

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 917**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2022** **PCT/EP2022/054276**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.09.2022** **WO22184490**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2022** **E 22706853 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2025** **EP 4274961**

54 Título: **Manejo de una turbina eólica en una condición meteorológica severa**

30 Prioridad:

01.03.2021 EP 21160009

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

28.04.2025

73 Titular/es:

SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.00%)

Borupvej 16
7330 Brande, DK

72 Inventor/es:

ANDERSEN, MARTIN FOLMER;
BRUN, SOEREN TRABJERG;
ESBENSEN, THOMAS;
HAGLER, CARLA;
KHAN, MUHAMMAD ARSALAN;
RAMIREZ REQUESON, OSCAR;
SIEVERS, RYAN A. y
TOFT, HENRIK STENSGAARD

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 014 917 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

Manejo de una turbina eólica en una condición meteorológica severa

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método y a una disposición de manejo de una turbina eólica con respecto a una elevada carga de viento, en particular, durante una condición meteorológica alta o severa. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica configurada para realizar el método.

10 Antecedentes de la técnica

Una turbina eólica puede estar sometida a condiciones de viento altas y puede necesitar estar preparada para manejar tal situación. En particular, una turbina eólica sometida a condiciones de viento muy extremas como, por ejemplo, huracanes, tifones o ciclones tropicales, puede necesitar ser capaz de soportar las fuertes velocidades del viento y los cambios de dirección del viento que pueden producirse durante estas condiciones meteorológicas.

El documento JP 2019 163734 A describe un dispositivo operativo y un método para controlar durante un tifón un molino de viento del tipo a barlovento, en donde, en caso de que se detecte un tifón, se acciona el dispositivo de accionamiento de guiñada y la góndola se gira aproximadamente 180° desde un estado a barlovento, y se aplica un control de guiñada activo cuando la góndola se encuentre en la orientación a sotavento.

El documento EP 1 429 025 B1 describe un molino de viento de tipo barlovento y un método operativo.

El documento EP 1 339 985 B1 describe el control azimutal de una turbina de energía eólica durante una tormenta.

Es posible que los métodos convencionales no hayan manejado condiciones climáticas extremas, tales como condiciones de viento extremas, de una manera que proteja los componentes de la turbina eólica de manera fiable, o de manera satisfactoria, contra los daños. Otros problemas con la técnica anterior pueden estar relacionados con un alto consumo de energía u otras desventajas.

Por lo tanto, puede ser necesario un método y una disposición correspondiente para la manejo de una turbina eólica durante una situación de elevada carga de viento, en particular durante una tormenta, un huracán, un tifón o un ciclón tropical, en donde al menos algunos de los problemas anteriormente mencionados se reduzcan o incluso superen.

35 Resumen de la invención

Según una realización de la presente invención, se proporciona un método para manejar una turbina eólica que comprende una góndola acoplada a una torre mediante un sistema de guiñada, en particular para protegerla contra una elevada carga de viento, comprendiendo el método: suministrar una señal de control a un actuador de guiñada del sistema de guiñada, mientras la góndola se encuentra en una primera orientación; ejercer, mediante el actuador de guiñada, un par de torsión sobre la góndola con respecto a la torre, haciendo girar así la góndola a una segunda orientación que es una orientación a sotavento.

El método puede implementarse en software y/o hardware y puede realizarse mediante un controlador de turbina eólica.

El método puede realizarse “para la protección contra una elevada carga de viento” como justificación. Sin embargo, la protección contra una elevada carga de viento puede ser, aunque no lo es necesariamente, una condición para el método. El método puede activarse para guiñar a sotavento, p. ej., cuando se supere un umbral de velocidad del viento (filtrado) y/o haya transcurrido un retraso y/o se haya recibido una orden de usuario, etc.

El método puede realizarse usando el actuador de guiñada que acopla de manera giratoria la torre de la turbina eólica con la góndola, de tal modo que la orientación de la góndola sea ajustable accionando el actuador de guiñada. El actuador de guiñada puede comprender uno o más motores eléctricos, por ejemplo, y/o un sistema hidráulico.

Dentro de la góndola, un rotor puede estar soportado de forma giratoria, en donde el rotor puede accionar un generador para generar energía eléctrica tras la rotación del rotor. En el rotor hay conectadas múltiples palas de rotor.

El sistema de guiñada puede configurarse para rotar o girar o guiñar la góndola con respecto a la torre alrededor de un eje de rotación que coincida sustancialmente con un eje longitudinal de la torre de la turbina eólica.

La elevada carga de viento puede deberse a una alta velocidad del viento, por ejemplo, durante una tormenta, un huracán, un tifón o un ciclón. La elevada carga de viento puede evolucionar si, por ejemplo, la velocidad del viento es superior a, por ejemplo, 50 m/s o 100 m/s. En particular, el método puede activarse cuando una velocidad del viento (por ejemplo, monitorizada por uno o más sensores de velocidad del viento) supere un umbral de velocidad del viento,

que puede ajustarse según la aplicación, según las propiedades estructurales de la turbina eólica y, en particular, las propiedades estructurales de las palas del rotor. El método puede activarse o iniciarse de forma manual o automática.

La primera orientación puede estar relacionada con una orientación de la góndola (con respecto a la torre) adoptada durante, p. ej., una operación normal, mientras la turbina eólica produce energía eléctrica. La primera orientación puede adoptarse, por ejemplo, durante períodos en los que la velocidad del viento sea inferior al umbral de velocidad del viento más allá del cual la carga del viento sería demasiado elevada como para que la turbina eólica se opere en operación normal. Por ejemplo, en la primera orientación, la góndola puede estar orientada de tal manera que el viento que impacte sobre las palas del rotor haga que el rotor gire.

Por el contrario, en la segunda orientación, la turbina eólica puede no estar orientada para producir energía. En la segunda orientación, el rotor puede girar, pero con una velocidad de rotación significativamente menor (p. ej., entre el 0 % y el 50 % de la velocidad en la primera orientación) que en la primera posición. La segunda orientación puede adoptarse en un estado apagado de la turbina eólica, con el objetivo de proteger contra daños los componentes de la turbina eólica.

