

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 884**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2021 PCT/EP2021/070927**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2022 WO22037907**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2021 E 21749209 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024 EP 4172497**

54 Título: **Funcionamiento de turbinas eólicas en condiciones de viento extremas**

30 Prioridad:

17.08.2020 EP 20191328

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

03.10.2024

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**TOFT, HENRIK STENSGAARD y
BRUN, SOEREN TRABJERG**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 980 884 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

Funcionamiento de turbinas eólicas en condiciones de viento extremas

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una turbina eólica con un sistema de guiñada, en donde el sistema de guiñada se controla en función de un criterio de carga determinado. La invención se refiere, además, a un método para operar la turbina eólica, especialmente en condiciones de viento extremas.

10

Antecedentes de la técnica

Se puede considerar como la práctica común para establecer turbinas eólicas dentro de un entorno especialmente ventoso, p. ej., en alta mar, para producir una producción eficiente de potencia. Sin embargo, los vientos fuertes (en particular, en condiciones de viento extremas, p. ej., una velocidad del viento superior a 35 m/s) pueden provocar cargas severas y extremas en las palas y/o la torre de una turbina eólica. Por lo tanto, una funcionalidad en una turbina eólica, que puede compensar las condiciones de viento y/o de carga extremas, puede considerarse, según sea necesario.

15

Convencionalmente, la posición de la góndola con respecto a la dirección del viento se ajusta a fin de mantener las cargas de la turbina dentro del límite (de diseño) de la turbina eólica (y no provocar daños a la turbina eólica). El ajuste de la orientación de la góndola a la dirección del viento requiere, por lo tanto, una activación del sistema de guiñada de la turbina, que mueve la góndola con respecto a la torre de la turbina eólica.

20

Sin embargo, la activación y aplicación del sistema de guiñada siempre provocan un desgaste (de las piezas pesadas de la maquinaria) y un alto consumo de energía. En particular, en situaciones en donde la turbina eólica no esté conectada a la red (fuera de la red), la energía necesaria para el sistema de guiñada debe proporcionarse desde un sistema de respaldo de energía (p. ej., una batería, un generador, etc.). Esto es especialmente importante en el caso de condiciones de viento extremas, cuando la turbina eólica está generalmente fuera de la red y no produzca energía.

25

Hasta ahora, este problema se resuelve supervisando una desalineación entre la dirección del viento y la orientación de la góndola. En caso de que la alineación actual entre la dirección del viento y la orientación de la góndola sea mayor que la desalineación máxima permitida, entonces el sistema de guiñada se activa y mueve la góndola a una posición en donde la alineación esté por debajo de la desalineación máxima permitida.

30

La **Figura 3** muestra un ejemplo de la técnica anterior (véase la línea 350), en donde la desalineación máxima permitida se establece en 8° (véase la norma IEC 61400-1). Un ángulo de alineación de esencialmente 0° entre la dirección del viento y la orientación de la góndola, sería perfecto para reducir la carga que actúa sobre la turbina eólica. Sin embargo, en caso de que el ángulo de alineación actual sea mayor que la desalineación máxima permitida (es decir, 8°), el sistema de guiñada se activa y la góndola se mueve hacia una posición en donde el ángulo de alineación entre la dirección del viento y la orientación de la góndola sea inferior a 8°.

35

40

Sin embargo, una desventaja de esta estrategia es que el sistema de guiñada tiene que activarse con frecuencia, de modo que se provoca un desgaste constante de las piezas pesadas de la maquinaria, y un alto consumo de energía (en condiciones de viento extremas, la turbina eólica puede estar fuera de la red, y se debe aplicar el sistema de respaldo de energía).

45

Puede ser necesario proporcionar una turbina eólica que opere (en particular, en condiciones de viento extremas) de una manera segura y energéticamente eficiente. Ejemplos de soluciones de la técnica anterior están disponibles en los documentos US 2012/201675 A1 y US 9 745 958 B2.

