

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 012 635**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2022 PCT/EP2022/064780**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2023 WO23274645**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2022 E 22730563 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2024 EP 4330543**

54 Título: **Sistema de control y método para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo**

30 Prioridad:

02.07.2021 EP 21183384

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

09.04.2025

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.00%)**

**Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**HAGLER, CARLA;
ANDERSEN, MARTIN FOLMER;
ESBENSEN, THOMAS;
HAWKINS, SAMUEL;
RAMIREZ REQUESON, OSCAR y
SIEVERS, RYAN A.**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 012 635 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

Sistema de control y método para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de control para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica y a un método para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo.

10

Antecedentes de la técnica

En el campo técnico de las turbinas eólicas, se sabe que un fenómeno climático extremo, tal como la proximidad de una tormenta y/o un ciclón tropical, puede provocar cargas muy elevadas en una turbina eólica. En algunos casos, puede ser ventajoso que un rotor de turbina eólica y su respectiva góndola, normalmente orientados a barlovento, se ajusten a la orientación a sotavento. Durante fenómenos meteorológicos extremos, los sensores de viento pueden fallar o proporcionar valores erróneos de la dirección del viento debido a las altas turbulencias, los cambios rápidos en la velocidad o la dirección del viento, las velocidades del viento que superen las capacidades de los sensores, una ubicación de montaje subóptima para la orientación a sotavento, así como efectos de bloqueo u otros durante la transición entre la orientación a barlovento y la orientación a sotavento. Cuando los sensores de dirección del viento fallan o proporcionan lecturas erróneas de la dirección del viento, la turbina eólica no puede guiñar ni mantener la orientación correcta a sotavento ni ningún otro ángulo de guiñada que dependa de las lecturas exactas de la dirección del viento. Durante fenómenos meteorológicos extremos, una desalineación con respecto a la verdadera orientación a sotavento aumentará tanto las cargas en la turbina eólica así como el consumo de energía, debido a que la turbina eólica responde a una señal errónea y/o mantiene la góndola en una orientación ligeramente a barlovento cuando hay vientos fuertes. Si la turbina eólica tiene un sistema de respaldo de energía, tales como baterías, es importante minimizar el consumo de energía si se pierde la conexión a la red, como suele ocurrir durante los fenómenos meteorológicos extremos. En este caso, el aumento del consumo de energía aumenta la probabilidad de que la turbina eólica se quede sin batería y no pueda seguir el viento en la posición a sotavento durante un período prolongado sin energía de la red.

15

20

25

30

En las soluciones actuales, se utilizan sensores de dirección del viento adicionales o más caros con un rango de operación más amplio. Alternativamente, la guiñada de la góndola hacia la orientación a sotavento puede iniciarse a umbrales de velocidad del viento más bajos para garantizar que los sensores de dirección del viento estén dentro del alcance durante la guiñada, o se puede detener la guiñada de la góndola en función de la posición de la góndola, en lugar de una señal de dirección del viento. Además, el error de guiñada permitido (banda muerta de guiñada) puede aumentarse para adaptarse a la precisión reducida de los sensores de dirección del viento en vientos fuertes, lo que resulta en un aumento de las cargas en la turbina eólica.

35

El documento EP 1 429 025 A1 describe una turbina eólica del tipo a barlovento que tiene una góndola soportada para rotar sobre un soporte, la góndola se gira a una posición a sotavento al rotar 180° desde la posición normal a barlovento, y se mantiene en estado de espera en una posición a sotavento cuando la velocidad detectada del viento sea mayor que la velocidad predeterminada de desconexión del viento, que es la velocidad de referencia del viento para pasar a un estado de ralentí. Cuando la velocidad detectada del viento es mayor que la velocidad del viento DWSS (del inglés "Downwind Safety Stop"; Parada segura a sotavento) determinada en función de la velocidad instantánea máxima permitida del viento, la góndola gira desde una posición a barlovento hasta la posición a sotavento, y se libera el freno de guiñada.

40

45

Por lo tanto, puede que exista la necesidad de proporcionar un sistema activo que sea capaz de cambiar activamente la posición de la góndola de una turbina eólica, de forma que pueda proporcionarse de una manera segura y óptima una alineación de la góndola con un ángulo de guiñada específico objetivo. Por lo tanto, se pueden reducir las cargas en la turbina eólica y se puede reducir el consumo de energía del al menos un motor de guiñada. Por lo tanto, se puede aumentar la disponibilidad de una capacidad de guiñada y, por lo tanto, una producción anual de energía.

50

Los documentos DE10201112732A1, EP3519693A1 y EP2807373A1 son otros ejemplos destacados de la técnica anterior.

55

Resumen de la invención

Un objetivo de la presente invención puede ser proporcionar un sistema de control fiable y robusto para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo.

60

Este objetivo puede resolverse mediante un sistema de control para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo, una turbina eólica y un método para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo según las reivindicaciones independientes.

65

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de control para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo. El sistema de control comprende un dispositivo de detección configurado para detectar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, para determinar un ángulo actual de guiñada en función de la posición de la góndola, y un dispositivo de accionamiento configurado para manipular la posición de la góndola hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo.

El dispositivo de detección comprende, además, al menos un primer sensor de momento de flexión en un primer componente de la turbina eólica, y al menos un segundo sensor de momento de flexión en un segundo componente de la turbina eólica, en donde el dispositivo de detección está configurado además para determinar un momento de flexión del primer componente de la turbina eólica en función de los datos recibidos del primer sensor de momento de flexión, como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre el al menos un componente de la turbina eólica, y un momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica en función de datos medidos por el segundo sensor de momento de flexión, y en donde el dispositivo de detección está configurado además para la comprobación cruzada del momento de flexión del primer componente de la turbina eólica con el momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica.

El sistema de control descrito se basa en la idea de que puede proporcionarse un sistema de control que pueda alinear la góndola de la turbina eólica con respecto a la dirección del viento, en circunstancias en las que el sensor o sensores de la dirección del viento puedan proporcionar valores erróneos o ningún valor en absoluto. Además, el sistema de control descrito puede reducir la probabilidad de que la turbina eólica intente guiñar o mantener una orientación que no esté alineada con el verdadero ángulo de guiñada objetivo, particularmente la verdadera orientación a sotavento. Como resultado, el sistema de control descrito puede reducir las cargas que actúan sobre la turbina eólica. Además, es posible que el motor o motores de guiñada no consuman un exceso de potencia al intentar mantener un ángulo de guiñada ligeramente erróneo, particularmente una orientación ligeramente a barlovento si el ángulo de guiñada objetivo es la orientación a sotavento. El sistema de control descrito también puede permitir que la turbina eólica tenga un umbral más alto de velocidad del viento para iniciar la guiñada hacia la orientación a sotavento. Esto puede aumentar la disponibilidad de la turbina eólica. En particular, si el viento cae por debajo de la velocidad de conexión máxima del viento, la turbina eólica no tiene que guiñarse primero de vuelta a barlovento para producir energía.

Esto puede resultar en una mayor disponibilidad de la capacidad de guiñada sin la necesidad de añadir sensores adicionales o sin la necesidad de actualizar los sensores existentes. Además, la producción anual de energía puede incrementarse al permitir que la turbina eólica permanezca en la orientación a barlovento durante un tiempo prolongado y vuelva más rápido a producir energía.

El ángulo de guiñada según la presente invención puede corresponder a un ángulo de un eje del rotor de la turbina eólica con respecto a la dirección del viento del campo de viento entrante. El eje del rotor de la turbina eólica puede ser el eje alrededor del cual el rotor, particularmente el buje y las tres palas, giren. En una orientación a barlovento de la turbina eólica, la góndola se puede situar directamente en el campo de viento entrante, y las palas se pueden situar en el mismo lado de la torre con respecto al campo de viento entrante. En otras palabras, el eje del rotor puede ser paralelo a la dirección del viento del campo de viento entrante. Por lo tanto, el ángulo entre la dirección del viento del campo de viento entrante y el eje del rotor, puede ser sustancialmente de cero grados (0°). En una orientación a sotavento de la turbina eólica, las palas pueden colocarse en un lado opuesto de la torre en relación con el campo de viento entrante. Por lo tanto, el ángulo entre la dirección del viento del campo de viento entrante y el eje del rotor, puede ser de 180°.

El dispositivo de detección según la presente invención puede comprender al menos dos unidades de detección. Una primera unidad de detección está configurada para detectar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica. Una segunda unidad de detección está configurada para determinar un ángulo actual de guiñada de la góndola en función de al menos un parámetro. La primera unidad de detección y la segunda unidad de detección están interconectadas de tal modo que pueda ser posible una comunicación entre la primera unidad de detección y la segunda unidad de detección. Alternativamente, el dispositivo de detección puede comprender una única unidad de detección capaz tanto de detectar el al menos un parámetro como de determinar un ángulo actual de guiñada en función del al menos un parámetro detectado.

El dispositivo de accionamiento según la presente solicitud puede comprender al menos dos unidades de accionamiento. Una primera unidad de accionamiento configurada para manipular, particularmente guiñar, la góndola hasta una posición tal que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo. Además, la primera unidad de accionamiento puede estar interconectada a una segunda unidad de accionamiento. La segunda unidad de accionamiento puede configurarse para garantizar que la góndola deje de guiñar si el ángulo actual de guiñada está alineado con el ángulo de guiñada objetivo. Alternativamente, el dispositivo de accionamiento puede comprender una única unidad de accionamiento configurada tanto para manipular una posición de la góndola como para garantizar al mismo tiempo que la manipulación de la posición de la góndola se detenga si el ángulo actual de guiñada está alineado con el ángulo de guiñada objetivo. Además, el dispositivo de accionamiento según la presente solicitud puede configurarse para definir una banda de error alrededor del ángulo de guiñada objetivo, y para guiñarse hasta que el ángulo actual de guiñada se encuentre dentro de la banda de error. En particular, el dispositivo de accionamiento

puede ser al menos un motor de guiñada de la góndola. Adicionalmente, el dispositivo de accionamiento puede comprender, además, una unidad de control para desactivar el al menos un motor de guiñada cuando el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo.