La transición desde la primera orientación de la góndola hasta la segunda orientación de la góndola, se efectúa (al menos parcialmente) mediante la acción del actuador de guiñada, ya que el actuador de guiñada ejerce el par sobre la góndola con respecto a la torre, lo que lleva a girar la góndola (esencialmente alrededor del eje longitudinal de la torre) para lograr la segunda orientación. Un ángulo entre la primera orientación y la segunda orientación puede estar entre 160° y 220°, en particular alrededor de 180°.

La velocidad de guiñada o la velocidad de giro (por ejemplo, medida en grados por segundo) pueden ser constantes durante la transición desde la primera orientación hasta la segunda orientación, o pueden adoptar valores diferentes. Por ejemplo, para determinados rangos de guiñada en donde se espere una carga especialmente elevada, la velocidad de giro puede ser menor o diferente de la velocidad en otros rangos de guiñada, donde se espera menos carga. Durante la guiñada de la góndola desde la primera orientación hasta la segunda orientación, no se excluye que el viento que impacta también ejerza algún par de giro. Sin embargo, el actuador de guiñada también aplica una guiñada activa, es decir, aplica un par para hacer girar activamente la góndola.

El “par” ejercido por el actuador puede ajustarse de tal modo que la guiñada se controle en la dirección deseada, pero el “par” ejercido por el actuador puede no estar necesariamente actuando en esa dirección.

Según una realización de la presente invención, con vientos lo suficientemente fuertes, el impacto del viento puede provocar que los motores de guiñada generen energía (en lugar de consumirla). Con el fin de mantener una guiñada controlada (p. ej., con respecto a la velocidad de guiñada y/o la posición de guiñada), el motor o motores de guiñada (un ejemplo de un actuador) y/o el freno o frenos de guiñada pueden usarse ya sea de forma activa o pasiva para contrarrestar la fuerza del viento, especialmente a fin de reducir o de otro modo controlar la velocidad de guiñada para minimizar la carga en determinados sectores, tal como se describió anteriormente.

La dirección de giro puede ser en sentido horario o antihorario. Sin embargo, se puede considerar el grado de torsión de los cables que van desde la góndola hasta la torre, y se puede minimizar eligiendo adecuadamente la dirección de giro.

El tiempo para girar la góndola desde la primera orientación hasta la segunda orientación puede estar en un intervalo de entre 5 y 20 minutos.

Cuando el actuador de guiñada se emplea para girar o guiñar activamente la góndola, la transición desde la primera orientación hasta la segunda orientación se puede realizar de una manera y un tiempo controlados y predecibles. De este modo, los componentes de la turbina eólica pueden protegerse contra daños.

Además, cuando la segunda orientación es una orientación a sotavento, el efecto de deterioro o daño del viento que impacta en la turbina eólica puede ser menor, en comparación con una situación en la que la turbina eólica o la góndola estén en una orientación a barlovento.

La orientación a sotavento de la góndola puede ser una orientación básicamente opuesta a una orientación de la góndola que se adopta durante el comportamiento de operación normal para producir energía eléctrica. En la orientación a sotavento, el buje en el que están montadas las múltiples palas del rotor puede no estar orientado hacia el viento, sino que puede estar orientado de manera opuesta. La orientación a sotavento también puede denominarse orientación a *Lee* de la góndola, lo que implica que el buje y también las palas del rotor estén en *Lee*, u orientados a sotavento con respecto a la torre.

Por el contrario, en la primera orientación, que puede ser una orientación a barlovento, el buje, incluidas las palas del rotor, pueden estar orientados en *Luv* o a barlovento con respecto a la torre.

Se ha descubierto que la carga en la turbina eólica debida a una situación de alta velocidad del viento depende principalmente de la velocidad del viento y de la posición de la turbina con respecto al viento. Es posible que el actuador de guiñada necesite tener suficiente capacidad y energía eléctrica disponibles para hacer un seguimiento de la dirección del viento durante las condiciones de viento extremas, a fin de garantizar la integridad estructural.

Las realizaciones de la presente invención colocan la turbina en la posición/orientación a sotavento durante condiciones de viento extremas. De este modo, los requisitos de capacidad de guiñada pueden reducirse en comparación con los sistemas convencionales, debido a que la turbina necesita guiñar con el viento y no contra el viento, en caso de cambios en la dirección del viento. Además, el consumo de energía eléctrica del sistema de guiñada para realizar la operación de giro desde la primera orientación hasta la segunda orientación, puede ser menor que el de otros métodos convencionales que no adoptan una orientación a sotavento de la góndola en caso de una elevada carga de viento. Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención también pueden permitir realizar el método cuando la turbina eólica esté desconectada de una red eléctrica. En este caso, la energía eléctrica requerida puede tomarse de un sistema de respaldo de energía que puede explicarse en detalle a continuación.

Mientras la góndola se encuentra en la primera orientación, la turbina eólica puede seguir produciendo energía eléctrica o puede estar ya en ralentí. Por lo tanto, por ejemplo, los ángulos de paso de las palas del rotor pueden estar ya en una posición en bandera, es decir, en una posición en la que la fuerza de sustentación sea mínima. Durante el método, el rotor puede no estar girando sustancialmente o puede estar girando solo muy lentamente.

Según una realización de la presente invención, en la orientación a sotavento, el buje de la pala del rotor en el que se montan múltiples palas del rotor está opuesto a la orientación del viento, y el ángulo entre el eje del rotor y la dirección del viento está dentro de un rango de ángulos de tolerancia, que está en particular entre 0° y 20°, en donde, en una orientación de la góndola de 180°, la dirección del viento es paralela al eje del rotor, y el buje de la pala del rotor está opuesto a la orientación del viento.

En la orientación a sotavento, las palas del rotor y el buje pueden disponerse corriente abajo o a sotavento con respecto a la torre. En la orientación a sotavento, el efecto de deterioro o daño del viento fuerte puede ser menor que en una orientación corriente arriba, por ejemplo.

Según una realización de la presente invención, la primera orientación es una orientación a barlovento; y/o el control activo de guiñada se realiza cuando está en la primera orientación y en la segunda orientación.