50

Resumen de la invención

Esta necesidad puede ser satisfecha por la materia objeto según la reivindicación 1 de dispositivo y la reivindicación 14 de método independientes.

55

Las realizaciones ventajosas de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

Según otro aspecto de la invención, se describe una turbina eólica según la reivindicación 1.

60

Según otro aspecto de la invención, se describe un método para controlar una turbina eólica según la reivindicación 14.

En el contexto de este documento, el término “criterio de carga” puede referirse a la carga que actúa actualmente sobre la góndola y/o la turbina eólica. De este modo, el criterio de carga puede experimentalmente determinarse (medirse) o estimarse. La carga que actúa sobre la turbina eólica puede basarse en la orientación (alineación) relativa entre la dirección del viento y la orientación de la góndola. Además, la carga puede depender de las condiciones actuales del viento, es decir, de los parámetros del viento, tales como la velocidad del viento.

65

5 En el contexto de este documento, el término “criterio de carga máxima” puede referirse a una carga máxima permitida predeterminada (teórica) en la góndola y/o la turbina eólica. Aunque convencionalmente solo se ha considerado la alineación (y la góndola tiene que adaptarse constantemente a la dirección del viento), el criterio de carga máxima descrito depende también de los parámetros del viento, y es diferente para los diferentes parámetros del viento. Por lo tanto, el criterio de carga máxima depende no solo de la alineación, sino también de los parámetros del viento.

10 Según una realización ejemplar, la invención puede basarse en la idea de que una turbina eólica puede operar (en particular, en condiciones de viento extremas) de manera segura y energéticamente eficiente, cuando el sistema de guiñada de la turbina eólica se active solo en caso de que se cumpla un criterio de carga máxima, es decir, cuando una reacción de guiñada sea inevitable. El criterio de carga máxima se basa, por lo tanto, en un criterio de desalineación máxima que sea diferente para al menos dos velocidades de viento diferentes.

15 Convencionalmente, solo se ha tenido en cuenta la alineación entre la dirección del viento y la orientación de la góndola para controlar el sistema de guiñada (en condiciones de viento extremas). Sin embargo, la constante reorientación de la góndola por el sistema de guiñada provoca un fuerte desgaste y un alto consumo de energía.

20 Los inventores han descubierto que la turbina eólica puede operarse de manera más energéticamente eficiente sin dejar de ser segura, cuando se tienen en cuenta parámetros adicionales, tales como la velocidad actual del viento, al proporcionar un criterio de carga máxima. Esto se debe a que la carga en una turbina eólica depende tanto de la alineación de la orientación como de los parámetros del viento, por lo tanto, el criterio de carga máxima descrito permite un funcionamiento especialmente dinámico de una turbina eólica, incluso en condiciones de viento extremas.

25 Al aplicar el concepto inventivo, el sistema de guiñada provocará un desgaste y un consumo de energía significativamente menores, incluso cuando se opere sin condiciones de viento extremas. Como ventaja adicional, se necesita un sistema de respaldo de energía más pequeño, pudiendo aún mantener las cargas de la turbina dentro del límite (de diseño) de la turbina eólica durante condiciones de viento extremas.

30 Incluso a velocidades del viento muy altas (extremas) (que estén por encima de los límites de velocidad del viento en donde la producción se detenga debido a la carga), una turbina eólica a una primera velocidad del viento (de no producción, es decir, la primera velocidad del viento es superior a la velocidad del viento de producción) no necesita alinearse con la dirección del viento de la misma manera que en una segunda velocidad del viento (alta/extrema, de no producción), ya que es significativamente mayor que la primera velocidad del viento (la presión del viento escala la velocidad del viento al cuadrado) a fin de mantener la carga dentro del límite de diseño (y no provocar daños). Por lo tanto, según la estrategia de guiñada descrita, no hay ningún ajuste de la posición de la góndola con respecto a la dirección del viento, a menos que esto sea inevitable para mantener las cargas de la turbina eólica dentro del límite óptimo.