5 El ángulo de guiñada según la presente solicitud puede indicar un ángulo de la góndola de la turbina eólica con respecto a la dirección del viento de un campo de viento entrante. En otras palabras, el ángulo de guiñada puede indicar un ángulo del rotor de la turbina eólica con respecto a la dirección del viento del campo de viento entrante. En particular, el ángulo de guiñada objetivo puede indicar una orientación deseada de la góndola con respecto al campo de viento entrante, tal como 0°, 90° o 180°, en función del modo de funcionamiento de la turbina eólica. Un ángulo de guiñada de 0° puede corresponder a la orientación a barlovento de la turbina eólica. Un ángulo de guiñada de 180° puede corresponder a la orientación a sotavento de la turbina eólica. Un ángulo de guiñada de 90° puede corresponder a la orientación del Helihoist de la turbina eólica o a la orientación de la turbina eólica del buque de operaciones de servicio. Además, se puede entender que el ángulo de guiñada objetivo se puede establecer en cualquier ángulo de guiñada con respecto a la dirección del viento del campo de viento entrante. En otras palabras, el ángulo de guiñada objetivo según la presente solicitud puede indicar un ángulo de guiñada deseado que la góndola deba alcanzar y/o mantener.

El ángulo de actual guiñada según la presente solicitud puede indicar el ángulo de guiñada de la góndola y su respectivo rotor de la turbina eólica con respecto al campo de viento entrante en un punto específico en el tiempo.

20 Una posición de la góndola y la respectiva posición de la góndola según la presente solicitud, puede indicar el ángulo de una góndola con respecto a un vector fijo normal a un eje de guiñada, tal como 0 grados (0°), correspondiente al norte verdadero, en donde el eje de guiñada puede ser el eje alrededor del cual se guiñe la góndola. Por lo tanto, un valor de posición de la góndola puede ser independiente de la dirección del viento.

25 Una posición actual de la góndola según la presente solicitud puede indicar una posición real de la góndola en un punto en el tiempo. La posición actual de la góndola junto con la dirección actual del viento pueden determinar un ángulo actual de guiñada.

30 La posición objetivo de la góndola según la presente solicitud puede indicar la posición de la góndola que debe alcanzar el sistema de control. Normalmente, la posición objetivo de la góndola puede calcularse en función de la posición actual de la góndola, el ángulo actual de guiñada y el ángulo de guiñada objetivo.

35 El al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica según la presente solicitud, puede indicar que el ángulo actual de guiñada puede no determinarse en función de la dirección del viento medida por un sensor de dirección del viento. El ángulo actual de guiñada puede determinarse más bien en función de las fuerzas del viento medidas que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, y que sean indicativas de la dirección relativa del viento del campo de viento entrante. En otras palabras, el dispositivo de detección utiliza más bien una medición de fuerza que una medición del viento para determinar el ángulo actual de guiñada.

40 Para determinar el ángulo actual de guiñada de la góndola según la presente invención, puede indicarse que el ángulo actual de guiñada puede determinarse en función del al menos un parámetro detectado.

El al menos un componente puede ser una pala, una torre, una góndola o un motor de guiñada de la turbina eólica.

45 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el ángulo de guiñada objetivo es una orientación a sotavento de la góndola.

50 El ángulo de guiñada objetivo, que es la orientación a sotavento, puede brindar la posibilidad de que, durante fenómenos climáticos extremos o si el sensor de dirección del viento falla, la góndola pueda alinearse de manera segura con la orientación a sotavento, de modo que se puedan reducir las cargas en la turbina eólica y el consumo de energía.

55 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende una unidad de memoria que está configurada para almacenar valores para al menos un parámetro, asignándose los valores a los respectivos ángulos de guiñada.

60 La unidad de memoria según la presente invención puede comprender una lista almacenada en la unidad de memoria. En la lista, por un lado se almacenan los valores para al menos un parámetro detectado por el dispositivo de detección. Por otro lado, los valores almacenados se asignan a los respectivos ángulos de guiñada. Por lo tanto, en la unidad de memoria se asigna un respectivo ángulo de guiñada a un respectivo valor de un respectivo parámetro, es decir, a un respectivo valor de parámetro. Según una realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección puede determinar el ángulo actual de guiñada interpolando una diferencia o una relación entre los valores de dos o más parámetros.

65 De este modo, es posible que el ángulo actual de guiñada se detecte al detectar las fuerzas del viento que actúan sobre el componente de la turbina eólica, en lugar de detectar la dirección del viento. En particular, se puede asignar un patrón de valores a un rango de ángulos de guiñada, p. ej., las cargas pueden aumentar a medida que la góndola

se guiñe desde la orientación a barlovento hasta una orientación de 90°, y posteriormente pueden disminuir a medida que la góndola se guiñe desde la orientación de 90° hasta la orientación a sotavento.

5 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende al menos una galga extensométrica en al menos una pala de la turbina eólica, y está configurado, además, para determinar una carga de guiñada inducida por el rotor en función de los datos recibidos de la al menos una galga extensométrica como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúen sobre la al menos una pala.

10 Proporcionar una galga extensométrica en cada una de las tres palas, particularmente en una parte de la raíz de la pala respectiva, puede proporcionar cargas exactas inducidas por el rotor. En particular, se pueden tener en cuenta las diferencias de fuerza del viento en las diferentes palas, de tal modo que se pueda determinar un valor promedio de las fuerzas del viento que actúen sobre las palas.

15 Proporcionar al menos dos galgas extensométricas en cada una de las tres palas puede proporcionar una configuración fiable y redundante del dispositivo de detección. En particular, incluso si falla una de las galgas extensométricas de una pala, al menos otra galga extensométrica puede proporcionar el parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúen sobre la pala.

20 La galga extensométrica de la pala puede ser un sensor de carga de pala que esté montado en la raíz de una pala. Además, se pueden colocar múltiples galgas extensométricas en la raíz de la pala de cada pala. Las galgas extensométricas pueden configurarse para medir una deformación introducida por las fuerzas del viento que actúan sobre la pala. La deformación medida puede ser una indicación de la carga de la pala sobre la pala.

25 La carga de guiñada inducida por el rotor depende de la dirección del viento del campo de viento entrante con respecto a la pala. En particular, el ángulo actual de guiñada puede determinarse mediante un patrón de cambios en las cargas, en función de la posición acimutal de la pala. La velocidad del viento puede influir en la escala de las cargas. Por lo tanto, la carga de guiñada inducida por el rotor puede ser una indicación directa del ángulo actual de guiñada.

30 La posición acimutal de la pala según la presente solicitud indica el ángulo de una pala con respecto a un vector fijo normal al eje del rotor (p. ej., 0 grados, 0°), que corresponde a un vector que apunta verticalmente a barlovento desde el eje del rotor, que puede ser la posición de la pala a medida que gira alrededor del buje en el plano del rotor.

35 Según cada uno de los aspectos de la invención, el dispositivo de detección comprende, además, al menos un primer sensor de momento de flexión en un primer componente de la turbina eólica, y al menos un segundo sensor de momento de flexión en un segundo componente de la turbina eólica, en donde el dispositivo de detección está configurado además para determinar un momento de flexión del primer componente de la turbina eólica en función de los datos recibidos del primer sensor de momento de flexión como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúen sobre el al menos un componente de la turbina eólica, y un momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica en función de los datos medidos por el segundo sensor de momento de flexión, y en donde el dispositivo de detección está configurado además para la comprobación cruzada del momento de flexión del primer componente de la turbina eólica con el momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica.

45 La comprobación cruzada puede indicar que el momento de flexión del primer componente se compara con el momento de flexión del segundo componente, para determinar si el momento de flexión del primer componente y el momento de flexión del segundo componente coinciden. Coincidir puede indicar que una estimación del momento de flexión del primer componente, particularmente en una ubicación del primer sensor de momento de flexión, determinada en función de los datos medidos por el segundo sensor de momento de flexión, se encuentra dentro de un margen de error del momento de flexión del primer componente. El margen de error se puede establecer según la precisión requerida del ángulo actual de guiñada determinado. Por lo tanto, la comprobación cruzada puede indicar la verificación del momento de flexión del primer componente mediante el momento de flexión del segundo componente. Por lo tanto, se puede verificar el ángulo actual de guiñada determinado, y se puede proporcionar un análisis de plausibilidad.

50 El primer sensor de momento de flexión puede ser del mismo tipo de sensor que el segundo sensor de momento de flexión, el primer componente puede ser el mismo componente que el segundo componente, y el primer sensor de momento de flexión y el segundo sensor de momento de flexión están distanciados entre sí en el mismo componente. Por lo tanto, también cuando bien el primer sensor de momento de flexión o bien el segundo sensor de momento de flexión fallen, el dispositivo de detección aún puede determinar el ángulo actual de guiñada de la góndola. En particular, el primer sensor de momento de flexión y el segundo sensor de momento de flexión pueden ser cada uno una galga extensométrica y estar montados en la torre distanciados entre sí. Por lo tanto, incluso si una galga extensométrica falla, el momento de flexión de la torre puede determinarse en función del momento de flexión de la torre medido por la galga extensométrica restante. Por lo tanto, se puede proporcionar un sistema de control fiable.

65 El primer sensor de momento de flexión puede ser de un tipo de sensor diferente al del segundo sensor de momento de flexión, en particular, el primer sensor de momento de flexión puede ser una galga extensométrica y el segundo sensor de momento de flexión puede ser un acelerómetro. Al mismo tiempo, el primer componente puede ser el mismo componente que el segundo componente, particularmente, la torre. Por lo tanto, el ángulo actual de guiñada

determinado en función del momento de flexión de la torre medido por la galga extensométrica, puede verificarse mediante un momento de flexión de la torre basado en un acelerómetro medido por el acelerómetro.

5 El primer sensor de momento de flexión puede ser de un tipo de sensor diferente al del segundo sensor de momento de flexión, y el primer componente puede ser un componente diferente al segundo componente. En particular, se puede montar una galga extensométrica en la torre y se puede montar un acelerómetro en la góndola. Por lo tanto, el ángulo actual de guiñada determinado en función del momento de flexión de la torre puede verificarse mediante un momento de flexión basado en un acelerómetro medido por el acelerómetro.

