

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 124**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 80/80** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2014** **E 14382040 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 2902623**

54 Título: **Procedimientos de funcionamiento de una turbina eólica y turbinas eólicas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.02.2021**

73 Titular/es:

**GE RENEWABLE TECHNOLOGIES WIND B.V.**  
**(100.0%)**  
**Bergschot 69, 2**  
**4817 PA Breda, NL**

72 Inventor/es:

**CUADRO URUNUELA, VICTOR**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 806 124 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

Procedimientos de funcionamiento de una turbina eólica y turbinas eólicas

5 **[0001]** La presente divulgación se refiere al campo de las turbinas eólicas que tienen su eje de rotación en una dirección del viento.

**[0002]** Específicamente se refiere a procedimientos de funcionamiento una turbina eólica para desenrollar cables y turbinas eólicas adaptadas para llevar a cabo dichos procedimientos.

10

TÉCNICA ANTERIOR

15 **[0003]** Las turbinas eólicas modernas se usan comúnmente para suministrar electricidad a la red eléctrica. Las turbinas eólicas en general comprenden una torre y un rotor dispuesto en la torre. El rotor, que comprende típicamente un buje y una pluralidad de palas, se pone en rotación bajo la influencia del viento en las palas. Dicha rotación genera un par de torsión que se transmite normalmente a través de un eje de rotor a un generador, bien directamente o a través del uso de una multiplicadora. De esta manera, el generador produce electricidad que se puede suministrar a la red eléctrica.

20 **[0004]** Por tanto, en general se puede proporcionar un generador en una góndola en la parte superior de la torre. Además, el sistema eléctrico de una turbina eólica normalmente también comprende un convertidor de potencia, que está conectado al generador, y un transformador. Aunque existen diferentes configuraciones, el generador normalmente está dispuesto en la góndola en la parte superior de la torre, mientras que el transformador típicamente se acomoda en o cerca de la base de la torre (de forma alternativa, disposiciones con al menos uno de estos componentes a una altura intermedia dentro del torre también se han empleado). En cualquier caso, independientemente de dicha disposición particular, se requiere la transmisión de potencia desde la parte superior de la torre (es decir, la góndola) hasta la base de la torre. Para ese propósito, los cables de alimentación pueden extenderse a lo largo de la torre. La torre puede servir además para soportar la góndola y puede proporcionar acceso a la góndola para el mantenimiento.

30

**[0005]** En muchas turbinas eólicas, se puede proporcionar un sistema de guiñada para alinear la góndola o no con la dirección del viento. En un sistema de accionamiento de guiñada, en general, se puede usar una pluralidad de motores (eléctricos o hidráulicos) con engranaje de reducción adecuado para conducir engranajes que engranan con un engranaje anular unido a la góndola o a la torre de la turbina eólica. Por tanto, la góndola se puede girar alrededor del eje longitudinal de la torre para alinear o no con la dirección del viento.

35

**[0006]** A medida que la góndola gira con respecto a la torre, los cables (cables de alimentación y/u otros cables), que pueden fijarse en ambos extremos (desde un componente de la góndola a otro componente en algún punto de la torre), se enrollan. Dependiendo del tipo de cables y de su fijación, los cables pueden soportar más o menos enrollado. En general, puede existir un límite de enrollado mecánico, más allá del cual los cables pueden dañarse o romperse. Antes de que se produzca dicho daño, los cables deben destorcerse. Una operación para desenrollar de una turbina eólica puede comprender detener la turbina eólica y hacer girar la góndola a una posición neutral (o posición de "giro cero") en la que los cables no están enrollados sustancialmente.

40

45 **[0007]** Un límite de enrollado mecánico más allá del cual los cables se dañan depende, entre otros, de la longitud de los cables. En algunas turbinas eólicas, se emplea un límite de giro máximo de 1200° (en cualquier dirección).