En la orientación contra el viento, las palas del rotor pueden estar corriente arriba o a barlovento con respecto a la torre. El control activo de guiñada puede implicar el suministro de señales de control al actuador de guiñada a fin de que el actuador de guiñada ejerza un par sobre la góndola con respecto a la torre. El control activo de guiñada es diferente de permitir pasivamente que la góndola gire, debido, por ejemplo, (únicamente) a influencias externas, como el impacto del viento.

Según las realizaciones de la presente invención, también se pueden operar o controlar uno o más frenos durante el método. Por ejemplo, el giro desde la primera orientación hasta la segunda orientación se puede realizar por etapas, mientras que en una o más etapas se pueden activar los frenos para detener el giro. El giro puede detenerse, por ejemplo, mientras la velocidad del viento sea tan excepcionalmente alta, que se deba evitar incluso un giro de la góndola.

Según una realización de la presente invención, en la orientación a barlovento, un buje de pala de rotor en el que están montadas múltiples palas de rotor se orienta hacia el viento, y un ángulo entre el eje del rotor y la dirección del viento está dentro de un rango de ángulos de tolerancia, que está entre 0° y 20°, en particular entre 0° y 10°, en donde en una orientación de la góndola de 0°, la dirección del viento es paralela al eje del rotor, y el buje de la pala del rotor se orienta hacia el viento.

En la orientación a barlovento, las palas del rotor están corriente arriba, o corriente arriba con respecto a la torre. La orientación a barlovento puede adoptarse para una operación normal para producir energía eléctrica.

Cuando está en la orientación a barlovento, el impacto del viento puede hacer que el rotor gire debido a la fuerza de sustentación que actúa sobre las palas del rotor. De este modo, el método permite la adopción de un modo de operación seguro durante una situación o condición de elevada carga de viento a partir, por ejemplo, de un estado de operación normal de la turbina eólica.

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, ordenar al actuador de guiñada que gire la góndola 180° partiendo de la primera orientación para alcanzar la segunda orientación, en particular sin tener en cuenta la información de la dirección del viento.

En esta realización, es posible que al menos inicialmente no se requiera un sensor de dirección de la velocidad del viento. Se puede ordenar simplemente al actuador de guiñada que gire la góndola 180° con respecto a la orientación inicial, por ejemplo, la primera orientación. Por lo tanto, no necesariamente se necesita hacer un seguimiento de la dirección del viento. Esta realización puede ser ventajosa si no se dispone de una información que sea o bien fiable, o bien precisa de la dirección del viento debido a problemas de comunicación o, por ejemplo, en el caso de que uno o más sensores de dirección del viento estén bloqueados temporalmente debido, por ejemplo, a un efecto de sombreado de las estructuras a barlovento de los sensores de dirección del viento. Sin embargo, durante el giro de la góndola partiendo de la primera orientación, el sensor de dirección del viento bloqueado temporalmente puede desbloquearse y puede estar disponible una señal fiable de dirección del viento incluso antes de que se complete el giro de 180°. Cuando la información de la dirección del viento vuelva a estar disponible, el método puede implicar la consideración

de la información disponible de la dirección del viento, y girar la góndola de tal modo que, por ejemplo, la orientación de la góndola sea de 180° o en un rango de ángulos de tolerancia de alrededor de 180° en la segunda orientación.

Según la invención, la segunda orientación se define con respecto a la dirección real del viento o con respecto a la primera orientación, y durante el giro la definición de la segunda orientación se cambia entre una definición con respecto a una dirección real del viento y una definición con respecto a la primera orientación J en función de la disponibilidad de información de la dirección del viento.

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, al menos uno de: monitorizar la dirección del viento mientras gira la góndola y/o mientras está en la segunda orientación y/o mientras está en la primera orientación; filtrar la dirección del viento monitorizada, en donde una constante de tiempo del filtro depende de la velocidad del viento.

Además, ventajosamente también se puede monitorizar la velocidad del viento y también se puede considerar en las realizaciones de la presente invención para controlar el método. La dirección del viento puede monitorizarse o medirse mediante uno o más sensores de dirección del viento (que también pueden configurarse para medir la velocidad del viento y/o las turbulencias). La monitorización de la dirección del viento puede permitir una transición más precisa de la góndola a una posición que proteja de forma fiable contra daños los componentes de la turbina eólica. La información de la dirección del viento se puede considerar mediante el método mientras se gira la góndola hacia la segunda orientación. En particular, la segunda orientación puede definirse con respecto a la dirección del viento monitorizada. En este sentido, la segunda orientación puede considerarse una orientación objetivo para una situación de elevada carga de viento, y la segunda orientación puede definirse dinámicamente, en función de que pueda cambiar la dirección del viento.

El giro de la góndola se puede realizar en función de la dirección del viento monitorizada. De este modo, se puede considerar la dirección del viento ya sea filtrada o sin filtrar. Filtrar la dirección del viento puede proporcionar un suavizado y, por lo tanto, puede mejorar el método.

Según una realización de la presente invención, se utilizan al menos un primer sensor de dirección del viento y un segundo sensor de dirección del viento montados en diferentes lugares de la turbina eólica, cuyas señales de medición y/o información de estado se consideran en combinación y/o de manera ponderada para proporcionar la información de la dirección del viento.

Los sensores primero y segundo de dirección del viento también pueden configurarse para medir la velocidad del viento y/o las turbulencias. Los sensores pueden montarse, por ejemplo, encima de la góndola o al menos en una parte superior. Sin embargo, también encima de la góndola se pueden montar estructuras adicionales o, en particular, una parte de refrigeración. Por lo tanto, para orientaciones de guiñada y direcciones del viento particulares, uno o ambos de los sensores de dirección del viento pueden estar bloqueados, es decir, pueden disponerse a la sombra de una estructura de bloqueo a barlovento de los sensores. El método puede detectar que un sensor de dirección del viento está bloqueado. En este caso, los datos de medición del otro sensor de dirección del viento, si están presentes y no están también bloqueados, pueden utilizarse principalmente o ponderarse con una mayor magnitud para proporcionar la información de la dirección del viento. La información proporcionada por los sensores de dirección del viento puede procesarse de manera similar a como se describió en el documento WO 2021/004788 A1. De este modo, es posible mejorar la fiabilidad del método.