10 El primer sensor de momento de flexión puede ser del mismo tipo de sensor que el segundo sensor de momento de flexión, en particular, una galga extensométrica, y el primer componente puede ser un componente diferente al del segundo componente. En particular, el primer componente puede ser la torre y el segundo componente puede ser la góndola. Por lo tanto, el ángulo actual de guiñada determinado en función del momento de flexión de la torre puede verificarse mediante un momento de flexión de la góndola basado en un acelerómetro medido por el acelerómetro.

15 Por lo tanto, al realizar la comprobación cruzada del primer momento de flexión con el segundo momento de flexión, el dispositivo de detección puede determinar de manera más sólida el ángulo actual de guiñada. Además, puede proporcionarse un análisis de plausibilidad. Por lo tanto, puede proporcionarse un sistema de control fiable.

20 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende además al menos una galga extensométrica en al menos una pala, y al menos una galga extensométrica adicional en una torre de la turbina eólica, en donde el dispositivo de detección está configurado además para determinar un momento de flexión de la raíz de la al menos una pala, y un momento de flexión de la torre en un rango acimutal de la pala en función de los datos recibidos de la al menos una galga extensométrica y de la al menos una galga extensométrica adicional como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúen sobre la al menos una pala y la torre.

25 En otras palabras, el respectivo momento de flexión se monitoriza con respecto a la posición acimutal (de la pala) a medida que la pala gira en todo el rango acimutal, es decir, de 0° a 360°.

30 El ángulo actual de guiñada, particularmente el ángulo de guiñada con respecto a una orientación a sotavento, puede estimarse comparando los momentos de flexión, particularmente el momento de flexión de la torre y el momento de flexión de la raíz de la al menos una pala, en el rango acimutal de la pala con un perfil de los cambios esperados en las cargas de la turbina a medida que la góndola se guiña desde una orientación a barlovento hasta una orientación a sotavento. A partir del momento de flexión de la torre junto con el momento de flexión de la raíz de la al menos una pala, se puede determinar directamente el ángulo actual de guiñada.

35 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende además al menos un acelerómetro en la góndola y/o al menos un acelerómetro adicional en la torre, en donde el dispositivo de detección está configurado además para determinar las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro en función de los datos recibidos del al menos un acelerómetro y/o del al menos un acelerómetro adicional, y en donde el dispositivo de detección está configurado además para la comprobación cruzada del momento de flexión de la torre con las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro.

40 Puede entenderse que las cargas debidas, p. ej., a la gravedad o a los vientos, puedan provocar momentos de flexión en los componentes de la turbina.

45 La comprobación cruzada puede indicar que el momento de flexión de la torre se compara con las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro para determinar si el momento de flexión de la torre y las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro coinciden. Coincidir puede indicar que una estimación del momento de flexión de la torre, particularmente en una ubicación de la galga extensométrica adicional de la torre, determinada en función de los datos medidos por el al menos un acelerómetro y/o el al menos un acelerómetro adicional, se encuentra dentro del margen de error del momento de flexión de la torre. El margen de error se puede establecer según la precisión requerida del ángulo actual de guiñada determinado. Por lo tanto, la comprobación cruzada puede indicar la verificación del momento de flexión de la torre mediante las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro. Por lo tanto, se puede verificar el ángulo actual de guiñada determinado, y se puede proporcionar un análisis de plausibilidad.

50 Al realizar la comprobación cruzada del momento de flexión de la torre con las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro, el dispositivo de detección puede determinar de manera más sólida el ángulo actual de guiñada. Por lo tanto, puede proporcionarse un sistema de control fiable.

55 Además, incluso si bien la galga extensométrica o bien el acelerómetro fallan, el dispositivo de detección aún puede determinar el ángulo actual de guiñada en función del momento de flexión de la torre o de las cargas de la turbina basadas en el acelerómetro. Por lo tanto, puede proporcionarse un sistema de control redundante y a prueba de fallos.

60 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende además al menos un sensor acimutal del rotor, en donde el dispositivo de detección está configurado además para determinar una

posición acimutal de la pala en función los datos recibidos del al menos un sensor acimutal del rotor, y en donde el dispositivo de detección está configurado además para asociar el momento de flexión de la raíz de la al menos una pala con la posición acimutal de la pala medida.

5 Al asociar el momento de flexión de la raíz con la posición acimutal de la pala medida, el dispositivo de detección puede determinar de manera más sólida el ángulo actual de guiñada. Por lo tanto, puede proporcionarse un sistema de control fiable.

10 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección comprende un sensor para detectar al menos una corriente eléctrica y una temperatura de al menos un motor de guiñada de la góndola, en donde el dispositivo de accionamiento está configurado además para guiñar la góndola hasta que el sensor detecte un aumento en al menos una de la corriente eléctrica y la temperatura del al menos un motor de guiñada. Además, el ángulo de guiñada objetivo es una orientación a sotavento.

15 Durante la orientación a sotavento, la guiñada se ve favorecida por el campo de viento entrante y, en función de la velocidad del viento y, por lo tanto, de las fuerzas del viento que actúen sobre la turbina eólica, los motores de la turbina eólica, tal como el motor de guiñada de la góndola, pueden incluso generar energía. En otras palabras, la carga del motor es indicativa de la carga de viento en la turbina eólica.

20 Al detectar un aumento en al menos una de la corriente eléctrica y la temperatura del motor de guiñada, el dispositivo de detección puede detectar que la góndola está guiñando en la dirección a barlovento.

25 Proporcionar un único sensor para detectar la corriente eléctrica y la temperatura del motor de guiñada en cada motor de guiñada, puede permitir un sistema sencillo que comprenda únicamente un sensor para cada motor de guiñada.

30 Proporcionar el sensor que comprenda un elemento subsensor para detectar la corriente eléctrica y otro elemento subsensor para detectar la temperatura del motor de guiñada en cada motor de guiñada, puede permitir proporcionar un sistema fiable porque, incluso si falla un sensor, el otro sensor puede aún proporcionar datos para determinar la dirección actual de guiñada.

De este modo, se puede proporcionar un sistema de control fácil y fiable para alinear la góndola con la orientación a sotavento.

35 Según otra realización ilustrativa de la invención, el dispositivo de detección está configurado además para controlar que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo, al comparar el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, con un umbral indicativo del ángulo de guiñada objetivo.

40 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección está configurado además para controlar que el ángulo actual de guiñada sea la orientación a sotavento, al comparar el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, con un umbral indicativo de la orientación a sotavento de la góndola.

45 De este modo, la góndola puede mantenerse de manera fiable en el ángulo de guiñada objetivo, particularmente en la orientación a sotavento, incluso si cambia la dirección del viento del campo de viento entrante. En particular, el sistema de control alinea el ángulo actual de guiñada con el ángulo de guiñada objetivo. A modo de ejemplo, el ángulo de guiñada objetivo se establece para que se corresponda con la orientación a sotavento de la góndola. Entonces, la dirección del viento del campo de viento entrante cambia y, por lo tanto, el ángulo actual de guiñada ya no corresponde a la orientación a sotavento de la góndola. Por lo tanto, el sistema de control según la presente invención puede proporcionar la posibilidad de controlar adicionalmente que el ángulo actual de guiñada se adapte para que sea la orientación a sotavento de la góndola, incluso si cambia la dirección del viento del campo de viento entrante. En otras palabras, el sistema de control puede detectar adicionalmente que el ángulo actual de guiñada ya no esté alineado con el ángulo de guiñada objetivo, y garantizar que la góndola vuelva al ángulo de guiñada objetivo en respuesta a un cambio en la dirección del viento del campo de viento entrante, ya que si se supera el umbral, las cargas en la turbina eólica debidas a la desalineación del ángulo actual de guiñada y el ángulo de guiñada objetivo, pueden no ser aceptables.

55 El umbral indicativo para el ángulo de guiñada objetivo, en particular la orientación a sotavento de la góndola, puede adaptarse en función de las fuerzas del viento que actúen sobre la turbina eólica. Por ejemplo, con fuerzas de viento fuertes, el umbral puede ser menor que con fuerzas de viento bajas. Además, el umbral puede depender del parámetro utilizado y del tipo de turbina eólica. Por lo tanto, un rango puede definirse mediante el umbral, que es indicativo de la desalineación permisible del ángulo actual de guiñada y del ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación de la góndola a sotavento. De este modo, se obtiene una alineación sólida del ángulo actual de guiñada con el verdadero ángulo de guiñada objetivo. En particular, puede proporcionarse la verdadera orientación a sotavento de la góndola.

65 Según una realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de accionamiento está configurado además para orientar periódicamente la góndola en ambas direcciones de guiñada con respecto a una posición de la góndola

en el ángulo actual de guiñada, en donde el dispositivo de detección está configurado además para comparar el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica en diferentes posiciones de la góndola, y para determinar el grado de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto al ángulo de guiñada objetivo.

5 En particular, cuando el ángulo de guiñada objetivo es una orientación a sotavento, el dispositivo de accionamiento está configurado además para orientar periódicamente la góndola en ambas direcciones de guiñada con respecto a la posición actual de la góndola, y el dispositivo de detección está configurado además para comparar el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica en diferentes posiciones de la góndola, y para determinar el grado de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto a la orientación a sotavento.

10 Las dos direcciones de guiñada pueden ser opuestas entre sí. En particular, una dirección de guiñada puede ser una dirección en el sentido de las agujas del reloj, y la otra dirección de guiñada puede ser en el sentido contrario a las agujas del reloj.

15 El guiñar periódicamente con respecto a la posición de la góndola en el ángulo actual de guiñada (la posición actual de la góndola) según la presente invención, puede indicar que, partiendo de la posición de la góndola en el ángulo actual de guiñada (la posición actual de la góndola), la góndola se guiña una cierta magnitud en el sentido de las agujas del reloj y la misma cierta magnitud en el sentido contrario a las agujas del reloj. De este modo, las diferentes posiciones de la góndola pueden corresponder a la cierta magnitud en el sentido de las agujas del reloj y a la misma cierta magnitud en el sentido contrario a las agujas del reloj con respecto al ángulo actual de guiñada. Por lo tanto, diferentes posiciones de guiñada pueden indicar una primera posición de guiñada de la góndola con respecto a la posición de la góndola en el ángulo actual de guiñada, y una segunda posición de guiñada de la góndola distanciada de la primera posición de guiñada y en un lado opuesto de la posición de la góndola en el ángulo actual de guiñada visto en la dirección de guiñada.