45

**[0008]** Se pueden requerir operaciones frecuentes de desenrollado de cable durante la operación. Estas operaciones de desenrollado, que comprenden detener la turbina eólica, pueden dar como resultado pérdidas de energía y pueden reducir la productividad de una turbina eólica. Una operación típica de desenrollado puede tomar hasta 15 minutos por rotación completa de 360 grados y aproximadamente una hora para desenrollar 1200 grados. Por tanto, es un objetivo general reducir el número de operaciones de desenrollado.

50

**[0009]** Una solución sería alargar los cables (de alimentación), es decir, con una longitud significativamente mayor que la altura de la torre, para incrementar el enrollado que los cables pueden soportar antes de que se produzcan daños. Sin embargo, en particular para cables de alimentación (cables gruesos de cobre); esta solución podría ser bastante cara. Además, es probable que dichos cables largos den como resultado pérdidas eléctricas incrementadas y dificultades de manejo.

55

60 **[0010]** El documento WO 2010/081758 divulga una disposición de anillo deslizante, el uso de disposiciones de anillo deslizante para cables que se extienden desde la góndola hasta la torre enrollándose es una solución bien conocida. Un anillo colector es un dispositivo electromagnético que permite la transmisión de energía de una estructura estacionaria a una giratoria. Un lateral se mantiene estacionario, en este caso conectado a los cables que van al almacenamiento de la batería, a un inversor y/o a un puente rectificador, mientras que el otro lateral puede girar libremente en el que están conectados los cables del generador de turbina eólica. A medida que el

65

generador de turbina eólica gira en la parte superior de su poste, nada de la rotación se transmite a través de los cables debajo del anillo colector.

5 [0011] Un problema con este tipo de disposición puede ser el uso de sistemas complicados para reducir el enrollado del cable. Por tanto, esta solución puede ser bastante costosa y difícil de implementar, especialmente si se utiliza con propósitos de transmisión de potencia y no solo para señales de baja potencia tales como las utilizadas para el control de turbinas eólicas y/o el suministro de sistemas auxiliares.

10 [0012] H. Kruckenberg, "Wind Turbine Untwisting Past Neutral", 13 de abril de 2012, XP 040572867 divulga que si las condiciones actuales del viento de modo que la mayoría de las veces la góndola tiene que girar en la misma dirección para estar a favor del viento, será beneficioso desenrollar el neutro pasado.

15 [0013] La presente divulgación busca proporcionar procedimientos mejorados de funcionamiento una turbina eólica y turbinas eólicas que reducen al menos parcialmente uno o más de los problemas mencionados anteriormente.

#### BREVE EXPLICACIÓN

20 [0014] Según un primer aspecto, se proporciona un procedimiento de funcionamiento de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1. La turbina eólica incluye una torre y una góndola situada en la parte superior de la torre, un sistema de guiñada para girar la góndola con respecto a la torre y uno o más cables que se extienden desde la góndola hasta la torre. El procedimiento incluye establecer un punto neutro en el que los cables no estén retorcidos y definir un punto de referencia. El procedimiento incluye además rotar la góndola para alinearse con la dirección del viento y cuando los cables alcanzan una condición de desenrollado en una primera o segunda dirección de rotación, deteniendo la turbina eólica y girando la góndola hacia el punto de referencia. El punto de referencia aquí es diferente del punto neutral.

30 [0015] Al girar la góndola de regreso al punto de referencia que es diferente del punto neutral, los cables se enrollan efectivamente hasta cierto punto cuando se reanuda la operación. Esto puede ser en particular útil para sitios en los que el viento tiene la tendencia de rotar en general en la misma dirección.

35 [0016] De acuerdo con la invención, una condición de desenrollado largo se define cuando la góndola que alcanza una rotación máxima en la primera dirección de rotación o en la segunda dirección de rotación. Cuando se alcanza dicha condición de desenrollado tan largo, independientemente de la situación instantánea, la operación puede interrumpirse y se puede realizar una operación de desenrollado. La rotación máxima se puede fijar para una turbina eólica respetando un determinado margen de seguridad con respecto al máximo enrollado posible que pueden soportar los cables.