Según una realización de la presente invención, la turbina puede tener solo un único sensor de viento y/o la turbina depende de un sensor de viento montado en otro lugar (p. ej., un mástil metálico o una turbina vecina).

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, cuando se alcanza la segunda orientación y/o mientras se gira la góndola (y la dirección del viento está monitorizada/disponible): suministrar señales de control al actuador de guiñada para mantener la orientación de la góndola en un rango de ángulos de tolerancia de alrededor de 180° cuando cambia la dirección del viento monitorizada.

Según esta realización, se continúa con el control activo de la guiñada, teniendo en cuenta la dirección real del viento medida o monitorizada. Por ejemplo, se puede suministrar una señal de error a un controlador que puede derivar, en base a la señal de error, una señal de actuador, de modo que al accionar el actuador, la señal de error disminuya. La señal de error puede ser, por ejemplo, una diferencia entre la orientación de la góndola objetivo (por ejemplo, a 180°) y una orientación real de la góndola (con respecto a la dirección del viento). Cuando la orientación real de la góndola se desvía más de una tolerancia específica de la orientación objetivo, se puede ordenar al actuador que aplique un par para disminuir la desviación entre la orientación objetivo y la orientación real. De este modo, se puede aplicar la metodología de control disponible convencionalmente.

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, si la orientación de la góndola se encuentra fuera del rango del ángulo de tolerancia: controlar el actuador de guiñada para que ejerza un par sobre la góndola para girarla de tal modo que la orientación de la góndola se reajuste para estar dentro del rango del ángulo de tolerancia; dejar de ejercer el par cuando se alcance una orientación de parada predeterminada dentro del rango de ángulos de tolerancia.

El rango de ángulos de tolerancia puede tener, por ejemplo, una anchura de 5°, 10° o 20°, en función de la aplicación.

Según una realización de la presente invención, girar la góndola partiendo de la primera orientación es en una dirección de giro para provocar la menor torsión del cable cuando se alcance la segunda orientación.

Por ejemplo, un cable de alimentación conectado dentro de la góndola a un convertidor o al generador puede descender desde la góndola hasta la torre de la turbina eólica. Debido a la considerable rigidez de este cable de alimentación, es posible que solo sea posible torcer el cable dentro del rango de torsión particular. El método puede implicar controlar también la torsión o determinar la torsión en función del ángulo de guiñada ajustado. El método también puede implicar la monitorización del sentido de la torsión, es decir, en la dirección del sentido horario o del sentido antihorario del cable. El estado de torsión puede monitorizarse o almacenarse en un almacenamiento apropiado. Luego, en función de la orientación objetivo considerada en la segunda orientación, se puede determinar o predecir si el giro en el sentido horario o antihorario conducirá a una menor torsión. La dirección de giro que conduce a la menor torsión en la segunda orientación puede elegirse como la dirección real de giro para hacer la transición de la góndola desde la primera orientación hasta la segunda orientación.

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, ejercer, mediante el actuador de guiñada, un par sobre la góndola con respecto a la torre, haciendo girar así la góndola desde la segunda orientación hasta una tercera orientación con una orientación a barlovento, en donde la tercera orientación se alcanza cuando la góndola se gira 180° a partir de la segunda orientación, y/o cuando la orientación de la góndola se encuentra en un ángulo de tolerancia que oscila alrededor de 0°.

Cuando la velocidad del viento se reduzca (p. ej., hasta el nivel en donde se pueda producir energía), la guiñada hacia la tercera orientación puede retrasarse a fin de evitar la guiñada a barlovento durante el ojo de la tormenta o durante una calma temporal en la tormenta.

El retraso puede implementarse mediante varios métodos (p. ej., utilizando un filtro multivelocidad con una constante de tiempo decreciente o una velocidad del viento por debajo del umbral durante un período de tiempo específico).

Según una realización de la presente invención, la desactivación de la configuración a sotavento (o la segunda orientación) y/o la adopción de la tercera orientación pueden realizarse o activarse mediante:

Inmediatamente en base a la velocidad del viento (p. ej., filtrada normalmente);

se retrasa después de que la velocidad del viento disminuya, p. ej., para evitar el ojo de la tormenta;

bajo demanda mediante desactivación manual.

En la tercera orientación, la turbina eólica puede reanudar la operación normal para producir energía eléctrica, por ejemplo, cuando acabe la situación de elevada carga de viento. La tercera orientación puede definirse con respecto a la segunda orientación o con respecto a la dirección del viento, en función de la aplicación y la disponibilidad de la información de la dirección del viento. De este modo, se puede mejorar la flexibilidad. Después de orientarse hacia la tercera orientación, la turbina eólica puede reanudar su operación normal o puede iniciarse de tal modo que el rotor comience a girar.

Según una realización de la presente invención, el método comprende además, girar la góndola partiendo desde la segunda orientación en una dirección de giro para provocar la menor torsión del cable cuando se alcance la tercera orientación.

En particular, el giro que parte desde la segunda orientación hacia la tercera orientación puede ser en la misma dirección de giro que, o puede ser en una dirección de giro opuesta a, la dirección de giro desde la transición o el giro de la góndola desde la primera orientación hasta la segunda orientación. En particular, al girar la góndola desde la primera orientación hasta la segunda orientación, la dirección de giro y/o el estado de torsión pueden memorizarse en un almacenamiento. De este modo, se puede evitar una torsión excesiva de un cable de alimentación.

Según una realización de la presente invención, para accionar el actuador de guiñada se recibe energía eléctrica de al menos uno de:

una red eléctrica;

un sistema de respaldo de energía;

una o más baterías;

un generador accionado por un motor de combustión; y/o

en donde el método se realiza o se activa o la góndola se gira hasta la segunda orientación, cuando se espera y/o predice y/o detecta una elevada carga de viento, en particular una velocidad del viento por encima de un umbral de velocidad.

Por lo tanto, el método también se puede realizar cuando la turbina eólica se encuentre desconectada de la red eléctrica. Por ejemplo, se puede utilizar un generador diésel como motor de combustión. El método puede activarse,

por ejemplo, en base a los datos de previsión meteorológica o de las condiciones meteorológicas realmente medidas, o puede activarse de forma manual.