20 Determinar la magnitud de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto al ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, puede indicar la determinación de una relación o una diferencia del al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica en las diferentes posiciones de la góndola, y determinar si la relación o la diferencia se encuentran dentro de una tolerancia de error de un valor objetivo, en donde el valor objetivo puede ser 1 para la relación, o 0 para la diferencia. Si la relación o la diferencia del al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica en una de las diferentes posiciones de la góndola se encuentra dentro de la tolerancia de error del valor objetivo, se considera que el ángulo actual de guiñada está alineado con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento. Por otro lado, si la relación o la diferencia no se encuentra dentro de la tolerancia de error del valor objetivo, el ángulo actual de guiñada no está alineado con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente con la orientación a sotavento. Los valores del al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre el al menos un componente de la turbina eólica en diferentes posiciones de la góndola, pueden escalar según la velocidad del viento. Por lo tanto, la magnitud de desalineación puede determinarse mediante la diferencia o la relación de los valores de los parámetros.

30 De este modo, el sistema de control puede determinar una magnitud de desalineación de la góndola con respecto al ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, debido a los cambios en la dirección del viento del campo de viento entrante.

35 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el dispositivo de detección está configurado además para determinar una dirección de guiñada hacia el ángulo de guiñada objetivo en función de la determinada magnitud de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto al ángulo de guiñada objetivo, y el dispositivo de accionamiento está configurado además para manipular la posición de la góndola en la dirección de guiñada hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo. Además, el ángulo de guiñada objetivo puede ser la orientación a sotavento.

40 La dirección de guiñada según la presente invención puede indicar la dirección desde el ángulo actual de guiñada hasta el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento. La dirección de guiñada hacia el ángulo de guiñada objetivo puede elegirse en función de la magnitud de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto a la orientación a sotavento. Además, la dirección de guiñada hacia el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, se puede elegir de tal modo que la góndola pueda alinearse con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, de la manera más rápida en función de la distancia más pequeña entre el ángulo actual de guiñada y el ángulo de guiñada objetivo, es decir, la orientación a sotavento. De este modo, puede proporcionarse un ajuste rápido y fiable del ángulo actual de guiñada con el ángulo de guiñada objetivo, es decir, la orientación a sotavento.

45 El dispositivo de accionamiento está configurado además para manipular la posición de la góndola en la dirección de guiñada hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, según la presente invención puede garantizar que la alineación del ángulo actual de guiñada

con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento, pueda mantenerse de manera fiable incluso cuando la dirección del viento del campo de viento entrante cambie durante un fallo de los sensores de dirección del viento.

5 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, el sistema de control comprende además un dispositivo de inicio configurado para activar el dispositivo de detección y el dispositivo de accionamiento en función de un parámetro indicativo de un funcionamiento fiable de la turbina eólica que supere un umbral predefinido, en donde el parámetro indicativo del funcionamiento fiable de la turbina eólica es al menos uno de la duración de una condición de datos de viento no válida, una velocidad de viento estimada y una carga de la turbina. Además, el ángulo de guiñada objetivo
10 es una orientación a sotavento de la góndola.

Mediante el dispositivo de iniciación, la góndola puede comenzar a guiñarse hacia la orientación a sotavento, incluso en los casos en que el sensor de dirección del viento o el sensor de velocidad del viento no proporcionen datos de viento válidos. Por lo tanto, la turbina no necesita guiñar la góndola hacia la orientación a sotavento de forma prematura
15 a fin de garantizar que la turbina tenga datos de viento válidos durante toda la guiñada, sino que la góndola puede permanecer a barlovento hasta que se supere el umbral predefinido, por lo que si las fuerzas del viento amainan, la turbina estará disponible para producir energía antes que si la góndola se hubiera guiñado a sotavento. Además, la turbina puede protegerse, porque cuando no hay datos de viento válidos, la turbina aún puede determinar que la góndola debe guiñarse a sotavento en lugar de simplemente detener la guiñada. De este modo, se pueden evitar
20 posibles cargas elevadas debido a un mal ángulo de guiñada, por ejemplo, si cambia la dirección del viento del campo de viento entrante. Por lo tanto, la disponibilidad de la turbina puede incrementarse directa e indirectamente.

El dispositivo de iniciación según la presente invención puede ser, en particular, un controlador configurado para activar y desactivar al menos un motor de guiñada de la góndola. En otras palabras, el controlador puede configurarse
25 para iniciar una guiñada de la góndola.

El funcionamiento fiable de la turbina eólica según la presente invención puede indicar un estado de funcionamiento seguro de la turbina eólica en el que las fuerzas del viento, particularmente la velocidad del viento, que actúan sobre la turbina eólica se encuentran en un rango en el que la góndola puede descansar en la orientación a barlovento o en
30 el que la góndola puede descansar en un ángulo de guiñada diferente de la orientación a sotavento, tal como la orientación de 90° para el modo de aproximación de Helihoist o del buque de operaciones de servicio.

El umbral predefinido según la presente invención puede establecerse en un valor específico en función del parámetro utilizado indicativo del funcionamiento fiable de la turbina eólica.
35

La condición de datos de viento no válida según la presente solicitud puede indicar un estado en el que al menos un sensor de viento de la turbina eólica no funcione, p. ej., porque el sensor está bloqueado por un componente de la turbina eólica, tal como la góndola. Además, el sensor de viento puede fallar debido a cambios rápidos de la dirección del viento del campo de viento entrante, de modo que la señal de dirección del viento generada por el sensor puede
40 no ser fiable.

El umbral predefinido asociado a la condición de datos de viento no válida puede ser un período de tiempo indicativo del tiempo en el que la turbina eólica puede permanecer de forma segura en el ángulo actual de guiñada, siendo, por ejemplo, la orientación a barlovento o cerca de la orientación a barlovento, mientras que los datos del viento recibidos
45 no son válidos o son erróneos. Si el período de tiempo sin datos de viento válidos es demasiado largo, los cambios de viento pueden ser demasiado grandes y, por lo tanto, el dispositivo de detección y el dispositivo de accionamiento pueden activarse para manipular la posición actual de la góndola hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo. Por lo tanto, la góndola puede activarse para guiñarse hacia la orientación a sotavento para proteger la turbina eólica.
50

La velocidad estimada del viento puede determinarse mediante un sensor configurado para detectar la velocidad del rotor de la turbina. A partir de la velocidad del rotor de la turbina, se puede estimar directamente la velocidad del viento del campo de viento entrante. Alternativamente, la velocidad del viento estimada puede medirse mediante un sensor de velocidad del viento. Cuando se usa un sensor de velocidad del viento para determinar la velocidad estimada del
55 viento, la estimación puede basarse en la última medición válida o en la última serie de mediciones válidas.

El umbral predefinido asociado a la velocidad del viento estimada se puede establecer para que se corresponda con una velocidad de desconexión del viento. La velocidad de desconexión del viento puede indicar la velocidad máxima del viento a la que la turbina eólica puede producir energía de forma segura. Alternativamente, el umbral predefinido
60 puede establecerse en una velocidad del viento diferente en función de la capacidad del sensor o en función de garantizar que las cargas experimentadas por la turbina eólica cuando la góndola se guiña hacia el ángulo de guiñada objetivo, que es la orientación a sotavento, no superen el umbral predefinido. En particular, el umbral para la activación de la guiñada a sotavento se establece en función de un análisis de carga para garantizar que, mientras se guiña hacia la orientación a sotavento, las cargas experimentadas por la turbina, que son más altas cuando la góndola se guiña a
65 través de la orientación de 90 grados, no superen el umbral. Este umbral puede determinarse y puede diferir según diferentes turbinas eólicas.

En otras palabras, si la velocidad estimada del viento supera el umbral predefinido, el dispositivo de iniciación puede activar la manipulación de la posición actual de la góndola hacia la orientación a sotavento.

5 La carga de la turbina puede determinarse mediante los momentos de flexión de la torre y la pala y/o mediante las aceleraciones de la torre y la góndola. El umbral predefinido asociado a la carga de la turbina puede corresponder a la carga de la turbina que aún permita un funcionamiento seguro y fiable de la turbina eólica. Si se supera el umbral de carga de la turbina predefinido, el dispositivo de iniciación puede iniciar la guiñada de la góndola. A continuación, la góndola se guiña de tal modo que el ángulo actual de guiñada esté alineado con el ángulo de guiñada objetivo, que es la orientación a sotavento.

Según un aspecto adicional de la presente invención, se describe una turbina eólica. La turbina eólica comprende un sistema de control descrito anteriormente.

15 La turbina eólica que comprende el sistema de control descrito anteriormente puede basarse en la idea de que la góndola de la turbina eólica pueda alinearse con un ángulo de guiñada objetivo también en circunstancias en las que el sensor o sensores de la dirección del viento puedan proporcionar valores erróneos o ningún valor en absoluto. Además, puede reducirse la probabilidad de que la turbina eólica intente guiñar o mantener un ángulo de guiñada que no esté alineado con el verdadero ángulo de guiñada objetivo, particularmente la verdadera orientación a sotavento. Como resultado, se pueden reducir las cargas que actúan sobre la turbina eólica. Además, el motor o motores de guiñada pueden no consumir energía en exceso al tratar de mantener la góndola en un ángulo de guiñada ligeramente erróneo, particularmente en una orientación ligeramente a barlovento. El sistema de control descrito también puede permitir que la turbina eólica tenga un umbral de velocidad del viento más alto para guiñar la góndola hacia la orientación a sotavento. Esto puede aumentar la disponibilidad de la turbina eólica. En particular, si el viento vuelve a caer por debajo de la velocidad máxima de desconexión de viento, la turbina eólica no tiene que volver primero a guiñar a barlovento para producir energía. Además, la carga excesiva en la turbina eólica se puede inhibir guiñando la góndola hacia el ángulo de guiñada objetivo, particularmente en la orientación a sotavento, en lugar de simplemente detener la guiñada cuando no haya datos de viento válidos disponibles mientras se mantiene la orientación a barlovento.