40 [0017] De acuerdo con la invención, además de una condición de desenrollado largo, una condición de desenrollado corto se define como la góndola que alcanza un grado predeterminado de rotación para desenrollado corto en la primera dirección de rotación o la segunda dirección de rotación y una velocidad del viento por debajo de un umbral predefinido o una energía eléctrica generada por debajo de un umbral predefinido. La desconexión se realiza en ejemplos solo cuando la pérdida de productividad que la acompaña es aceptable. De otro modo, se pospone.

45 [0018] En algunos modos de realización, el procedimiento puede comprender además definir una dirección de rotación preferente como la dirección de rotación en la que el viento gira más a menudo, siendo la dirección de rotación preferente la primera o la segunda dirección de rotación y en el que en el punto de referencia los cables están enrollados en la otra de la primera y segunda direcciones de rotación. Dicha dirección de rotación preferente puede determinarse durante la operación de la turbina eólica, por ejemplo midiendo la dirección del viento y analizando la evolución de la dirección del viento durante un periodo de tiempo. En lugar de medir la dirección del viento directamente, se puede analizar la rotación de la góndola durante un periodo de tiempo. Como la góndola durante la operación normalmente está sustancialmente alineada con la dirección del viento, la evolución de la dirección del viento puede derivarse directamente de los movimientos de la góndola.

50 [0019] De forma alternativa, se puede determinar una dirección de rotación preferente anterior a la instalación de una turbina eólica. En este caso, se pueden usar simulaciones de viento en el sitio de instalación o datos adquiridos experimentalmente (por ejemplo, por medio de un mástil meteorológico) como base para determinar una dirección de rotación preferente anterior.

55 [0020] Basado en la dirección de rotación preferente, el punto de referencia (al que se gira una góndola en una operación desenrollada) se puede redefinir, en general en la dirección de rotación opuesta. En un ejemplo, si se descubre que una turbina eólica tiene tendencia a girar en el sentido horario, se puede definir un punto de referencia en el que los cables se enrollan, por ejemplo, 180° o 360° en sentido antihorario. Por tanto, la turbina eólica puede girar 180° o 360° más en el sentido horario antes de que se alcance nuevamente una condición de desenrollado

que si la góndola volviera a la posición neutral. Las operaciones de desenrollado pueden por tanto ser menos frecuentes.

5 **[0021]** En algunos modos de realización, un análisis para determinar una dirección de rotación preferente puede comprender contar varias veces que se alcanza un grado de rotación predeterminado en la primera dirección de rotación y contar una cantidad de veces que se alcanza la cantidad de rotación predeterminada en la segunda dirección de rotación. El grado de rotación predeterminado puede ser un valor predeterminado, por ejemplo, 540° o 720°. El grado de rotación también podría definirse como alcanzando una condición de desenrollado.

10 **[0022]** Si, por ejemplo, cabe señalar que se ha alcanzado una rotación de 720° en sentido horario 6 veces en un período de observación, mientras que nunca se ha alcanzado 720° en sentido antihorario en el mismo período de observación, el punto de referencia se puede mover más en la dirección en sentido antihorario. Supongamos que un punto de referencia ahora se define como 300° en sentido antihorario con respecto a la posición neutral. Puede resultar que durante el próximo período, 720° de rotación en el sentido horario (con respecto al punto neutral) se  
15 alcance 4 veces, mientras que 720° de la dirección en sentido antihorario se alcanza solo 2 veces. Esto puede indicar que el punto de referencia puede moverse más en el sentido antihorario. Dicho proceso puede continuar en algunos modos de realización hasta que el número de veces que se alcanza el grado de rotación predeterminado en la primera dirección de rotación y el número de veces que se alcanza el grado de rotación predeterminado en la segunda dirección de rotación es sustancialmente igual durante un período de observación.

