoletas 6 así como el sensor de viento ultrasónico 7 son capaces de medir la velocidad del viento. El funcionamiento de la turbina eólica 1 se controla preferiblemente basándose en la velocidad del viento. La velocidad del viento se mide mediante el anemómetro de cazoletas 6 y/o mediante el sensor de viento ultrasónico 7. Normalmente, los valores medidos obtenidos por el sensor de viento ultrasónico 7 son más precisos que los valores medidos obtenidos por el anemómetro de cazoletas 6. Por lo tanto, es preferible basarse en los valores obtenidos por el sensor ultrasónico 7 en la mayor medida posible. Sin embargo, algunas veces no es posible obtener valores fiables de la velocidad del viento por medio del sensor ultrasónico 7. Este es el caso, por ejemplo, bajo condiciones de humedad relativa elevada, por ejemplo debidas a niebla o lluvia. Sin embargo, en esta situación es posible todavía obtener un valor de velocidad del viento fiable por medio del anemómetro de cazoletas 6, y por tanto el funcionamiento de la turbina eólica 1 se controla basándose en los valores obtenidos por el anemómetro de cazoletas 6 hasta que vuelve a ser posible obtener valores fiables por medio del sensor de viento ultrasónico 7. La humedad relativa del aire ambiental se mide por medio de un dispositivo sensor apropiado (no mostrado), y las mediciones llevadas a cabo por este tercer dispositivo sensor se utilizan como base para determinar si se debe utilizar el sensor de viento ultrasónico 7 o el anemómetro de cazoletas 6 para medir la velocidad del viento. Así pues, se proporciona de este modo un sistema redundante para obtener valores del parámetro de control en forma de velocidad del viento, y es posible obtener valores fiables durante una mayor parte del tiempo de funcionamiento de la turbina eólica 1 de lo que sería posible si solo se utilizara un tipo de dispositivo sensor para medir la velocidad del viento.

55 La Fig. 2 es una vista lateral de la turbina eólica 1 de la Fig. 1. Se puede observar la posición mutua del anemómetro de cazoletas 6 y el sensor de viento ultrasónico 7.

La Fig. 3 es una vista frontal de una turbina eólica 1 de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención. La turbina eólica 1 comprende una construcción de torre 2, una góndola 3 y un rotor 4 que porta tres palas del rotor 5.

- 5 En cada una de las palas del rotor 5 se disponen sensores de deflexión 8 con el fin de medir la deflexión de las palas del rotor 5 debida a la presión del viento. La deflexión depende de la velocidad del viento, y por lo tanto una deflexión medida se puede considerar como representativa de la velocidad del viento. Además, la deflexión de la pala del rotor 5 indica la carga estructural sobre las palas del rotor 5 provocada por la presión del viento. Los sensores de deflexión 8 pueden ser galgas extensométricas eléctricas o fibras ópticas comprendiendo rejillas de Bragg de fibra.
- 10 El cabeceo de las palas del rotor 5 se puede controlar ventajosamente basándose en los valores medidos de la deflexión de las palas del rotor 5. En el caso de que se determine que la deflexión de las palas del rotor 5 es tan grande que hay un riesgo de daños a las palas del rotor 5 o a otros componentes de la turbina eólica 1 tales como partes del tren de accionamiento, las palas del rotor 5 pueden cabecear de tal modo que la carga se reduzca, con el coste de una menor producción de energía.
- 15 Diferentes tipos de sensores de deflexión 8 se pueden disponer en diferentes palas del rotor 5. Alternativamente, dos sensores de deflexión 8 de diferente tipo se pueden disponer en cada pala del rotor 5. Por lo tanto, la deflexión de las palas del rotor 5 se puede medir utilizando dos tipos de sensores de deflexión 8, y por lo tanto se obtiene redundancia en la medición de la deflexión de las palas del rotor 5, como se describió anteriormente.