30 Según otra realización ilustrativa de la presente invención, la turbina eólica comprende además (a) un sensor de dirección del viento, (b) un dispositivo de monitorización configurado para (i) detectar un fallo del sensor de dirección del viento, (ii) detectar una posición de fallo de la góndola y/o una rapidez de guiñada en caso de fallo del sensor de dirección del viento, (iii) determinar una posición de recuperación de la góndola en la que se espera que el sensor de dirección del viento se recupere de un fallo, (iv) determinar una distancia de guiñada que sea una distancia entre la posición de falla de la góndola y la posición de recuperación de la góndola, (c) un dispositivo de guiñada configurado para guiñar la góndola durante un período de tiempo, en donde el período de tiempo es en función de la distancia de guiñada y/o la rapidez de guiñada, y (d) un dispositivo de decisión configurado para (i) detectar un fallo continuo del sensor de dirección del viento después del período de tiempo, y (ii) configurado para activar alternativamente el dispositivo de detección y el dispositivo de accionamiento en función del fallo continuo del sensor de dirección del viento cuando el ángulo de guiñada objetivo sea diferente de la orientación a barlovento, en particular la orientación a sotavento, o detener la guiñada de la góndola cuando el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a barlovento.

45 En otras palabras, la turbina eólica comprende además (a) un sensor de dirección del viento, (b) un dispositivo de monitorización configurado para (i) detectar un fallo del sensor de dirección del viento, (ii) detectar una posición de fallo de góndola en el fallo del sensor de dirección del viento, (iii) determinar un ángulo de guiñada de fallo en el fallo del sensor de dirección del viento en función de la última dirección fiable del viento, (iv) determinar una posición de recuperación de góndola en donde el sensor de dirección del viento sea posible que ya no falle, (v) determinar una distancia de recuperación de guiñada entre la posición de fallo de la góndola y la posición de recuperación de la góndola, (vi) detectar una rapidez de guiñada en el fallo del sensor de dirección del viento, (c) un dispositivo de guiñada (i) configurado para guiñar la góndola hasta la posición de recuperación de la góndola (i-a) monitorizando la posición actual de la góndola o (i-b) guiñando la góndola durante un período de tiempo en función de la distancia de recuperación de guiñada y la rapidez de guiñada, y (d) un dispositivo de decisión (i) configurado para detectar un fallo continuo del sensor de dirección del viento después de alcanzar la posición de recuperación de la góndola, y (ii) configurado para alternativamente (ii-a) activar el dispositivo de detección y el dispositivo de accionamiento en función del fallo continuo del sensor de dirección del viento para completar la guiñada hasta el ángulo de guiñada objetivo cuando el ángulo de guiñada objetivo no sea la orientación a barlovento y, en particular, sea la orientación a sotavento, o (ii-b) detener la guiñada de la góndola cuando el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a barlovento.

60 El sensor de dirección del viento puede comprender un solo sensor. Esto puede proporcionar una estructura sencilla del sensor de dirección del viento. Alternativamente, el sensor de dirección del viento puede comprender dos o más sensores. Esto puede proporcionar una estructura fiable y redundante del sensor de dirección del viento. Además, el sensor o sensores de dirección del viento pueden montarse en la góndola en una posición adyacente al buje vista en la dirección del eje del rotor y/o en un extremo trasero de la góndola. Además, el sensor de dirección del viento puede montarse en la parte superior de la góndola o en una posición distanciada aproximadamente 90° con respecto a la parte superior de la góndola alrededor del eje del rotor. Además, la turbina eólica puede comprender tres sensores de

dirección del viento, uno en la parte superior de la góndola y los otros dos separados cada uno 90° del sensor de dirección del viento en la parte superior de la góndola en los lados respectivos de la góndola.

5 El dispositivo de monitorización según la presente invención puede detectar el fallo del sensor de dirección del viento. El fallo del sensor de dirección del viento puede indicar que el sensor de dirección del viento ya no proporciona ninguna señal indicativa de la dirección del viento, o que el sensor de dirección del viento proporciona valores erróneos.

10 Una última señal fiable de dirección del viento puede ser el valor válido más reciente de dirección del viento recibido antes de la detección del fallo del sensor de dirección del viento, o la serie más reciente de valores válidos de dirección del viento recibidos antes de la detección del fallo del sensor de dirección del viento.

15 La posición de fallo de la góndola puede corresponder a una posición de la góndola en la que se puede haber recibido la última señal fiable de dirección del viento. Además, un ángulo de fallo de guiñada puede corresponder a un ángulo de guiñada determinado a partir de la última señal fiable de dirección del viento.

Un ángulo de recuperación de guiñada puede corresponder a un ángulo de guiñada en el que se espere que esté disponible una señal fiable de dirección del viento, debido, p. ej., a que el sensor de viento ya no está bloqueado, por ejemplo, por la góndola, debido a la ubicación del sensor y/o a la geometría de la turbina eólica.

20 Cuando el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a sotavento, el ángulo de recuperación de guiñada puede corresponder a un ángulo de guiñada en el que la guiñada hacia el ángulo de guiñada objetivo pueda completarse de manera fiable en función del dispositivo de detección.

25 La distancia de recuperación de guiñada puede indicar una distancia (angular) restante entre la posición de fallo de la góndola y la posición de recuperación de la góndola. De este modo, la distancia de recuperación de guiñada puede establecerse de tal modo que la góndola se guiñe una distancia que permita apartar al sensor de dirección del viento de un área bloqueada o, particularmente en el caso en donde el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a sotavento, de modo que la guiñada hacia el ángulo de guiñada objetivo pueda completarse utilizando el dispositivo de detección. El ángulo de recuperación de guiñada puede ser menor que el ángulo de guiñada objetivo. En otras palabras, la distancia de recuperación de guiñada puede ser tal que la góndola se guiñe hasta un ángulo de guiñada diferente del ángulo de guiñada objetivo, y situado entre el ángulo de fallo de guiñada y el ángulo de guiñada objetivo. Por lo tanto, mientras se guiña desde la posición de fallo de la góndola hasta la posición de recuperación de la góndola, el dispositivo de monitorización puede ignorar los cambios en la dirección del viento del campo de viento entrante.

35 El dispositivo de monitorización según la presente invención puede detectar una posición de fallo de la góndola en el fallo del sensor de dirección del viento en función de los últimos datos fiables del sensor de dirección del viento. Adicional o alternativamente, el dispositivo de monitorización puede detectar una rapidez de guiñada de la góndola en el fallo del sensor de dirección del viento. En particular, la rapidez de guiñada puede detectarse mediante al menos un sensor que mide datos indicativos de la rapidez de guiñada de la góndola.

40 La posición de recuperación de la góndola puede ser la posición en la que se espera que el sensor de dirección del viento se recupere de un fallo. En particular, la posición de recuperación de la góndola puede determinarse en función de la posición de fallo de la góndola, el ángulo de fallo de guiñada y el ángulo de recuperación de guiñada.

45 El sensor de dirección del viento puede recuperarse de un fallo, por ejemplo, porque el sensor de dirección del viento se pueda apartar de un área bloqueada.

50 La distancia de guiñada puede ser una distancia angular entre la posición de fallo de la góndola y la posición de recuperación de la góndola.

El período de tiempo puede basarse en la distancia de guiñada y/o en la rapidez de guiñada en el momento en que se detecte el fallo del sensor de dirección del viento. En particular, el período de tiempo puede determinarse de tal modo que la góndola se guiñe hacia la posición de recuperación de la góndola. La posición de recuperación de la góndola puede estar situada entre la posición de fallo de la góndola y la posición de la góndola en la que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo, vista en la dirección de guiñada de la góndola. Por lo tanto, mientras se guiña desde la posición de fallo de la góndola hasta la posición de recuperación de la góndola, el dispositivo de monitorización puede ignorar los cambios en la dirección del viento del campo de viento entrante.

60 El dispositivo de guiñada según la presente invención puede comprender un motor de guiñada configurado para guiñar la góndola de la turbina eólica. Además, el dispositivo de guiñada puede comprender al menos un elemento de control o controlador configurado para activar y desactivar al menos un motor de guiñada de la góndola.

65 El dispositivo de guiñada, particularmente el elemento de control o controlador, puede lograr la guiñada a lo largo de la distancia de recuperación de guiñada al monitorizar la posición actual de la góndola, y desactivar al menos un motor de guiñada cuando la posición actual de la góndola se alinee con la posición de recuperación de la góndola.

Alternativamente, el dispositivo de guiñada, particularmente el elemento de control o controlador, puede lograr la guiñada a lo largo de la distancia de recuperación de guiñada al activar al menos un motor de guiñada durante el período de tiempo.

5 El fallo continuo del sensor de dirección del viento después del período de tiempo puede indicar, en particular, la detección de un fallo adicional o la detección de que el sensor de dirección del viento sigue bloqueado (p. ej., debido a un cambio en la dirección del viento). En ambos casos, el sensor de dirección del viento después del período de tiempo, particularmente después de que se complete la guiñada hacia la posición de recuperación de la góndola, proporciona una señal errónea de dirección del viento o no emite ninguna señal de dirección del viento. Por lo tanto, el dispositivo de decisión está configurado para detectar que la guiñada continua de la góndola, particularmente la guiñada hacia la posición de recuperación de la góndola, no ha desbloqueado el sensor de dirección del viento. Por lo tanto, una guiñada adicional de la góndola hacia el ángulo de guiñada objetivo puede no basarse en los datos proporcionados por el sensor de dirección del viento.

15 Cuando el ángulo de guiñada objetivo sea diferente de la orientación a barlovento y, en particular, sea la orientación a sotavento, y el dispositivo de decisión haya detectado el fallo continuo del sensor de dirección del viento después del período de tiempo, particularmente después de que se complete la guiñada hasta la posición de recuperación de la góndola, la góndola puede guiñarse hacia el ángulo de guiñada objetivo, particularmente en la orientación a sotavento, utilizando el dispositivo de detección y el dispositivo de accionamiento. De este modo, se puede inhibir de forma fiable un daño de la turbina eólica debido a datos erróneos de rapidez y/o dirección del viento.