20 **[0023]** De acuerdo con la invención, el procedimiento comprende además redefinir la condición de desenrollado corto dependiendo de las condiciones medidas a corto plazo, en el que redefinir la condición de desenrollado corto comprende que la góndola alcance un determinado grado de rotación para desenrollar corto en la primera o la segunda dirección de rotación y mantener el cierto grado de rotación para desenrollar corto durante un período de  
25 tiempo predeterminado y redefinir la condición de desenrollar corto alejando el grado de rotación predeterminado definido para desenrollar corto del grado de rotación predeterminado actual para desenrollar corto. Por ejemplo, si se mantiene un determinado grado de rotación durante 2 horas (es decir, la dirección del viento es sustancialmente constante), una condición de desenrollado corto como se explicó previamente puede alejarse más de la posición actual. En vista del hecho de que la dirección del viento ha sido sustancialmente la misma durante un tiempo, un sistema de control de turbina eólica puede predecir que la dirección del viento no cambiará abruptamente. Por tanto, incluso si se alcanza una condición de desenrollado corto previamente definida, no se llevará a cabo ninguna acción de desenrollado que conduzca a una interrupción innecesaria de la turbina eólica. Como ya se mencionó, este resultado se logra redefiniendo apropiadamente (es decir, reajustando) la condición de desenrollado corto. El razonamiento es que, en este tipo de situaciones, es poco probable que se llegue a una posición sin desenrollado  
30 largo.

**[0024]** En otro aspecto, la presente divulgación proporciona una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación  
10 que comprende una torre, una góndola montada en la parte superior de la torre, un sistema de guiñada para girar la góndola con respecto a la torre, uno o más cables que se extienden desde la góndola hasta la torre y un sistema de control adaptado para llevar a cabo cualquiera de los procedimientos reivindicados.

**[0025]** Los objetos adicionales, las ventajas y las características de los modos de realización de la invención serán evidentes para los expertos en la materia al examen de la descripción, o pueden aprenderse por medio de la práctica de la invención.

45 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0026]** Se describirán modos de realización particulares de la presente invención en los siguientes ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 La figura 1 ilustra esquemáticamente una rosa de los vientos para una localización particular;
- La figura 2 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de una rosa de los vientos para una localización diferente;
- 55 La figura 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de un procedimiento de funcionamiento una turbina eólica;
- La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo se pueden definir los puntos de condición de desenrollado en algunas implementaciones; y
- 60 La figura 5 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una evolución de la dirección del viento a lo largo del tiempo.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

65 **[0027]** La figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una rosa de los vientos para una localización particular en la que se puede situar una turbina eólica. Una rosa de los vientos es una herramienta gráfica que

ofrece una vista de cómo la velocidad y la dirección del viento se distribuyen típicamente en una localización particular.

5 **[0028]** La figura 2 ilustra esquemáticamente otro ejemplo de una rosa de los vientos. A partir de la figura 2, se puede derivar la dirección y distribución de la velocidad del viento y la energía eléctrica generada en una localización particular. El área gris representa el porcentaje de energía eléctrica generada por la turbina eólica en las direcciones del viento o la cantidad de energía en el viento para las diferentes direcciones del viento. La línea negra indica un porcentaje de tiempo en el que se puede encontrar una dirección del viento.

10 **[0029]** Las rosas de los vientos son herramientas que normalmente utilizan los fabricantes de turbinas eólicas y los desarrolladores de parques eólicos para seleccionar sitios adecuados y, por ejemplo, para predecir la producción de energía. Sin embargo, estas rosas de los vientos no contienen la información con respecto a cómo evoluciona la dirección del viento con el tiempo. No se puede derivar de este tipo de rosas de los vientos, ya sea que en un sitio determinado la dirección del viento tenga una tendencia a rotar en una dirección preferente o no.