20

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control para controlar el funcionamiento de una turbina eólica (1) basándose en uno o más parámetros de control, comprendiendo el sistema de control:
 - 5 – un primer dispositivo sensor (6) dispuesto para medir un parámetro de control utilizado para controlar el funcionamiento de la turbina eólica, teniendo dicho primer dispositivo sensor un primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento,
 - 10 – un segundo dispositivo sensor (7) dispuesto para medir dicho parámetro de control, teniendo dicho segundo dispositivo sensor un segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, comprendiendo el primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento al menos una condición de fallo de funcionamiento que no forma parte del segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento, y
 - un tercer dispositivo sensor dispuesto para detectar una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor,
 en el que el sistema de control está adaptado para seleccionar entre controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en parámetros de control medidos por el primer dispositivo sensor o basándose en parámetros de control medidos por el segundo dispositivo sensor, basándose en mediciones llevadas a cabo por medio del tercer dispositivo sensor.
- 15 2. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento comprende al menos una condición de fallo de funcionamiento que no forma parte del primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento.
- 20 3. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el primer dispositivo sensor está adaptado para sustituir al segundo dispositivo sensor en caso de fallo del segundo dispositivo sensor.
4. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo dispositivo sensor está adaptado para sustituir al primer dispositivo sensor en caso de fallo del primer dispositivo sensor.
- 25 5. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento y el segundo conjunto de condiciones de fallo de funcionamiento no solapan.
6. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de control está adaptado para determinar la validez de la señal del primer sensor y/o la validez de la señal del segundo sensor.
- 30 7. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el sistema de control está adaptado para generar una señal de cambio de la estrategia de control en el caso en que se determine que la señal del primer sensor así como la señal del segundo sensor son inválidas, y/o en el caso en que se detecte una condición de fallo del primer dispositivo sensor así como para el segundo dispositivo sensor.
- 35 8. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el parámetro de control es la velocidad del viento.
9. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el primer dispositivo sensor es un anemómetro de cazoletas y el segundo dispositivo sensor es un sensor de viento ultrasónico.
- 40 10. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el parámetro de control es la dirección del viento.
11. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el primer dispositivo sensor es una veleta y el segundo dispositivo sensor es un sensor de viento ultrasónico.
12. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el parámetro de control es una deflexión de o una carga sobre al menos una pala del rotor de la turbina eólica.
- 45 13. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el primer dispositivo sensor es uno o más sensores de deformación eléctricos dispuestos en o sobre una o más palas del rotor, y el segundo dispositivo sensor es una o más fibras ópticas comprendiendo rejillas de Bragg de fibra dispuestas en o sobre una o más palas del rotor.
- 50 14. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el parámetro de control es un ángulo de cabeceo de una pala del rotor de la turbina eólica.

15. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el primer dispositivo sensor es un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor.
16. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el parámetro de control es un ángulo de guiñada de la turbina eólica.
- 5 17. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el primer dispositivo sensor es un contador de guiñada y el segundo dispositivo sensor es un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor.
18. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el parámetro de control es una velocidad de giro de un rotor de la turbina eólica.
- 10 19. Un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el primer dispositivo sensor es un sensor de velocidad de giro y el segundo dispositivo sensor es un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) dispuesto en o sobre una pala del rotor.
20. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tercer dispositivo sensor es un sensor separado.
- 15 21. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-19, en el que el tercer dispositivo sensor forma parte del primer dispositivo sensor o del segundo dispositivo sensor.
22. Un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tercer dispositivo sensor está adaptado para detectar la humedad relativa del aire ambiental.
- 20 23. Una turbina eólica que comprende una construcción de torre, una góndola que aloja al menos un tren de accionamiento, un conjunto de palas del rotor y un sistema de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
24. Un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica (1), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- medir un primer valor de un parámetro de control por medio de un primer dispositivo sensor (6),
 - 25 – medir de modo sustancialmente simultáneo un segundo valor de dicho parámetro de control por medio de un segundo dispositivo sensor (7),
 - medir un valor de un parámetro de condición de fallo indicativo de una condición de fallo de funcionamiento del primer dispositivo sensor y/o del segundo dispositivo sensor, por medio de un tercer dispositivo sensor, y
 - 30 – controlar el funcionamiento de la turbina eólica basándose en dicho primer valor y en dicho segundo valor de dicho parámetro de control, y basándose en dicho valor de un parámetro de condición de fallo.
25. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 24, que comprende además la etapa de determinar la validez de la señal del primer sensor y/o la validez de la señal del segundo sensor, y en el que la etapa de controlar se basa además en el resultado de la etapa de determinación.
- 35 26. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 25, en el que la etapa de controlar comprende descartar una señal del sensor en el caso en que se determine que la señal del sensor es inválida.
27. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 25 o 26, que comprende además la etapa de generar una señal de cambio de la estrategia de control en el caso en que se determine que la señal del primer sensor así como la señal del segundo sensor son inválidas, causando así un cambio en la estrategia de control de funcionamiento para la turbina eólica.
- 40 28. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 27, que comprende además la etapa de controlar la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control dependiente de la carga como respuesta a una señal de cambio de estrategia de control generada.
29. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 27 o 28, en el que la etapa de controlar comprende controlar principalmente el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control medidos incluyendo la velocidad del viento, comprendiendo la etapa de controlar además el control del funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una estrategia de control basada en uno o más parámetros de control incluyendo una carga medida cuando se satisfacen ciertas condiciones.
- 45 30. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 24-29, en el que la etapa de medir un valor de un parámetro de condición de fallo comprende medir la humedad relativa del aire ambiental.
- 50