40 Según un ejemplo, el criterio de desalineación máxima es distinto para una pluralidad, en particular para al menos tres, parámetros de viento diferentes. Esto puede otorgar la ventaja de que también se puedan implementar relaciones complejas entre la alineación y los parámetros del viento (p. ej., mesetas constantes y cambios dinámicos). En consecuencia, la turbina eólica descrita puede operarse de manera especialmente eficiente.

45 Según una realización adicional, el sistema de control está configurado, además, para: i) en caso de que el criterio de carga cumpla el criterio de carga máxima, iniciar una reacción del sistema de guiñada, y/o ii) en caso de que el criterio de carga no cumpla el criterio de carga máxima, no iniciar la reacción del sistema de guiñada. De esta manera, el sistema de guiñada que consume energía y provoca desgaste solo se activa cuando sea absolutamente necesario (inevitable) para garantizar un funcionamiento seguro.

50 Según una realización adicional, el sistema de guiñada está configurado para mover la góndola con respecto a la torre como una reacción de guiñada. De este modo, una desalineación peligrosa puede compensarse utilizando los medios establecidos.

55 Según una realización adicional, el sistema de guiñada está configurado para mover la góndola de modo que el criterio de carga ya no cumpla con el criterio de carga máxima. También con esta medida, se puede compensar una desalineación peligrosa utilizando medios establecidos.

60 Según una realización adicional, el parámetro de alineación comprende una alineación, en particular un ángulo, entre la dirección del viento y la orientación de la góndola. Esto permite obtener una orientación fiable utilizando tecnologías establecidas.

Según una realización adicional, el parámetro del viento comprende una velocidad del viento medida y/o una velocidad del viento estimada. La velocidad del viento se puede medir de manera eficiente, por ejemplo, utilizando un detector/sensor de la velocidad del viento y, por lo tanto, puede ser un parámetro adecuado del viento.

65 Según una realización adicional, el sistema de control está configurado, además, para: i) proporcionar un primer criterio de desalineación máxima para una primera velocidad del viento, y ii) proporcionar un segundo criterio de desalineación máxima

para una segunda velocidad del viento. De este modo, la segunda velocidad del viento es mayor que la primera velocidad del viento, y el primer criterio de desalineación máxima es diferente del segundo criterio de desalineación máxima.

5 Según una realización adicional, el primer criterio de desalineación máxima es más amplio (por ejemplo, el ángulo permitido es mayor) que el segundo criterio de desalineación máxima.

Según una realización adicional, la primera velocidad del viento y la segunda velocidad del viento son una velocidad del viento de no producción, en particular una velocidad del viento extrema.

10 Estas medidas pueden ofrecer la ventaja de que el sistema de guiñada esencialmente no se active a una menor velocidad del viento de no producción, mientras que haya más activaciones del sistema de guiñada en condiciones extremas de viento de no producción. Por lo tanto, el desgaste se “ahorra” en velocidades de viento altas (de no producción) y se puede utilizar en velocidades de viento de producción. Además, o de manera alternativa, se pueden aplicar más componentes económicos.

15 Según una realización adicional, la primera velocidad del viento está (esencialmente) en el rango de 25 a 35 m/s (en particular, de 25 a 30 m/s); y/o la segunda velocidad del viento es (esencialmente) superior a 30 m/s (en particular, superior a 35 m/s, más en particular, superior a 40 m/s). La segunda velocidad del viento puede estar en el rango de 35 a 50 m/s).

20 Según una realización adicional, el primer criterio de desalineación máxima comprende un ángulo de al menos 15° (en particular, al menos 20°); y/o el segundo criterio de desalineación máxima comprende un ángulo inferior a 20°, en particular inferior a 15°, más en particular inferior a 10°.

25 Según una realización adicional, la turbina eólica comprende un sistema de respaldo de energía fuera de la red (p. ej., una batería, un generador, etc.). En particular, este sistema de respaldo de energía fuera de la red es más pequeño y/o menos costoso que un sistema convencional de respaldo de energía fuera de la red para una turbina eólica convencional de esencialmente el mismo tamaño que la turbina eólica descrita. En otras palabras, el sistema de respaldo de energía fuera de la red de la turbina eólica descrita es un sistema de tamaño reducido (y/o de costo reducido) de respaldo de energía fuera de la red.