15 **[0030]** La figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques que describe un ejemplo de un procedimiento de funcionamiento de una turbina eólica. En el bloque 301, se establece un punto neutro como el punto en el que los cables se desenrollan sustancialmente. En el bloque 302, se define un punto de referencia. El punto de referencia define la posición donde se moverá la góndola en caso de que el sistema realice una operación de desenrollado.

20 **[0031]** Durante la operación, una góndola puede rotarse en general en el sentido horario o en el sentido antihorario para alinear sustancialmente la góndola con el viento. La alineación de la góndola con la dirección del viento se puede realizar, por ejemplo, cada 5 minutos durante la operación. Se puede usar cualquier sistema de guiñada conocido y cualquier tipo conocido de control de guiñada.

25 **[0032]** En el bloque 304, se pueden definir una o más condiciones de desenrollado (es decir, una condición de giro que requiere desenrollar). Cuando la turbina eólica (es decir, la góndola o los cables) alcanza dicha condición de desenrollado, se puede iniciar una operación de desenrollado.

30 **[0033]** De acuerdo con la invención, se definen varias condiciones de desenrollado incluyendo una condición de desenrollado corto y una condición de desenrollado largo. Una condición de desenrollado largo se define como la góndola que alcanza una rotación máxima en la primera dirección de rotación o en la segunda dirección de rotación. Cuando se alcanza dicha posición de desenrollado tan largo, independientemente de la situación instantánea, se puede interrumpir la operación y se puede realizar una operación de desenrollado para evitar daños potenciales de los cables.

35 **[0034]** Adicionalmente, una condición de desenrollado corto puede definirse como la góndola que alcanza un grado predeterminado de rotación, ya sea en la primera dirección de rotación o la segunda dirección de rotación y una velocidad del viento por debajo de un umbral predefinido o una energía eléctrica generada por debajo de un umbral predefinido). De forma alternativa, dicha condición de desenrollado tan corto puede definirse como la góndola que alcanza un grado predeterminado de rotación en la primera dirección de rotación o en la segunda dirección de rotación y se genera una energía eléctrica por debajo de un umbral predefinido.

40 **[0035]** Cuando se alcanza un determinado grado de rotación, pero la turbina eólica está produciendo mucha electricidad, es decir, en el caso de vientos relativamente fuertes, no vale la pena interrumpir la operación de la turbina. La torcedura de los cables no es un problema inminente y, por tanto, puede ser beneficioso esperar hasta que caiga el viento (o, por ejemplo, hasta que se realice el mantenimiento). Por tanto, la operación de la turbina eólica se puede interrumpir y el desenrollado se puede realizar sin perder demasiada productividad.

45 **[0036]** Además, en el bloque 305, la turbina se detiene. Una vez que la turbina se ha detenido, la góndola se gira hacia el punto de referencia previamente definido en el bloque 302.

50 **[0037]** La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo se pueden definir los puntos de condición de desenrollado en algunas implementaciones. Se puede definir una posición de desenrollado corto en el sentido horario 402, y otra posición de desenrollado corto en el sentido contrario horario 405. Además, una condición/posición de desenrollado largo puede definirse en el sentido horario 403 y otra condición/posición de desenrollado largo puede definirse en la dirección 404 en el sentido antihorario.

55 **[0038]** En las posiciones de desenrollado corto indicadas, las condiciones de desenrollado corto correspondientes pueden definirse, por ejemplo, como una posición de rotación en o más allá de la posición de desenrollado corto y una velocidad del viento por debajo de un umbral predeterminado o una generación de energía instantánea por debajo de un umbral predeterminado.

60 **[0039]** En un ejemplo, se puede definir una posición de desenrollado corto para una rotación de 720 grados en sentido horario (con respecto a una posición neutral) y para una rotación de 720 grados en sentido antihorario (con

respecto a una posición neutral). Por tanto, las condiciones de desenrollado corto correspondientes se pueden definir como: al menos 720 grados de rotación con respecto a la posición neutral y una velocidad del viento por debajo de un umbral predeterminado o una generación de energía instantánea por debajo de un umbral predeterminado.