Según la presente invención, se proporciona una disposición para manejar una turbina eólica, que comprende una góndola acoplada mediante un sistema de guiñada a una torre para protegerla contra una elevada carga de viento, comprendiendo la disposición: un generador de señales de control configurado para suministrar una señal de control a un actuador de guiñada del sistema de guiñada, mientras la góndola está en una primera orientación; hacer que el actuador de guiñada ejerza un par sobre la góndola con respecto a la torre, haciendo girar así la góndola hasta una segunda orientación que es una orientación a sotavento, en donde la segunda orientación se define con respecto a una dirección real del viento o con respecto a la primera orientación, en donde la definición de la segunda orientación se cambia entre una definición con respecto a una dirección real del viento y una definición con respecto a la primera orientación en función de la disponibilidad de información de la dirección del viento.

La disposición puede ser una parte de un controlador de turbina eólica. El actuador de guiñada puede comprender un motor eléctrico y/o un sistema hidráulico. La disposición puede configurarse para llevar a cabo un método de manejo de una turbina eólica según una realización de la presente invención.

Según una realización de la presente invención, se proporciona una turbina eólica, que incluye: una torre; una góndola en la parte superior de la torre, acoplada a la torre mediante un sistema de guiñada que incluye un actuador de guiñada; y una disposición según la realización anterior acoplada comunicativamente al actuador de guiñada.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se describen ahora con referencia a los dibujos adjuntos. La invención no está limitada a las realizaciones ilustradas o descritas.

Las Figuras 1 y 2 ilustran esquemáticamente una turbina eólica en dos estados operativos, tal como se logra según las realizaciones de la presente invención; y

la Figura 3 muestra un diagrama de método de un método según una realización de la presente invención.

Descripción detallada

La ilustración en los dibujos está en forma esquemática. La turbina eólica 1 ilustrada en la Figura 1 según una realización de la presente invención comprende una torre 2, una góndola 3 en la parte superior de la torre, que se acopla a la torre 2 mediante un sistema 4 de guiñada que incluye un actuador de guiñada. La turbina eólica 1 comprende además, una disposición 5 (en la góndola 3) para manejar una turbina eólica según una realización de la presente invención. La góndola 3 alberga un rotor 6 con un buje 7 en el que se montan múltiples palas 8 de rotor.

En la Figura 1, la turbina eólica 1 se encuentra en un primer estado, en donde la góndola 3 está en una primera orientación que es una orientación a barlovento. En la primera orientación de la góndola 3 ilustrada en la Figura 1, el buje 7 está orientado hacia el viento 9, y el buje 7, así como las palas 8 del rotor, están a barlovento con respecto a la torre 2 de turbina eólica. Por lo tanto, las palas 8 del rotor y el buje 7 están en Luv con respecto a la torre 2.

La Figura 2 ilustra la turbina eólica 1 en un segundo estado que se adopta durante una situación de elevada carga de viento, por ejemplo, durante una fuerte tormenta. En el segundo estado, la góndola 3 está en una segunda orientación que es una orientación a sotavento. En la orientación a sotavento ilustrada en la Figura 2, las palas 8 del rotor y el buje 7 están a sotavento con respecto a la torre 2 de la turbina eólica, es decir, están en Lee con respecto a la torre 2.

Con el fin de realizar la transición de la turbina eólica 1 desde el primer estado representado en la Figura 1, hasta el segundo estado representado en la Figura 2, la disposición 5 se realiza y lleva a cabo o controla un método de manejo de la turbina eólica según una realización de la presente invención. De este modo, la disposición 5 suministra una señal 10 de control al actuador 4 de guiñada, mientras que la turbina eólica está en la primera orientación, tal como se representa en la Figura 1. Al recibir la señal 10 de control, el actuador 4 de guiñada ejerce un par 11, representado en la Figura 1, sobre la góndola 3 (en donde el par 11 es alrededor de un eje longitudinal 12 de la torre 2). Al ejercer el par 11, el actuador 4 hace girar la góndola 3 hasta una segunda orientación, tal como se representa en la Figura 2.

En la Figura 2, la segunda orientación corresponde a una orientación de góndola de 180° en la que el eje 13 de rotor del rotor 6 es paralelo a la dirección 9 del viento, y el buje de la pala del rotor está orientado opuesto al viento 9, es decir, las palas 8 del rotor están a sotavento con respecto a la torre 2 de la turbina eólica. La segunda orientación puede no necesariamente ser exactamente una orientación de la góndola de 180°, sino que puede desviarse de la orientación de la góndola de 180° dentro de un rango de tolerancia angular particular.

En la realización ilustrada en la Figura 1, la turbina eólica comprende uno o más sensores 14a, b de dirección del viento que pueden montarse en la parte superior de la góndola 3. En otras realizaciones, los sensores de dirección del viento pueden situarse en otro lugar que no sea el representado y/o la información de la dirección del viento puede recibirse de

una fuente externa. Los sensores 14a, b de dirección del viento adquieren información 15 de la dirección del viento y la suministran a la disposición 5. La disposición 5 considera la información 15 de la dirección del viento en las realizaciones de la presente invención, para girar la góndola 3 y luego mantener la góndola 3 en una segunda orientación particular, tal como se define con respecto a la dirección 9 del viento, medida por el sensor 14 de dirección del viento.

Desde el interior de la góndola 3, un cable 16 de alimentación recorre el interior de la torre 2 hasta una base o una toma de corriente no ilustrada en detalle. Las realizaciones de la presente invención monitorizan la torsión de cable del cable 16, y giran en una dirección que provoque la menor torsión del cable cuando se realiza la transición desde el primer estado representado en la Figura 1, hasta el segundo estado de la Figura 2, o viceversa.

Una vez finalizada la situación de tormenta de fuertes vientos, la turbina eólica 1 puede girarse desde la segunda orientación o segundo estado, tal como se representa en la Figura 2, hasta un tercer estado, que puede ser similar al primer estado, tal como se representa en la Figura 1.