30 En el caso de velocidades de viento altas/extremas, la turbina eólica ya no produce energía. Por lo tanto, a fin de controlar, p. ej., el sistema de guiñada, es necesario un sistema de respaldo de energía. Según la nueva estrategia de guiñada descrita, el sistema de guiñada solo se activa cuando esto es inevitable con respecto a la carga que actúa sobre la turbina eólica. En consecuencia, se puede aplicar un sistema de respaldo fuera de la red más rentable y energéticamente eficiente (es decir, más pequeño) para la turbina eólica descrita.

35 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 método mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo de aparato. 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 concreto, entre características de las reivindicaciones de tipo aparato y características de las reivindicaciones de tipo método.

40 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.

50 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una turbina eólica según una realización ilustrativa de la invención.

55 La Figura 2 muestra un método de controlar una turbina eólica según una realización ilustrativa de la invención.

La Figura 3 muestra un criterio de carga máxima según una realización ilustrativa de la invención, en comparación con un ejemplo de la técnica anterior.

60 Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

65 Según una realización ilustrativa, la estrategia de control de guiñada descrita específica/determina la desalineación de guiñada máxima aceptable (criterio de carga máxima) en función de la velocidad del viento medida o estimada (parámetro del viento). La dirección del viento, en condiciones de viento extremas, variará debido a las variaciones naturales del viento y a los movimientos generales del sistema meteorológico. Esto provocará que el error de guiñada (parámetro de alineación) supere el error de guiñada permitido (criterio de desalineación máxima), tras lo cual el sistema de guiñada activará y ajustará la posición de la góndola a la dirección del viento. Convencionalmente, la activación del sistema de guiñada provoca

desgaste y consume energía, ya sea de la red eléctrica o de un sistema de respaldo de energía. El menor número de activaciones del sistema de guiñada según el método descrito, hace que se necesite un sistema de respaldo de energía más pequeño. El aumento del error de guiñada permitido a bajas velocidades del viento provocará menos activaciones del sistema de guiñada y, por lo tanto, menos desgaste y consumo de energía, sin que las cargas de la turbina superen el límite de diseño.

Según una realización ilustrativa, la estrategia de control de guiñada descrita se aplicará normalmente a velocidades del viento de entre 25 y 50 m/s y para un error de guiñada (desalineación) de entre 0° y 30°. Sin embargo, se pueden considerar y velocidades del viento más elevadas y errores de guiñada. La meseta constante a altas velocidades del viento se define, por ejemplo, por los requisitos de diseño de la norma de diseño IEC 61400-1, mientras que la meseta a velocidades de viento bajas se define, p. ej., por vibraciones inducidas por vórtices, etc.

La ilustración en los dibujos es de forma esquemática. Se observa que en diferentes figuras, los elementos similares o idénticos se proporcionan con los mismos números de referencia o con números de referencia que difieren solo en el primer dígito. Para evitar repeticiones innecesarias o características que ya se han aclarado con respecto a una realización descrita anteriormente, no se aclaran nuevamente en una posición posterior de la descripción.

Además, los términos espacialmente relativos, tales como "frontal" y "posterior", "encima" y "debajo", "izquierda" y "derecha", etc. se usan para describir la relación de un elemento con otros elementos como se ilustra en las figuras. Por lo tanto, los términos espacialmente relativos pueden aplicarse a orientaciones en uso que difieren de la orientación representada en las figuras. Obviamente, aunque todos estos términos espacialmente relativos se refieren a la orientación mostrada en las figuras para facilitar la descripción y no son necesariamente limitantes ya que un aparato según una realización de la invención puede asumir orientaciones diferentes a las ilustradas en las figuras cuando se usa.