**[0040]** Las condiciones de desenrollado largo en este ejemplo pueden definirse como una rotación en sentido horario o antihorario de 1440 grados con respecto a la posición neutral. Cada vez que se alcanza una de estas posiciones de desenrollado largo, se debe detener la operación de la turbina eólica y se debe girar la góndola de nuevo a una posición de referencia. Como se analizó anteriormente, esta posición de referencia puede no coincidir con la posición neutral.

**[0041]** De acuerdo con la invención, la posición de referencia se fija en base a un análisis, por ejemplo, un análisis estadístico de los datos del viento capturados en un sitio eólico antes de la instalación de una turbina eólica. Los datos necesarios pueden estar disponibles en las mediciones realizadas regularmente antes de la instalación de una turbina eólica o parque eólico, pero la información puede ser difícil de extraer de los datos disponibles. Por ejemplo, las rosas de los vientos tales como las representadas en las figuras 1 y 2 no proporcionan la información necesaria, ya que no muestran una tendencia o evolución de la dirección del viento.

**[0042]** Una tendencia de la rotación de una dirección del viento a lo largo del tiempo puede representarse, por ejemplo, en la figura 5. La figura 5 ilustra un ejemplo de una evolución de la dirección del viento a lo largo del tiempo. Una posición de 0° Coincidiría con una posición de 360° y una posición de 720° (y así sucesivamente), pero la evolución indica en este caso que la posición se alcanza cada vez después de una rotación en la misma dirección. En el ejemplo ilustrado, se puede derivar claramente una dirección de rotación preferente. Si no hubiera una dirección de rotación preferente, uno esperaría una especie de oscilación alrededor de 0° en una representación tal como la de la figura 5.

**[0043]** Si la posición de referencia se fija antes o después de la instalación basada en la figura 5, una posición de referencia podría definirse como, por ejemplo, 360° o más en el sentido opuesto de rotación, es decir, en sentido antihorario en el caso representado en la figura 5.

**[0044]** En otras implementaciones determinadas, la posición de referencia puede redefinirse (continuamente) durante la operación de la turbina eólica. Durante la operación, se pueden recoger datos sobre la dirección del viento. Estos datos pueden provenir de una medición directa de la dirección del viento o pueden derivarse de la posición de la góndola. La posición de la góndola en cualquier momento dado puede determinarse usando un sistema mecánico que involucra, por ejemplo, levas y palancas o puede determinarse usando un sistema electrónico.

**[0045]** Un objetivo puede ser determinar una tendencia de la dirección del viento y, basado en la tendencia, ser capaz de predecir futuras direcciones de viento probables. En un ejemplo, tal como el de la figura 5, lo importante no es predecir una dirección exacta del viento a lo largo del tiempo, sino una rotación probable de la dirección del viento. En otro ejemplo, un sistema de control para una turbina eólica (por ejemplo, SCADA) puede determinar que la dirección del viento ha sido sustancialmente la misma durante un período de tiempo, por ejemplo, una hora o dos horas. En base a esta información, el sistema de control puede predecir que es poco probable que en un futuro cercano se produzca un fuerte cambio en la dirección del viento.

**[0046]** Un ejemplo de implementar dicha redefinición de una posición de referencia durante la operación de la turbina eólica puede ser incluir un sistema de conteo. Se podría determinar una pluralidad de puntos de medición fijos, por ejemplo, a 150°, 300°, 450°, 600° y 750° en sentido horario y antihorario. El sistema de control puede configurarse para contar cada vez que se alcanza uno de estos puntos de medición durante la operación. Si se descubre que, por ejemplo, se alcanza 600° más a menudo en sentido horario que en sentido antihorario, el punto de referencia puede redefinirse, moviéndolo en sentido antihorario. El punto de referencia se puede mover por medio de un incremento fijo predeterminado.