De este modo, la Figura 1 ilustra un punto de partida para realizar un método de manejo de la turbina eólica, en donde la turbina eólica 1 puede encontrarse en ralentí en la posición a barlovento con un control activo de guiñada en funcionamiento. La velocidad del viento en la Figura 1 puede oscilar, por ejemplo, entre 25 y 40 m/s, y la turbina eólica puede seguir un posible cambio de dirección del viento en la posición a barlovento.

A continuación, se activa la funcionalidad de control para colocar la turbina eólica en la posición a sotavento. Esto puede ocurrir ya sea de forma manual desde un centro de control de la turbina o de forma automática en base a, por ejemplo, las velocidades del viento medidas o estimadas, por ejemplo, medidas con uno de los sensores 14a, 14b de velocidad del viento. Partiendo de la situación representada en la Figura 1, la turbina eólica 1 puede comenzar entonces a guiñarse desde la posición u orientación a barlovento, hasta la posición u orientación a sotavento (considerada como orientación de la góndola). De este modo, la dirección de guiñada puede ser en la dirección que dé como resultado la menor cantidad de torsión del cable (por ejemplo, del cable 16) cuando se alcance la posición u orientación objetivo, a fin de colocar la turbina eólica en la mejor posición con respecto a la torsión del cable, y minimizar el riesgo de superar el rango de torsión del cable durante las condiciones de viento extremas (huracanes, tifones y ciclones tropicales normalmente pueden implicar un cambio significativo en la dirección del viento).

La transición a la posición u orientación a sotavento se puede realizar ordenando a la turbina que se guiñe hasta un desfase de 180° con respecto a la dirección actual del viento o la posición de la góndola. En ambos casos, la señal de los sensores de dirección del viento puede usarse durante la guiñada para actualizar la distancia en grados angulares restantes hasta la posición objetivo a sotavento, en base a los cambios en la dirección del viento. Sin embargo, este último método también permite la guiñada sin depender de la dirección o los sensores de viento. Esto puede ser una ventaja si solo hay un sensor de dirección del viento disponible y la dirección de guiñada (para desenrollar el cable) provocará que la góndola u otras estructuras de la misma bloqueen ese sensor en algún momento. Debido a que es posible cambiar entre el uso de los enfoques de dirección del viento y posición de la góndola durante la transición a la posición a sotavento, cuando el sensor de la dirección del viento se desbloquea, ya sea debido a que la turbina se desvía del sensor bloqueado o al cambio de dirección del viento, la distancia y la dirección restantes se pueden actualizar hasta la posición objetivo a sotavento.

En la orientación de la posición a sotavento, tal como se representa en la Figura 2, la turbina eólica puede seguir un posible cambio de dirección del viento activando el sistema 4 de guiñada. La capacidad del sistema 4 de guiñada puede reducirse o ser menor en comparación con la situación a barlovento, debido a que la turbina puede guiñarse “con el viento” y no “contra el viento” en lo que respecta a la posición u orientación a barlovento. Además, el consumo de energía del sistema de guiñada puede ser menor, lo que es especialmente importante si la energía eléctrica se proporciona por un sistema de respaldo de energía. Se puede hacer seguimiento del viento manteniendo un desfase de 180° dentro de una banda muerta específica para mantener la orientación a sotavento, tal como se representa en la Figura 2. El controlador de guiñada de la turbina puede monitorizar la dirección del viento y puede hacer que la turbina se guiñe de nuevo hacia el desfase cuando la diferencia entre el desfase de 180° con respecto a la posición o dirección del viento y la orientación de la góndola supere la banda muerta (también denominada rango de ángulos de tolerancia). Un límite de parada puede determinar qué tan cerca debe la góndola estar del desfase de 180° antes de que pueda detener la guiñada. La dirección del viento puede filtrarse para limitar la cantidad de actividad de guiñada, en donde la constante de tiempo del filtro puede depender de la velocidad del viento.

La funcionalidad de control para volver a colocar la turbina en la posición a barlovento (para la producción de energía) se puede activar ya sea de forma manual desde el centro de control de la turbina o de forma automática en base a una velocidad del viento medida o estimada (normalmente alrededor de la velocidad máxima del viento de arranque entre, por ejemplo, 20 y 25 m/s). De este modo, se puede aplicar un retraso (p. ej., predefinido) para evitar desviarse prematuramente a barlovento durante un ojo de tormenta o una calma temporal en la tormenta.

Partiendo o continuando desde el estado representado en la Figura 2, la turbina eólica puede comenzar entonces a guiñarse desde la orientación a sotavento hasta la orientación a barlovento. La dirección de guiñada puede ser la dirección que dé como resultado la menor cantidad de torsión del cable cuando se alcance la posición objetivo o se alcance la orientación objetivo, con el fin de colocar la turbina en la posición base con respecto a la torsión del cable, y minimizar la probabilidad de que un cable se desenrolle durante la producción de energía.

Para guiar la turbina eólica desde el segundo estado, representado en la Figura 2, hasta el tercer estado, que puede ser similar al estado representado en la Figura 1, el método puede proceder de manera similar o igual a la descrita para la posición entre el primer estado y el segundo estado.

De nuevo, en la orientación a barlovento, la turbina puede ya sea permanecer en ralentí, o iniciar un arranque.

La fuente de alimentación para la turbina eólica puede, durante la ejecución del método, proporcionarse desde una conexión a la red o, alternativamente, desde un sistema de respaldo de energía, por ejemplo, baterías o un generador diésel, si está disponible.

La Figura 3 ilustra un esquema 20 de método según una realización de la presente invención. El método 20 comienza en una etapa 21 del método al ralentí en una orientación a barlovento, mientras se ejecuta un control activo de guiñada. En una etapa 22, se activa el ralentí a sotavento, ya sea de forma manual o mediante activación automática. En otra etapa del método 23, se realiza una transición a la orientación o posición a sotavento, en donde la turbina eólica se gira o se guía a una posición u orientación a sotavento. En otra etapa 24 del método, la turbina eólica permanece en ralentí en la orientación a sotavento, mientras que el control de guiñada está activo. En otra etapa 25 del método, el ralentí a sotavento se desactiva, ya sea mediante desactivación manual o automática.