25 Cuando el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a barlovento y el dispositivo de decisión haya detectado el fallo continuo del sensor de dirección del viento después del período de tiempo, particularmente después de que se complete la guiñada hacia la posición de recuperación de la góndola, la góndola puede detenerse y permanecer en la posición actual de la góndola hasta que el sensor de dirección del viento se recupere y pueda volver a proporcionar datos válidos. De este modo, se puede inhibir un consumo excesivo de energía del motor de guiñada debido a que la turbina eólica deja de girar. En particular, los frenos pueden mantener la góndola en la posición de recuperación de la góndola y, por lo tanto, es posible que no se requiera energía para mantener la posición.

30 Según un aspecto adicional de la presente invención, se describe un método para alinear una góndola de una turbina eólica con un ángulo de guiñada objetivo. El método comprende (a) detectar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica para determinar un ángulo actual de guiñada de la góndola, y (b) manipular una posición de la góndola hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo.

35 El método comprende además proporcionar al menos un primer sensor de momento de flexión en un primer componente de la turbina eólica, proporcionar al menos un segundo sensor de momento de flexión en un segundo componente de la turbina eólica, determinar además un momento de flexión del primer componente de la turbina eólica en función de los datos recibidos del primer sensor de momento de flexión como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre el al menos un componente de la turbina eólica, y un momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica en función los datos medidos por el segundo sensor de momento de flexión, y realizar la comprobación cruzada del momento de flexión del primer componente de la turbina eólica con el momento de flexión del segundo componente de la turbina eólica.

45 El método descrito se basa en la idea de que la góndola de la turbina eólica puede alinearse con un ángulo de guiñada objetivo incluso cuando el sensor o sensores de dirección del viento puedan proporcionar valores erróneos o ningún valor en absoluto. Además, puede reducirse la probabilidad de que la turbina eólica intente guiñar o mantener un ángulo de guiñada que no esté alineado con el ángulo de guiñada objetivo, particularmente la orientación a sotavento. Como resultado, se pueden reducir las cargas que actúan sobre la turbina eólica. Además, el motor o motores de guiñada pueden no consumir energía excesiva al tratar de mantener un ángulo de guiñada ligeramente erróneo, particularmente una orientación ligeramente a barlovento. El método descrito también puede permitir que la turbina eólica tenga un umbral de velocidad del viento más alto para guiñarse hacia la orientación a sotavento. Esto puede aumentar la disponibilidad de la turbina eólica. En particular, si el viento vuelve a caer por debajo de la velocidad máxima de desconexión de viento, la turbina eólica no tiene que volver primero a guiñar a barlovento para producir energía.

55 Pueden utilizarse sensores de turbina adicionales existentes (sensores indicativos de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica) o el tiempo, para complementar, realizar la comprobación cruzada o reemplazar una señal de dirección del viento proporcionada por un sensor de viento (sensor de dirección del viento) mientras se guiña hacia, desde o cerca de una orientación a sotavento. Según un primer enfoque ilustrativo, se puede utilizar al menos un sensor existente no de viento, es decir, al menos un sensor existente que detecte al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica. En particular, cuando una góndola de una turbina eólica gira hacia o desde la orientación a sotavento o mantiene la orientación a sotavento, una estrategia de sensores integral que utiliza la información proporcionada por los sensores existentes que detectan al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica para complementar, realizar la comprobación cruzada o reemplazar la señal de los sensores del viento (dirección).

5 El sensor que detecta al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica puede ser una galga extensométrica en al menos una pala de la turbina eólica (sensor de carga de la pala) configurada para determinar una carga de guiñada inducida por el rotor como indicación de una dirección relativa del viento.

10 Además, los sensores que detectan al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, pueden ser galgas extensométricas en las palas y la torre de la turbina eólica, combinados con acelerómetros en la góndola y la torre. El momento de flexión de la torre junto con los momentos de flexión de la raíz de cada pala en un rango acimutal de la pala, pueden derivarse o determinarse a partir de las galgas extensométricas, sirviendo las estimaciones de carga basadas en los acelerómetros de la torre y/o la góndola como comprobación cruzada del momento de flexión de la torre. El ángulo actual de guiñada con respecto a la orientación a sotavento puede estimarse al comparar los momentos de flexión en un rango acimutal de la pala con un perfil de un cambio esperado en las cargas de la turbina a medida que la góndola se guiña desde una orientación a barlovento hasta la orientación a sotavento.

15 Además, el al menos un sensor que detecta al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, puede comprender al menos un sensor indicativo de una corriente eléctrica y/o de temperatura de al menos un motor de guiñada de la turbina eólica. Durante la guiñada a sotavento, las fuerzas del viento ayudan a la guiñada y, en función de la velocidad del viento, los motores de guiñada de la turbina eólica pueden incluso provocar que generen energía. La góndola puede guiñarse hasta que un aumento significativo en la corriente o temperatura de guiñada indique que la góndola ahora está intentando guiñarse en la dirección a barlovento.

20 La góndola de la turbina eólica también puede mantenerse en la orientación a sotavento utilizando al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica en función de, por un lado, una comparación de las salidas de los sensores con los umbrales para indicar que el ángulo de guiñada que la góndola intenta mantener ya no corresponde a la orientación a sotavento, p. ej., debido a un cambio de la dirección del viento del campo de viento entrante. Por otro lado, la góndola también puede mantenerse en la orientación a sotavento basándose en guiñar periódicamente la góndola durante una corta distancia en ambas direcciones, y comparando las salidas de corriente del sensor o del motor de guiñada para determinar la magnitud de desalineación con respecto a la orientación a sotavento y la dirección en la que se debe realizar un ajuste.

25 La estrategia de sensor integral descrita puede usarse para proporcionar una estimación de un ángulo actual de guiñada con respecto a la orientación a sotavento cuando el sensor (dirección) del viento único esté bloqueado temporalmente. Además, en el caso de que los sensores (dirección) del viento no proporcionen o no proporcionen de manera fiable una indicación de una señal errónea o un fallo, la estrategia integral del sensor, que incluye la velocidad del rotor, puede usarse para determinar cuándo la velocidad del viento ha amainado hasta un punto en el que se pueda confiar en las señales del sensor del viento (dirección).

30 Además, si el sensor de viento falla mientras gira hacia la orientación a sotavento o vuelve a la orientación a barlovento, la góndola continúa guiñando durante un período de tiempo en función de la velocidad/rapidez actual de guiñada y/o en función de una posición de recuperación de la góndola, en donde la posición de recuperación de la góndola puede basarse en una posición actual de la góndola y en un ángulo actual de guiñada en el momento en que se recibió la última señal fiable del sensor de dirección del viento, así como en un ángulo de recuperación de guiñada del sensor de viento. El ángulo de recuperación de guiñada puede ser el ángulo de guiñada en el que se espera que el sensor de dirección del viento deje de estar bloqueado por la góndola o, alternativamente, y particularmente en el caso en que el ángulo de guiñada objetivo sea la orientación a sotavento, donde los parámetros indicativos de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica (los sensores no de viento), tal como se describió anteriormente, pueden usarse de manera fiable para completar la guiñada a la orientación a sotavento. Si el sensor de viento ha fallado debido a que está bloqueado, la guiñada adicional puede apartarlo del sector bloqueado. Si el sensor de viento no proporciona una señal fiable de la dirección del viento después de un período de tiempo, particularmente después de alcanzar la posición de recuperación de la góndola. A continuación, se detiene la guiñada (si el ángulo de guiñada objetivo es la orientación a barlovento) o los parámetros indicativos de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica (los sensores no de viento), tal como se describió anteriormente, se pueden usar para llegar al ángulo de guiñada objetivo (particularmente, si el ángulo de guiñada objetivo es la orientación a sotavento).

35 Además, los sensores o el tiempo de turbina existentes pueden usarse para complementar o reemplazar una señal de dirección del viento recibida por el sensor de viento cuando la góndola está en la orientación a barlovento. En áreas donde se produzcan fenómenos de viento extremo, puede ser deseable que el dispositivo de accionamiento manipule la posición actual de la góndola hasta que el ángulo de guiñada se alinee con la orientación a sotavento en función de criterios que pueden incluir una duración de la condición de datos de viento no válida que supere un umbral, una última medición válida que esté por encima de una velocidad de desconexión del viento (o cualquier otro umbral de velocidad del viento en función de la capacidad del sensor o las cargas experimentadas por la turbina eólica al guiñar a sotavento), momentos de flexión de torres y palas y aceleraciones de torres y góndolas que indiquen una carga de turbina que supere un umbral.

Además, si la dirección del viento del campo de viento entrante cambia entre un fallo del sensor de viento y la activación de una manipulación de una posición actual de la góndola por parte del dispositivo de accionamiento, en la dirección hacia la orientación a sotavento, el dispositivo de detección puede usar la corriente del motor de guiñada en combinación con las cargas detectadas tal como se describió anteriormente, para determinar una dirección de guiñada a sotavento.

En otras palabras, el sistema de control se puede usar para guiñar la góndola y mantener cualquier ángulo de guiñada objetivo o posición objetivo de la góndola desalineada con la orientación operativa normal de la turbina, p. ej., para el funcionamiento en ralentí a sotavento (ángulo de guiñada de 180°) o para los modos de aproximación de Helihoist (ángulo de guiñada de 90°) o del buque de operaciones de servicio (ángulo de guiñada de 90°), sin actualizar los sensores de viento. Además, se puede aumentar la disponibilidad de esa capacidad sin reducir la producción anual de energía.

De este modo, el uso de parámetros indicativos de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de una turbina eólica puede complementar, realizar la comprobación cruzada o reemplazar la información del sensor (dirección) del viento cuando se guiña o se mantiene la orientación a sotavento en situaciones meteorológicas extremas en las que los sensores de viento fallen o proporcionen lecturas erróneas. Además, se pueden utilizar el tiempo y/o los últimos datos fiables conocidos cuando los datos del sensor de viento no estén disponibles. En particular, se puede usar un retardo de tiempo antes de detener la guiñada hacia o desde la orientación a sotavento, debido a un fallo del sensor (dirección) del viento, a fin de hacer transitar la góndola a través de un sector bloqueado. Alternativamente, cuando la góndola está en una posición en donde el ángulo actual de guiñada corresponda a la orientación a barlovento, se pueden usar los últimos datos fiables conocidos del sensor de viento errado en combinación con el parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente de la turbina eólica, para iniciar la manipulación de la posición actual de la góndola hasta que el ángulo actual de guiñada se alinee con el ángulo de guiñada objetivo correspondiente a la orientación a sotavento.