**[0047]** Si durante la operación todavía se descubre que los puntos de medición en el sentido horario se alcanzan con mayor frecuencia que los puntos de medición en la dirección antihoraria, entonces el punto de referencia puede moverse nuevamente en el mismo incremento. Dicho proceso puede continuar hasta que se descubra que los puntos de medición se alcanzan igualmente en una dirección como en la otra dirección.

**[0048]** En algunos otros ejemplos, la condición de desenrollado más reciente se puede usar para redefinir un punto de referencia. Estos ejemplos pueden implementarse de manera en particular fácil en las turbinas eólicas existentes y pueden mejorar la productividad de las turbinas eólicas, incluso si no hay datos eólicos históricos confiables disponibles.

**[0049]** En algunas implementaciones, la redefinición del punto de referencia se puede realizar basado en el hecho de que durante la operación, la condición de desenrollado corto puede alcanzarse en sentido horario o

antihorario. El punto de referencia se puede mover a la condición de desenrollado corto en la dirección opuesta a la última rotación (durante la operación).

5 **[0050]** Un ejemplo de implementación de dicha redefinición puede ser: Las posiciones de desenrollado corto se pueden definir con una rotación de  $720^\circ$  en ambas direcciones. Las condiciones de desenrollado largo se pueden definir con una rotación de  $1200^\circ$  en ambas direcciones. Cuando se alcanza una condición de desenrollado corto, por ejemplo, a  $720^\circ$  en el sentido horario, el punto de referencia puede redefinirse a, por ejemplo,  $360^\circ$  en el sentido antihorario (con respecto al punto neutro). También se podría usar otro incremento de  $360^\circ$ .

10 **[0051]** En algunas otras implementaciones, la redefinición del punto de referencia se puede realizar basado en el hecho de que durante la operación se alcanza la condición de desenrollado largo en sentido horario o antihorario. El punto de referencia puede a continuación moverse en una dirección opuesta a la última rotación (durante la operación). El incremento podría ser el mismo que antes o diferente.

15 **[0052]** Dicho proceso también podría implementarse en una base continua. Es decir, si un punto de referencia se establece primero en  $0^\circ$ , a continuación se redefine a  $360^\circ$  a la izquierda (en sentido antihorario), y se alcanza nuevamente una breve condición de desenrollado en la dirección horario, a continuación un punto de referencia podría moverse a  $720^\circ$  a la izquierda. También se pueden elegir incrementos más pequeños. Si en la nueva situación, se alcanza una condición de desenrollado en la dirección CCW, entonces el punto de referencia se  
20 puede mover en la dirección CW.