La **Figura 1** muestra una turbina eólica 100 según una realización de la invención. La turbina eólica 100 incluye una torre 101 que está montada en una cimentación no representada. En la parte superior de la torre 101 está dispuesta una góndola 102. Entre la torre 101 y la góndola 102 se proporciona un sistema 121 de guiñada. El sistema de guiñada comprende un dispositivo de ajuste del ángulo de guiñada que es capaz de hacer girar la góndola 102 alrededor de un eje vertical no representado que está alineado con la extensión longitudinal de la torre 101. Al controlar de manera apropiada el dispositivo de ajuste del ángulo de guiñada, se puede garantizar que durante el funcionamiento normal de la turbina eólica 100, la góndola 102 esté alineada correctamente con la dirección actual del viento.

La turbina eólica 100 comprende, además, un rotor eólico 110 que tiene tres palas 114. En la perspectiva de la Figura 1 solo son visibles dos palas 114. El rotor 110 puede girar alrededor de un eje 110a de rotación. Las palas 114, que están montadas en un cubo 112, se extienden radialmente respecto al eje 110a de rotación.

Entre el cubo 112 y una pala 114 se proporciona, respectivamente, un dispositivo 116 de ajuste del ángulo de pala, con el fin de ajustar el ángulo de cabeceo de cada pala 114 haciendo girar la pala 114 respectiva alrededor de un eje no representado que está alineado sustancialmente paralelo a la extensión longitudinal de la pala 114 respectiva. Al controlar el dispositivo 116 de ajuste del ángulo de pala, el ángulo de cabeceo de la pala 114 respectiva se puede ajustar de tal manera que, al menos cuando el viento no sea demasiado fuerte (condiciones de producción), se pueda recuperar de la potencia mecánica disponible una potencia del viento máxima del viento que impulsa el rotor eólico 110.

Como puede verse en la Figura 1, dentro de la góndola 102 se proporciona una caja 124 de engranajes. La caja 124 de engranajes se utiliza para convertir el número de revoluciones del rotor 110 en un mayor número de revoluciones de un eje 125, que se acopla de manera conocida a un transductor electromecánico 140. El transductor electromecánico es un generador 140.

En este punto, se indica que la caja 124 de engranajes es opcional, y que el generador 140 también puede acoplarse directamente al rotor 110 mediante el eje 125, sin cambiar el número de revoluciones. En este caso, la turbina eólica es una turbina eólica denominada de accionamiento directo (DD).

Según los principios básicos de la ingeniería eléctrica, el generador 140 comprende una disposición 145 de estator y una disposición 150 de rotor.

Además, se proporciona un freno 126 a fin de detener el funcionamiento de la turbina eólica 100 o a fin de reducir la velocidad de rotación del rotor 110, por ejemplo, en caso de emergencia.

La turbina eólica 100 comprende, además, un sistema 153 de control para operar la turbina eólica 100 de una manera altamente eficiente (véase la Figura 2 a continuación). Además de controlar, por ejemplo, el sistema 121 de guiñada, el sistema 153 de control representado también puede utilizarse para ajustar de manera optimizada el ángulo de cabeceo de las palas 114 del rotor.

En la góndola 102 se muestran esquemáticamente un dispositivo 160 de determinación de orientación y un dispositivo de determinación de parámetros de viento 180. Sin embargo, estos dispositivos 160, 180 pueden aplicarse de manera flexible, por ejemplo, en otras posiciones de la turbina eólica 100. Lo mismo es válido para el sistema 153 de control. Los dispositivos

160, 180 y el sistema 153 de control pueden realizarse como componentes individuales o como varios componentes, respectivamente.