Hay que señalar que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes materias objeto. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de aparato, mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de método. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá a partir de lo anterior y de la siguiente descripción que, a menos que se indique lo contrario, además de cualquier combinación de características que pertenezcan a un tipo de materia objeto, también se considera descrita con esta solicitud cualquier combinación entre características relativas a diferentes materias objeto, en particular, entre características de las reivindicaciones de tipo aparato y características de las reivindicaciones de tipo método.

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos definidos anteriormente y otros aspectos de la presente invención se infieren de los ejemplos de realización que se describirán a continuación y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá con más detalle a continuación en la memoria haciendo referencia a ejemplos de realización, no estando la invención limitada a los mismos.

La Figura 1 muestra una vista lateral de una turbina eólica que comprende un sistema de control según una realización ilustrativa de la presente invención.

La Figura 2 muestra una vista superior de una turbina eólica que comprende un sistema de control según una realización ilustrativa de la presente invención.

Descripción detallada

Las ilustraciones de los dibujos son esquemáticas. Se señala que en diferentes figuras, los elementos similares o idénticos están provistos de los mismos signos de referencia.

La Figura 1 muestra una vista lateral de una turbina eólica 100 que comprende un sistema 110 de control según una realización ilustrativa de la presente invención. La turbina eólica 100 comprende además una torre 120, una góndola 130 montada en la torre 120, y un buje 140 montado en la góndola 130. La góndola 130 está montada en la torre 120 y es giratoria alrededor de un eje 171 de guiñada mediante un motor 180 de guiñada que proporciona una guiñada alrededor del eje 171 de guiñada. Tres palas 150, de las que solo se muestran dos palas 150 en la Figura 1, están montadas en el buje 140. Las palas 150 giran alrededor de un eje 172 de rotor. El sistema 110 de control está montado en la góndola 130. La turbina eólica 100 comprende además un sensor 160 de dirección del viento montado en un lado superior de la góndola 130 en una posición adyacente al buje 140 visto en la dirección del eje 172 del rotor. El sistema 110 de control comprende una galga extensométrica 111 montada en una raíz de pala de cada pala 150. La galga extensométrica 111 puede ser un sensor 111 de momento de flexión, particularmente un sensor de carga de la pala. Aunque en la Figura 1 solo se muestra una galga extensométrica 111 montada en la raíz de pala de cada pala 150, se puede entender que se pueden montar múltiples galgas extensométricas 111 en cada raíz de pala de cada una de las tres palas 150.

Además, el sistema 110 de control comprende tres galgas extensométricas 112 adicionales en la torre 120. Cada uno de las tres galgas extensométricas 112 adicionales puede ser un sensor 112 de momento de flexión. Una primera de las galgas extensométricas 112 adicionales está colocada en una posición superior de la torre, una segunda de las galgas extensométricas 112 adicionales está colocada en una posición media de la torre 120, y una tercera de las galgas extensométricas 112 adicionales está colocada en una posición inferior de la torre. Las tres galgas extensométricas 112 adicionales de la torre 120 y las galgas extensométricas 111 de las palas 150, conjuntamente pueden proporcionar momentos de flexión de torre de la torre 120 junto con momentos de flexión de raíz de cada pala 150. Se puede entender que se pueden colocar una o dos galgas extensométricas 112 adicionales en la torre 120. Además, se puede entender que solo se puede colocar una galga extensométrica 112 adicional en la torre 120, particularmente en la posición superior de la torre.

El sistema 110 de control comprende además tres acelerómetros 113 adicionales colocados en la torre 120. Cada uno de los tres acelerómetros 113 adicionales puede ser un sensor 113 de momento de flexión. Un primero de los acelerómetros 113 adicionales está colocado en la posición superior de la torre, un segundo de los acelerómetros 113 adicionales está colocado en la posición media de la torre, y un tercero de los acelerómetros 113 adicionales está colocado en la posición inferior de la torre. Además, se puede entender que solo se puede colocar un acelerómetro 113 adicional en la torre 120, particularmente en la posición superior de la torre. Cada uno de los tres acelerómetros 113 adicionales está colocado a la misma altura que uno respectivo de las tres galgas extensométricas 112 adicionales. Además, un acelerómetro 116 está colocado en la góndola 130. El acelerómetro puede ser un sensor 116 de momento de flexión. Los datos proporcionados por los acelerómetros 113 adicionales de la torre 120 y/o los datos proporcionados por el acelerómetro 116 de la góndola 130, pueden proporcionar una comprobación cruzada del momento de flexión de la torre determinado en función de los datos proporcionados por las galgas extensométricas 112 adicionales de la torre 120.

Además, se puede colocar una pluralidad de acelerómetros 116 alrededor de la góndola 130. Además, un sensor 117 acimutal del rotor, por ejemplo, un acelerómetro o un codificador, se coloca en el buje 140, como se muestra, o en la góndola 130.

La turbina eólica 100 comprende además al menos un motor 180 de guiñada que comprende un sensor 118 para detectar al menos una corriente eléctrica del motor 180 de guiñada y una temperatura del motor 180 de guiñada. Además, el sistema 110 de control comprende un controlador 181 configurado para iniciar una guiñada de la góndola 130, particularmente para activar o desactivar el motor 180 de guiñada.

Una unidad 193 de memoria está dispuesta en la góndola 130, en la que se almacenan los valores para al menos un parámetro, asignándose los valores a los respectivos ángulos 281 de guiñada (mostrados en la Figura 2).

La Figura 2 muestra una vista de una turbina eólica 100 que comprende un sistema 110 de control según una realización ilustrativa de la presente invención.

En la Figura 2 se muestra el ángulo 281 actual de guiñada de la góndola 130 con respecto a la dirección del viento del campo 280 de viento entrante. Además, en la Figura 2 se ilustran una dirección 273 de guiñada correspondiente a la dirección en el sentido de las agujas del reloj, y una dirección 274 de guiñada opuesta correspondiente al sentido contrario a las agujas del reloj. Además, según la realización ilustrativa ilustrada en la Figura 2, el ángulo 282 de guiñada objetivo es la orientación a sotavento. Puede entenderse que el ángulo 282 de guiñada objetivo puede ser cualquier otro ángulo de guiñada que no sea la orientación a sotavento. La dirección 273 de guiñada y la dirección 274 opuesta de guiñada corresponden a ambas direcciones 273, 274 de guiñada en las que la góndola 130 puede guiñarse periódicamente mediante el motor 180 de guiñada con respecto al ángulo 281 actual de guiñada. Las galgas extensométricas 111, las galgas extensométricas 112 adicionales y el sensor 118, pueden determinar la magnitud de desalineación del ángulo 281 actual de guiñada con el ángulo 282 de guiñada objetivo, y pueden determinar la dirección 273 de guiñada hacia el ángulo 282 de guiñada objetivo. En la Figura 2, la góndola 130 y el buje 140 pueden guiñarse en la dirección 273 o 274 de guiñada hasta que el ángulo 281 actual de guiñada se alinee con el ángulo 282 de guiñada objetivo.

La turbina eólica 100 comprende además otros dos sensores 260 de dirección del viento, cada uno dispuesto en un lado de la góndola 130 vistos en relación con el eje 172 del rotor. Los otros dos sensores 260 de dirección del viento están dispuestos adyacentes al buje 140 vistos en la dirección del eje 172 del rotor. Además, los otros dos sensores 260 de dirección del viento están dispuestos distanciados en un ángulo respectivo de 90° con respecto al sensor 160 de dirección del viento.

Un primer sensor 219 de velocidad del rotor está colocado en el buje 140, y un segundo sensor 219 de velocidad del rotor está colocado en la góndola 130. El rotor comprende el buje 140 y las palas 150. El sensor 219 de velocidad del rotor se coloca en el buje 140 y/o la góndola 130, en función del tipo específico de sensor 219 de velocidad del rotor utilizado. Los sensores 219 de velocidad del rotor se pueden utilizar para proporcionar una estimación de la velocidad del viento para reemplazar la señal de velocidad del viento del sensor de viento cuando no esté disponible o no sea válida, o como comprobación cruzada para determinar cuándo se puede confiar en las señales del sensor de viento.

El dispositivo 291 de monitorización está dispuesto adyacente a uno de los sensores 260 de dirección del viento, y el dispositivo 292 de decisión está dispuesto en un extremo trasero de la góndola 130 opuesto al buje 140. Puede

entenderse que el dispositivo 291 de monitorización y el dispositivo 292 de decisión pueden disponerse uno junto al otro. Además, puede entenderse que el dispositivo 291 de monitorización y el dispositivo 292 de decisión pueden disponerse distanciados entre sí en la góndola 130.

- 5 La góndola 130 se alineará con el ángulo 282 de guiñada objetivo, particularmente con la orientación a barlovento o la orientación 282 a sotavento, activando el motor 180 de guiñada, en particular mediante el controlador 181.

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.