En otra etapa 26 del método, se realiza una transición a una posición u orientación a barlovento, en donde la turbina eólica se gira o se guía a la posición u orientación a barlovento. En otro método 27, la turbina eólica permanece en ralentí en la orientación o posición a barlovento o está arrancando. De este modo, se puede realizar un control activo de guiñada.

Para una o más de las etapas 21 a 27 del método, la energía puede tomarse de una fuente 30 de alimentación ilustrada de forma genérica, lo que puede implicar una alimentación de la conexión a la red y/o una alimentación de un sistema de respaldo.

Las realizaciones de la presente invención pueden permitir reducir la carga en el sistema de guiñada en condiciones de viento muy extremas, por ejemplo, huracanes, tifones y ciclones tropicales. La reducción de carga del sistema de guiñada se puede lograr colocando la turbina en la posición u orientación a sotavento, donde la turbina terminaría naturalmente si pudiera girar completamente libremente en el sistema de guiñada. Además, se puede reducir el consumo de energía.

Cabe señalar que el término “que comprende” no excluye otros elementos o etapas y los artículos “un” o “una” no excluyen una pluralidad. También pueden combinarse elementos descritos asociados a distintas realizaciones. También hay que señalar que los signos de referencia de las reivindicaciones no deben interpretarse como una limitación del alcance de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Método de manejo de una turbina eólica (1) que comprende una góndola (3) acoplada mediante un sistema (4) de guiñada a una torre (2), en particular para la protección contra una elevada carga de viento, comprendiendo el método:
5
suministrar una señal (10) de control a un actuador de guiñada del sistema (4) de guiñada, mientras la góndola (3) está en una primera orientación;
ejerciendo, mediante el actuador (4) de guiñada, un par (11) sobre la góndola (3) con respecto a la torre (2), de este modo
10 girar la góndola (3) hasta una segunda orientación que es una orientación a sotavento, **caracterizado porque** la segunda orientación se define con respecto a una dirección real del viento o con respecto a la primera orientación, y la definición de la segunda orientación se cambia entre una definición con respecto a una dirección real del viento y una definición con respecto a la primera orientación, en función de la disponibilidad de información de la dirección del viento.
15
2. Método según la reivindicación anterior,
20 en donde, en la orientación a sotavento, el buje (7) de la pala del rotor en el que se montan múltiples palas (8) del rotor está orientado en sentido opuesto al viento (9), y el ángulo entre el eje del rotor y la dirección del viento se encuentra dentro de un rango de ángulos de tolerancia, que está en particular entre 0° y 20°,
25 en donde, con una orientación de la góndola de 180°, la dirección (9) del viento es paralela al eje (13) del rotor, y el buje (7) de la pala del rotor está orientado en sentido opuesto del viento.
3. Método según una de las reivindicaciones anteriores,
30 en donde la primera orientación es una orientación a barlovento; y/o en donde el control activo de guiñada se realiza cuando está en la primera orientación y en la segunda orientación.
4. Método según la reivindicación anterior,
35 en donde, en la orientación a barlovento, un buje (7) de pala de rotor en el que se montan múltiples palas (8) de rotor está orientado hacia el viento (9), y un ángulo entre el eje del rotor y la dirección del viento se encuentra dentro de un rango de ángulos de tolerancia, que está entre 0° y 20°, en particular entre 0° y 10°,
40 en donde, con una orientación de la góndola de 0°, la dirección (9) del viento es paralela al eje (13) del rotor, y el buje (7) de la pala del rotor está orientado hacia el viento (9).
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, ordenar al actuador (4) de guiñada que gire la góndola (3) 180° partiendo de la primera orientación para alcanzar la segunda orientación,
45 en particular, sin tener en cuenta la información de la dirección del viento.
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, proporcionar información (15) de la dirección del viento mediante al menos uno de:
50 monitorizar la dirección del viento mientras gira (23) la góndola (3) y/o mientras está en la segunda orientación y/o mientras está en la primera orientación;
filtrar la dirección del viento monitorizada, en donde una constante de tiempo del filtro depende de la velocidad del viento.
- 55 7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde se utilizan al menos un primer sensor (14a) de dirección del viento y un segundo sensor (14b) de dirección del viento montados en diferentes lugares de la turbina eólica y/o situados externamente a la turbina eólica, cuyas señales de medición y/o información (15) de estado se consideran en combinación y/o de manera ponderada para proporcionar la información de la dirección del viento.
60
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, cuando se alcanza la segunda orientación y/o mientras se gira la góndola (y la dirección del viento está monitorizada/disponible):
suministrar señales (10) de control al actuador (4) de guiñada para mantener la orientación de la góndola en un rango de ángulos de tolerancia de alrededor de 180° cuando cambia la dirección del viento monitorizada.
65

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, si la orientación de la góndola está fuera del rango de ángulos de tolerancia:

5 controlar el actuador (4) de guiñada para ejercer un par sobre la góndola (3) para girarla de tal modo que la orientación de la góndola se reajuste para que esté dentro del rango de ángulos de tolerancia; dejar de ejercer el par cuando se alcance una orientación de parada predeterminada dentro del rango de ángulos de tolerancia.

10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde girar la góndola (3) a partir de la primera orientación es en una dirección de giro que provoque la menor torsión del cable cuando se alcanza la segunda orientación.

11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

15 ejercer, mediante el actuador de guiñada, un par sobre la góndola (3) con respecto a la torre (2), haciendo girar así la góndola desde la segunda orientación hasta una tercera orientación que es una orientación a barlovento, en donde la tercera orientación se alcanza cuando la góndola se gira 180° a partir de la segunda orientación y/o cuando la orientación de la góndola está en un rango de ángulos de tolerancia de alrededor de 0°.

12. Método según una de las reivindicaciones anteriores,

25 en donde girar la góndola (3) a partir de la segunda orientación es en una dirección de giro que provoque la menor torsión del cable cuando se alcanza la tercera orientación y/o en donde el método se realiza y/o se acciona y/o se activa y/o la góndola se gira desde la segunda orientación hasta la tercera orientación, automáticamente en base a una velocidad del viento medida y/o estimada, en donde se aplica un retraso en particular para evitar una guiñada prematura a barlovento, tal como durante un ojo de tormenta o una calma temporal en la tormenta.