- 5 La **Figura 2** muestra un método de controlar una turbina eólica 100 según una realización de la invención. Se determina (mide) una orientación relativa actual entre la góndola y la dirección del viento, para obtener un parámetro 260 de alineación. Además, se determina (mide y/o estima) un parámetro 280 del viento actual. Ambos parámetros 260, 280 pueden considerarse como un criterio 290 de carga, ya que la carga en la góndola (y en la turbina eólica) depende de la alineación con respecto a la dirección del viento y las propiedades del viento (en particular, la velocidad del viento).
- 10 Un criterio 250 de carga máxima se determina, además, ya sea por el propio sistema 153 de control o por otro sistema de control que esté en comunicación con el sistema 153 de control. El criterio 250 de carga máxima se basa en un criterio 220 de desalineación máxima. A diferencia de los métodos de la técnica anterior, el criterio 220 de desalineación máxima no es el mismo para diferentes parámetros 240 del viento, sino que en su lugar es diferente para al menos a diferentes parámetros
- 15 240 del viento, tales como diferentes velocidades del viento. Si bien el criterio 290 de carga es un parámetro actual (determinado experimentalmente), el criterio 250 de carga máxima es un parámetro predeterminado (teórico). El criterio 290 de carga se compara con el criterio 250 de carga máxima, y se determina si el criterio 290 de carga cumple el criterio 250 de carga máxima (mostrado como "1") o si el criterio 290 de carga no cumple el criterio 250 de carga máxima (mostrado como "0").
- 20 El sistema 121 de guiñada de la turbina eólica 100 se controla entonces en función de este resultado de determinación (es decir, se inicia una reacción de guiñada, si es necesario). En caso de que no se cumpla el criterio 250 de carga máxima, puede que no sea necesario iniciar una reacción de guiñada. Sin embargo, en caso de que el criterio 290 de carga cumpla el criterio 250 de carga máxima, puede ser inevitable que se inicie una reacción del sistema 121 de guiñada. El sistema 121 de guiñada está configurado para mover la góndola 102 con respecto a la torre 101 como una reacción de guiñada. En
- 25 particular, el sistema 121 de guiñada mueve la góndola 102 de modo que el criterio 290 de carga ya no cumpla el criterio 250 de carga máxima. Esto se logra cambiando la alineación de la góndola 102 hacia la dirección del viento, de modo que el criterio 220 de desalineación máxima ya no se cumpla a la velocidad 280 actual del viento.
- 30 La Figura 3 muestra un criterio 250 de carga máxima según una realización de la invención, en comparación con un ejemplo de la técnica anterior. La ordenada (eje y) muestra la orientación (alineación) relativa entre la góndola 102 y la dirección del viento, como un ángulo, mientras que la abscisa (eje x) muestra la velocidad (en metros por segundo) del viento como un parámetro 240 del viento. Aunque convencionalmente solo se ha considerado una desalineación máxima 350 (en el ejemplo mostrado, la desalineación máxima es un ángulo de 8°), el método descrito se centra en la carga real que actúa sobre la
- 35 turbina eólica 100, en donde la carga se basa en la alineación y los parámetros del viento.
- Se proporciona un primer criterio 251 de desalineación máxima (en el ejemplo mostrado, 30°) para una primera velocidad 201 del viento, y se proporciona un segundo criterio 252 de desalineación máxima (en el ejemplo mostrado, 8°) para una segunda velocidad 202 del viento (es decir, el primer criterio 251 de desalineación máxima es mucho más amplio que el
- 40 segundo criterio 252 de desalineación máxima). La primera velocidad 201 del viento es una velocidad del viento de no producción (la producción puede ser, p. ej., de hasta 25 o 28 m/s), y es mucho menor que la segunda velocidad 202 del viento, que es una velocidad del viento de no producción (extrema). Para la primera velocidad 201 del viento y para la segunda velocidad 202 del viento, el criterio 251, 252 de desalineación máxima respectivo puede permanecer igual (meseta constante).
- 45 Entre la primera y la segunda velocidad 201, 202 del viento, hay una región intermedia 205 que representa una transición entre la baja velocidad 201 del viento de no producción y la alta velocidad 202 del viento de no producción. En esta región intermedia 205, el criterio 220 de desalineación máxima cambia (se adapta) continuamente con los cambios de velocidad del viento.
- 50 El alcance de la protección se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (100), que comprende:
 - 5 una torre (101);
 - una góndola (102) acoplada a la torre (101);
 - un sistema (121) de guiñada dispuesto entre la torre (101) y la góndola (102), y configurado para mover la góndola (102) con respecto a la torre (101);
 - 10 un dispositivo (160) de determinación de orientación, configurado para determinar una orientación relativa actual entre la góndola y la dirección del viento para obtener un parámetro (260) de alineación;
 - un dispositivo (180) de determinación de parámetros del viento, configurado para determinar un parámetro (280) del viento actual; y
 - un sistema (153) de control que está configurado para:
 - 15 recibir el parámetro (260) de alineación y el parámetro (280) de viento para obtener un criterio (290) de carga,
 - proporcionar un criterio (250) de carga máxima basado en un criterio (220) de desalineación máxima que es diferente para al menos dos parámetros (240) de viento diferentes,
 - 20 determinar si el criterio (290) de carga cumple el criterio (250) de carga máxima, y
 - controlar el sistema (121) de guiñada basándose en el resultado de la determinación;
 - en donde el parámetro (240, 280) del viento comprende una velocidad del viento medida y/o una velocidad del viento estimada, y
 - en donde el sistema (153) de control está configurado, además, para:
 - 25 proporcionar un primer criterio (251) de desalineación máxima para una primera velocidad (201) del viento, y
 - proporcionar un segundo criterio (252) de desalineación máxima para una segunda velocidad (202) del viento;
 - 30 en donde la segunda velocidad (202) del viento es mayor que la primera velocidad (201) del viento,
 - en donde el primer criterio (251) de desalineación máxima es diferente del segundo criterio (252) de desalineación máxima, y
 - en donde la primera velocidad (201) del viento y la segunda velocidad (202) del viento son una velocidad del viento extrema.
- 35 2. La turbina eólica (100) según la reivindicación 1, en donde el criterio (220) de desalineación máxima es distinto para una pluralidad, en particular al menos tres, parámetros (240) de viento diferentes.
- 40 3. La turbina eólica (100) según las reivindicaciones 1 o 2, en donde el sistema (153) de control está configurado, además, para:
 - 45 en caso de que el criterio (290) de carga cumpla el criterio de (250) carga máxima, inicie una reacción del sistema (121) de guiñada; y/o
 - en caso de que el criterio (290) de carga no cumpla el criterio (250) de carga máxima, no inicie la reacción del sistema (121) de guiñada.
- 50 4. La turbina eólica (100) según la reivindicación 3, en donde el sistema (121) de guiñada está configurado para mover la góndola (102) con respecto a la torre (101) como una reacción de guiñada.
- 55 5. La turbina eólica (100) según la reivindicación 4, en donde el sistema (121) de guiñada está configurado para mover la góndola (102) de modo que el criterio (290) de carga ya no cumpla con el criterio (250) de carga máxima.
- 60 6. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el parámetro (220, 260) de alineación comprende una alineación, en particular un ángulo, entre la dirección del viento y la orientación de la góndola (102).
- 65 7. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer criterio (251) de desalineación máxima es más amplio que el segundo criterio (252) de desalineación máxima.
8. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera velocidad (201) del viento está en el rango de 25 a 35 m/s.

9. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la segunda velocidad (202) del viento es superior a 35 m/s.
- 5 10. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde el primer criterio (251) de desalineación máxima comprende un ángulo de al menos 20°.
- 10 11. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde el segundo criterio (252) de desalineación máxima comprende un ángulo inferior a 20°, en particular inferior a 15°, más en particular inferior a 10°.
- 15 12. La turbina eólica (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde la turbina eólica (100) comprende un sistema de respaldo de energía fuera de la red.
13. La turbina eólica (100) según la reivindicación 12, en donde el sistema de respaldo de energía fuera de la red es un sistema de respaldo de energía fuera de la red de tamaño reducido y/o de costo reducido.
- 20 14. Un método para controlar una turbina eólica (100), en donde la turbina eólica (100) comprende una torre (101), una góndola (102) acoplada a la torre, y un sistema (121) de guiñada dispuesto entre la torre (101) y la góndola (102), y configurado para mover la góndola (102) con respecto a la torre (101), comprendiendo el método:
- 25 determinar una orientación relativa actual entre la góndola (102) y la dirección del viento, para obtener un parámetro (260) de alineación;
determinar un parámetro (280) de viento actual;
obtener un criterio (290) de carga a partir del parámetro (260) de alineación y el parámetro (280) de viento;
proporcionar un criterio (250) de carga máxima basado en un criterio (220) de desalineación máxima que es diferente para al menos dos parámetros (240) de viento diferentes;
- 30 determinar si el criterio (290) de carga cumple el criterio (250) de carga máxima;
controlar el sistema (121) de guiñada en función del resultado de la determinación; en donde el parámetro (240, 280) del viento comprende una velocidad del viento medida y/o una velocidad del viento estimada;
y
- 35 en donde el método comprende:

 proporcionar un primer criterio (251) de desalineación máxima para una primera velocidad (201) del viento;
 proporcionar un segundo criterio (252) de desalineación máxima para una segunda velocidad (202) del viento;
- 40 en donde la segunda velocidad (202) del viento es mayor que la primera velocidad (201) del viento, en donde el primer criterio (251) de desalineación máxima es diferente del segundo criterio (252) de desalineación máxima, y en donde el método se lleva a cabo a velocidades de viento extremas.

Figura 2

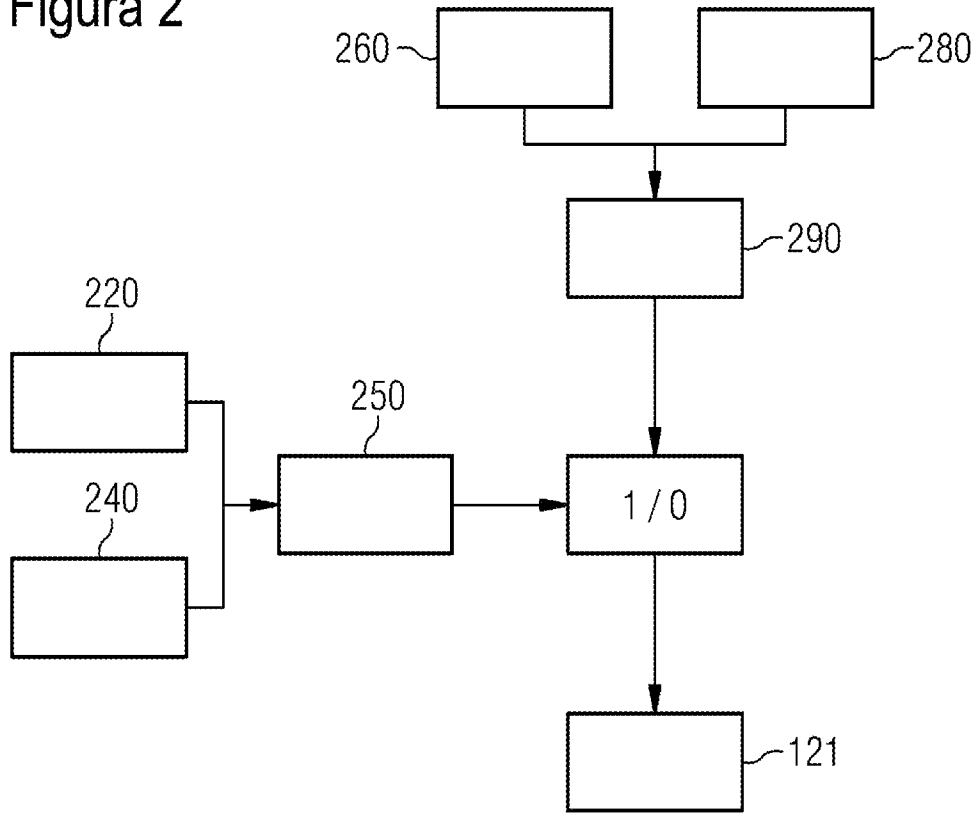


Figura 3