- 10 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. Sistema (110) de control para alinear una góndola (130) de una turbina eólica (100) con un ángulo (282) de guiñada objetivo, comprendiendo el sistema (110) de control

5 un dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección configurado para detectar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) para determinar un ángulo (281) actual de guiñada de la góndola (130), y

10 un dispositivo (180) de accionamiento configurado para manipular una posición de la góndola (130) hasta que el ángulo (281) actual de guiñada se alinee con el ángulo (282) de guiñada objetivo, en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende además al menos un primer sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión en un primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100), y al menos un segundo sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión en un segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100),

15 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para determinar un momento de flexión del primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) en función de los datos recibidos del primer sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre el al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100), y un momento de flexión del segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) en función de los datos medidos por el segundo sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión, y

20 **caracterizada porque**

25 el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para realizar la comprobación cruzada del momento de flexión del primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) con el momento de flexión del segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100).
2. Sistema (110) de control según la reivindicación 1, en donde el ángulo (282) de guiñada objetivo es una orientación a sotavento de la góndola (130).
3. Sistema (110) de control según la reivindicación 1 o 2, en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende una unidad (193) de memoria que está configurada para almacenar valores para el al menos un parámetro, asignándose los valores a los respectivos ángulos (281) de guiñada.
4. Sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,

40 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende al menos una galga extensométrica (111) en al menos una pala (150) de la turbina eólica (100), y en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para determinar una carga de guiñada inducida por el rotor en función de los datos recibidos de la al menos una galga extensométrica (111) como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre la al menos una pala (150).
5. Sistema de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende además al menos una galga extensométrica (111) en al menos una pala (150), al menos una galga extensométrica (112) adicional en una torre (120) y un sensor (117) acimutal del rotor,

50 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para determinar un momento de flexión de torre y un momento de flexión de raíz de la al menos una pala (150) en un rango acimutal de pala en función de los datos recibidos de la al menos una galga extensométrica (111), la al menos una galga extensométrica (112) adicional y el sensor (117) de acimutal del rotor como el al menos un parámetro indicativo de la acción de las fuerzas del viento sobre la al menos una pala (150) y la torre (120).
6. Sistema de control según la reivindicación 5,

60 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende además al menos un acelerómetro (116) en la góndola (130) y/o al menos un acelerómetro (113) adicional en la torre (120), en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para determinar las cargas de turbina basadas en acelerómetros en función de los datos recibidos del al menos un acelerómetro (116) y/o del al menos un acelerómetro (113) adicional, y para la comprobación cruzada del momento de flexión de la torre con las cargas de turbina basadas en el acelerómetro.

65

7. Sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6,
 5 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección comprende un sensor (118) para detectar al menos una corriente eléctrica y una temperatura de al menos un motor (180) de guiñada de la góndola (130),
 en donde el dispositivo (180) de accionamiento está configurado además para girar la góndola (130) hasta que el sensor (118) detecte un aumento en al menos una de la corriente eléctrica y la temperatura del al menos un motor (180) de guiñada.
8. Sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,
 10 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para controlar que el ángulo (281) actual de guiñada se alinee con el ángulo (282) de guiñada objetivo al comparar el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) con un umbral indicativo del ángulo (282) de guiñada objetivo.
9. Sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,
 15 en donde el dispositivo (180) de accionamiento está configurado además para guiar periódicamente la góndola (130) en ambas direcciones (273, 274) de guiñada con respecto a una posición de la góndola (130) en el ángulo (281) actual de guiñada, y
 20 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para comparar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) en diferentes posiciones de la góndola, y para determinar la magnitud de desalineación del ángulo (281) actual de guiñada con respecto al ángulo (282) de guiñada objetivo.
10. Sistema (110) de control según la reivindicación 9,
 30 en donde el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección está configurado además para determinar una dirección (273, 274) de guiñada hacia el ángulo (282) de guiñada objetivo en función de la magnitud de desalineación del ángulo actual de guiñada con respecto al ángulo de guiñada objetivo,
 en donde el dispositivo (180) de accionamiento está configurado además para manipular la posición de la góndola (130) en la dirección (273, 274) de guiñada hasta que el ángulo (281) actual de guiñada se alinee con el ángulo (282) de guiñada objetivo.
11. Sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10,
 40 en donde el sistema (110) de control comprende además un dispositivo (181) de inicio configurado para activar el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección y el dispositivo (180) de accionamiento en función de un parámetro indicativo de un funcionamiento fiable de la turbina eólica (100) que supere un umbral predefinido, y
 en donde el parámetro indicativo del funcionamiento fiable de la turbina eólica (100) es al menos uno de la duración de una condición de datos del viento no válida, una velocidad del viento estimada y una carga de la turbina.
12. Turbina eólica (100), que comprende
 un sistema (110) de control según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
13. Turbina eólica (100) según la reivindicación 12, que comprende además
 50 un sensor (160, 260) de dirección del viento,
 un dispositivo (291) de monitorización configurado para detectar un fallo del sensor (160, 260) de dirección del viento,
 55 detectar una posición de fallo de la góndola (130) y/o una rapidez de guiñada en el fallo del sensor (160, 260) de dirección del viento,
 determinar una posición de recuperación de la góndola (130) en la que se espera que el sensor (160, 260) de dirección del viento se recupere del fallo, en función de la posición de fallo de la góndola (130),
 60 determinar una distancia de guiñada que sea una distancia entre la posición de fallo de la góndola (130) y la posición de recuperación de la góndola (130),
 un dispositivo (180, 181) de guiñada configurado para guiar la góndola (130) durante un período de tiempo en función de la distancia de guiñada y/o la rapidez de guiñada, y
 un dispositivo (292) de decisión configurado para
 65 detectar un fallo continuo del sensor (160, 260) de dirección del viento después del período de tiempo, y
 configurado para alternativamente

activar el dispositivo (111, 112, 113, 116, 117, 118) de detección y el dispositivo (180) de accionamiento en función del fallo continuo del sensor (160, 260) de dirección del viento cuando el ángulo (282) de guiñada objetivo es diferente de la orientación a barlovento, o detener la guiñada de la góndola (130) cuando el ángulo (282) de guiñada objetivo es la orientación a barlovento.

- 5
14. Método para alinear una góndola (130) de una turbina eólica (100) con un ángulo (282) de guiñada objetivo, comprendiendo el método
- 10
- 15
- 20
- 25
- proporcionar al menos un primer sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión en un primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100), proporcionar al menos un segundo sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión en un segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100), detectar al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) para determinar un ángulo (281) de guiñada actual de la góndola (130), y manipular una posición de la góndola (130) hasta que el ángulo (281) actual de guiñada se alinee con el ángulo (282) de guiñada objetivo, determinar un momento de flexión del primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) en función de los datos recibidos del primer sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión como el al menos un parámetro indicativo de las fuerzas del viento que actúan sobre el al menos un componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100), y un momento de flexión del segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) en función de los datos medidos por el segundo sensor (111, 112, 113, 116) de momento de flexión, el método **caracterizándose porque** comprende además realizar la comprobación cruzada del momento de flexión del primer componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100) con el momento de flexión del segundo componente (120, 130, 150) de la turbina eólica (100).

Figura 1

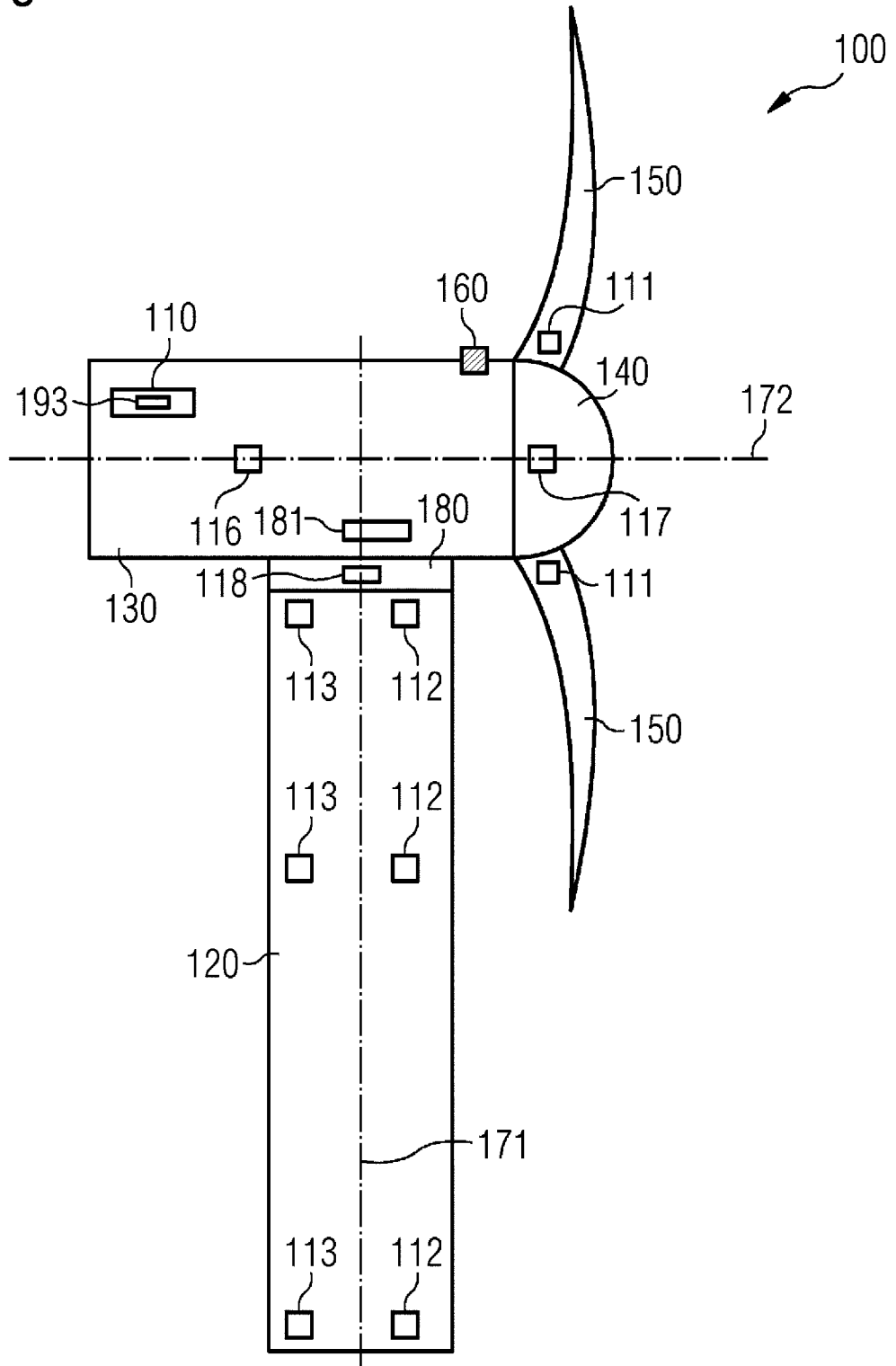


Figura 2