13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en donde, para accionar el actuador (4) de guiñada, se recibe energía eléctrica de al menos uno de:

35 una red eléctrica;
un sistema de respaldo de energía;
una o más baterías;
un generador accionado por un motor de combustión; y/o
40 en donde el método se realiza o se acciona y/o se activa o la góndola se gira hasta la segunda orientación, cuando se espera y/o predice y/o detecta una elevada carga de viento, en particular una velocidad del viento por encima de un umbral de velocidad.

14. Disposición (5) para manipular una turbina eólica (1) que comprende una góndola (3) acoplada mediante un sistema (4) de guiñada a una torre (2) para protegerla contra una elevada carga de viento, comprendiendo la disposición:

45 un generador de señales de control configurado:
para suministrar una señal (10) de control a un actuador (4) de guiñada del sistema de guiñada, mientras la góndola (3) está en una primera orientación;
50 para hacer que el actuador (4) de guiñada ejerza un par (11) sobre la góndola con respecto a la torre, haciendo girar así la góndola (3) hasta una segunda orientación que es una orientación a sotavento,
caracterizado porque la segunda orientación se define con respecto a una dirección real del viento o con respecto a la primera orientación, y
55 la definición de la segunda orientación se cambia entre una definición con respecto a una dirección real del viento y una definición con respecto a la primera orientación, en función de la disponibilidad de información de la dirección del viento.

15. Turbina eólica (1), que incluye:

60 una torre (2);
una góndola (3) en la parte superior de la torre acoplada a la torre mediante un sistema de guiñada que incluye un actuador (4) de guiñada; y
65 una disposición (5) según la reivindicación anterior acoplada comunicativamente al actuador (4) de guiñada.

Figura 1

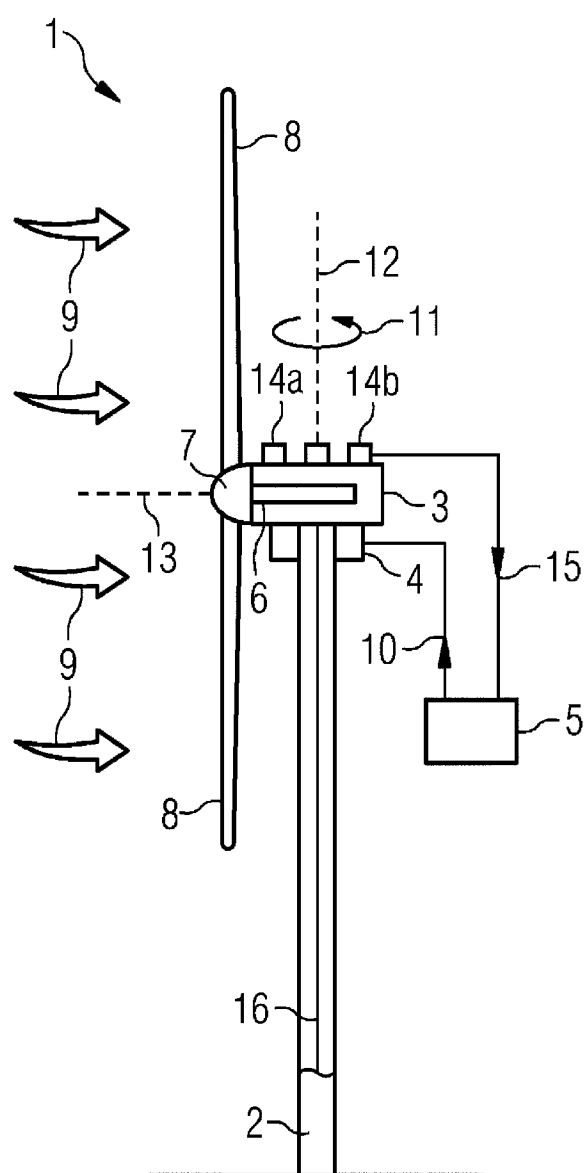


Figura 2

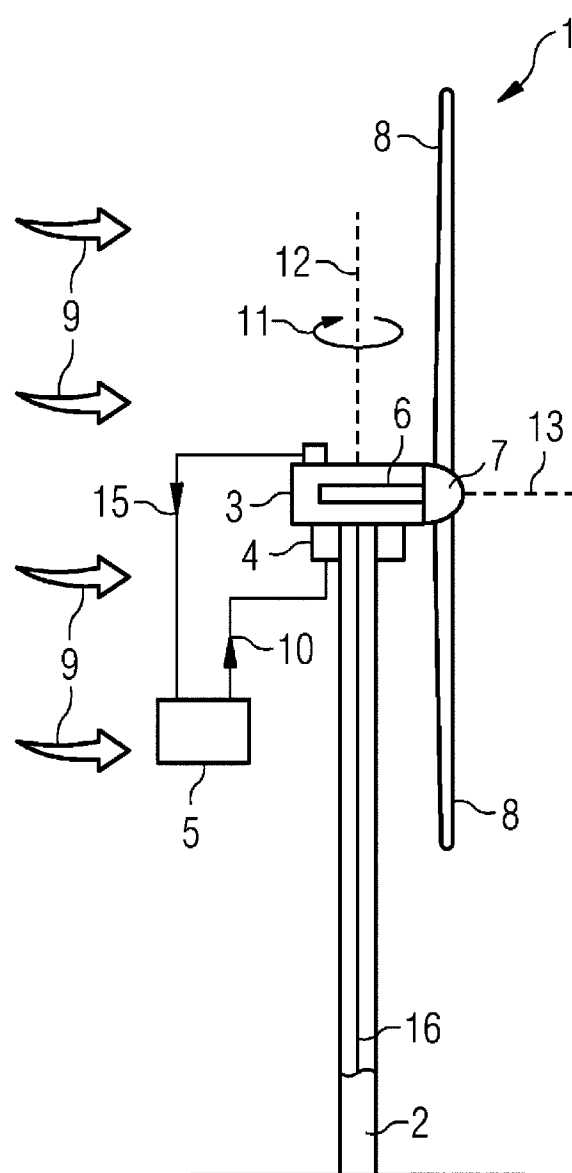


Figura 3