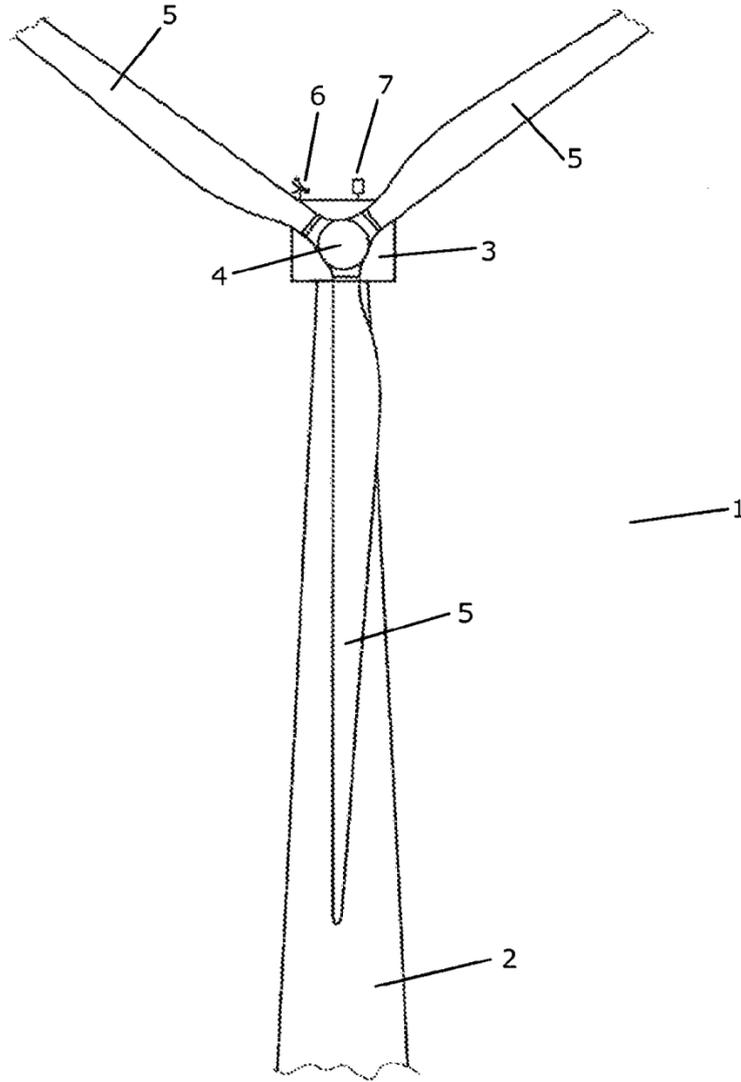


Fig. 1

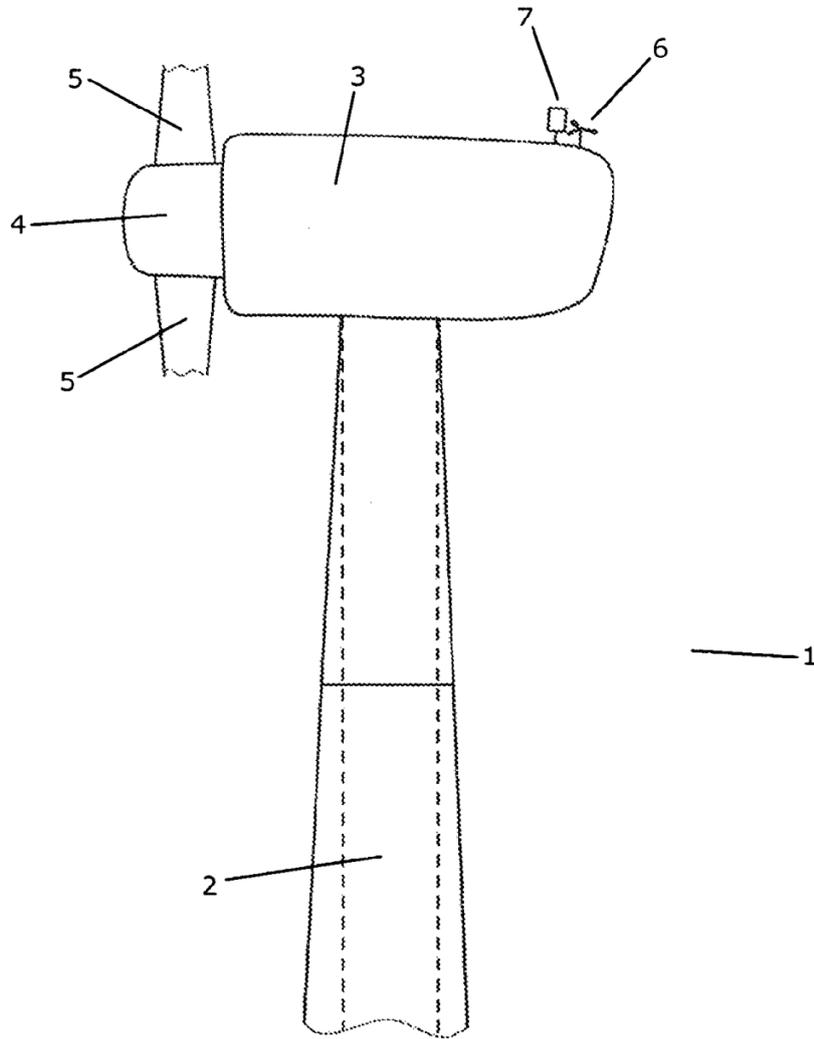


Fig. 2

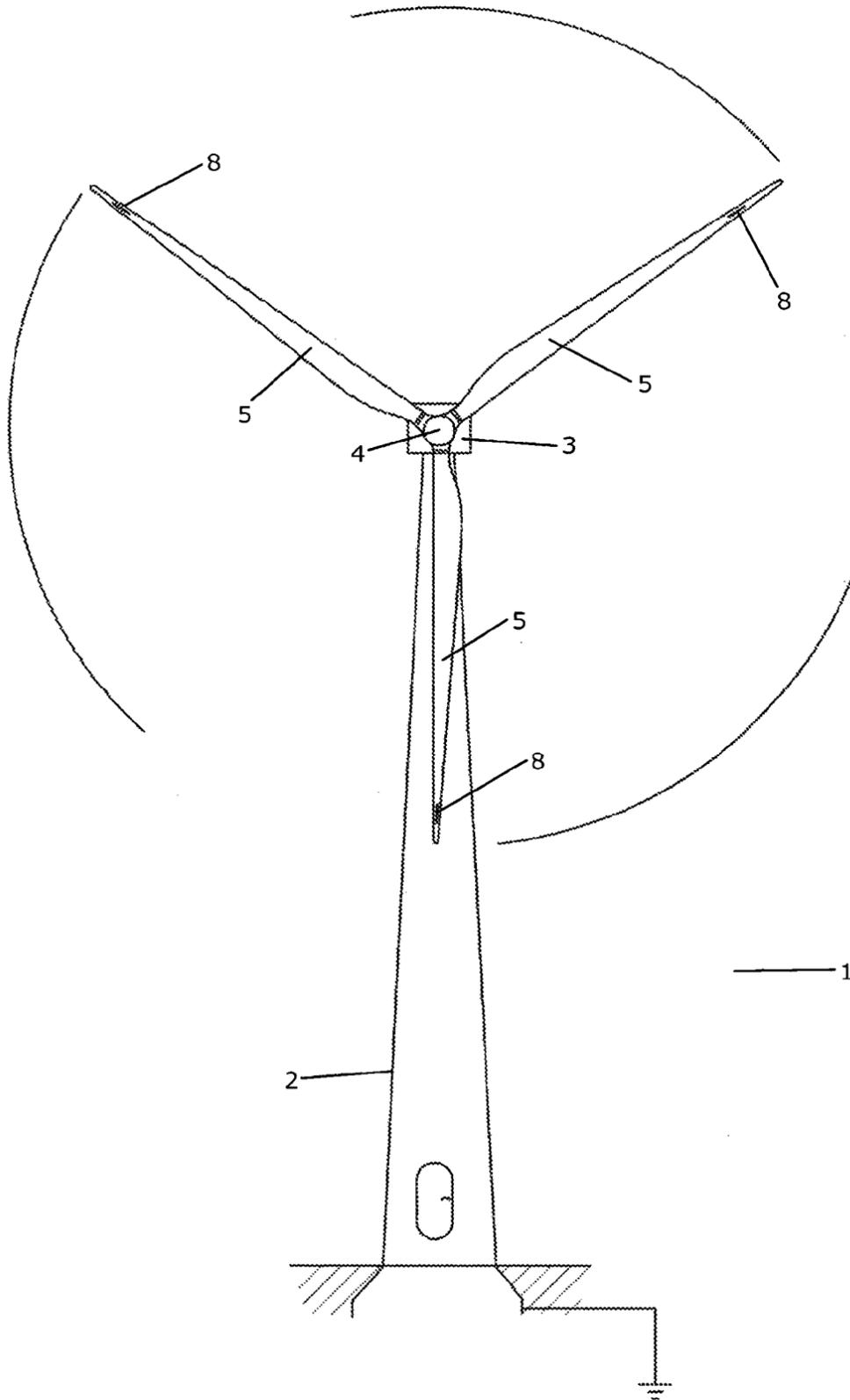


Fig. 3