**[0053]** Aunque solo se han divulgado en el presente documento una serie de realizaciones particulares y ejemplos de la invención, se entenderá por los expertos en la materia que son posibles otros modos de realización alternativas y/o usos de la invención y modificaciones obvias y equivalentes de la misma. El alcance de la presente  
25 invención no debe ser limitado a los modos de realización particulares, sino que debe determinarse solo con una lectura imparcial de las reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de funcionamiento una turbina eólica, en el que dicha turbina eólica incluye una torre y una góndola situada en la parte superior de la torre, un sistema de guiñada para girar la góndola con respecto a la torre y uno o más cables que se extienden desde la góndola a la torre, el procedimiento que comprende las etapas de:
- 5 establecer un punto neutro de la góndola en el que los cables sustancialmente no están retorcidos;
- 10 definir un punto de referencia;
- girar la góndola para alinearse sustancialmente con la dirección del viento; y cuando los cables alcanzan una condición de desenrollado en una primera o una segunda dirección de rotación;
- 15 detener la turbina eólica;
- girar la góndola hacia el punto de referencia, en el que
- 20 el punto de referencia es diferente del punto neutral, y comprende además
- realizar un análisis de la rotación de la góndola y/o la dirección del viento y redefinir el punto de referencia basado en dicho análisis y
- 25 una condición de desenrollado largo se define como la góndola que alcanza una rotación máxima en la primera dirección de rotación o en la segunda dirección de rotación, y **caracterizado por que**
- una condición de desenrollado corto se define como la góndola que alcanza un grado predeterminado de rotación para desenrollar corto en la primera dirección de rotación o la segunda dirección de rotación y una velocidad del viento o una energía eléctrica que se genera por debajo de un umbral predeterminado,
- 30 y
- el procedimiento comprende además
- 35 redefinir la condición de desenrollado corto, en el que
- redefinir la condición de desenrollado corto comprende que la góndola alcance un determinado grado de rotación para desenrollar corto en la primera o la segunda dirección de rotación y mantenga el cierto grado de rotación para desenrollar corto durante un período de tiempo predeterminado y redefinir la condición de desenrollado corto moviéndose aleje el grado predeterminado de rotación definido para desenrollado corto del grado de rotación predeterminado actual para desenrollado corto.
- 40
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además definir una dirección de rotación preferente como la dirección de rotación en la que el viento gira más a menudo, siendo la dirección de rotación preferente la primera o la segunda dirección de rotación y en el que en el punto de referencia los cables están enrollados en la otra de la primera y segunda direcciones de rotación.
- 45
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que definir una dirección de rotación preferente comprende analizar la rotación de la góndola durante un período de tiempo predeterminado.
- 50
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que definir una dirección de rotación preferente comprende medir una dirección de viento durante un tiempo predeterminado y analizar una variación de la dirección de viento durante dicho período de tiempo predeterminado.
- 55
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que definir una dirección de rotación preferente comprende determinar la dirección de rotación en la que se alcanzó la condición de desenrollado más reciente.
- 60
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho análisis se realiza sustancialmente de forma continua.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho análisis comprende contar varias veces que se alcanza un grado predeterminado de rotación en la primera dirección de rotación y contar varias veces la cantidad predeterminada de rotación en la segunda dirección de rotación.
- 65
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además redefinir el punto de referencia hasta que el número de veces que se alcanza el grado de rotación predeterminado en la primera dirección



de rotación y el número de veces que se alcanza el grado de rotación predeterminado en la segunda dirección de rotación es sustancialmente igual.

- 5      **9.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la redefinición del punto de referencia comprende mover el punto de referencia una cantidad predeterminada en la primera dirección de rotación o en la segunda dirección de rotación.
- 10     **10.** Turbina eólica que comprende una torre, una góndola montada en la parte superior de la torre, un sistema de guiñada para girar la góndola con respecto a la torre, uno o más cables que se extienden desde la góndola a la torre y un sistema de control adaptado para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9.

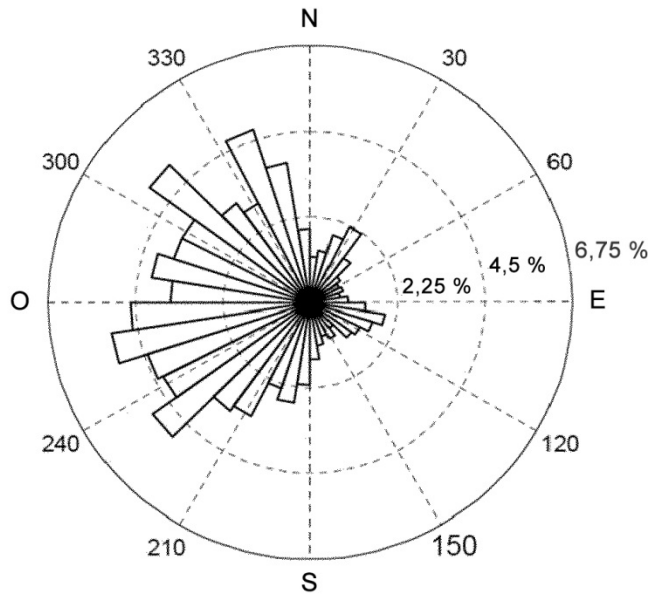


Fig. 1

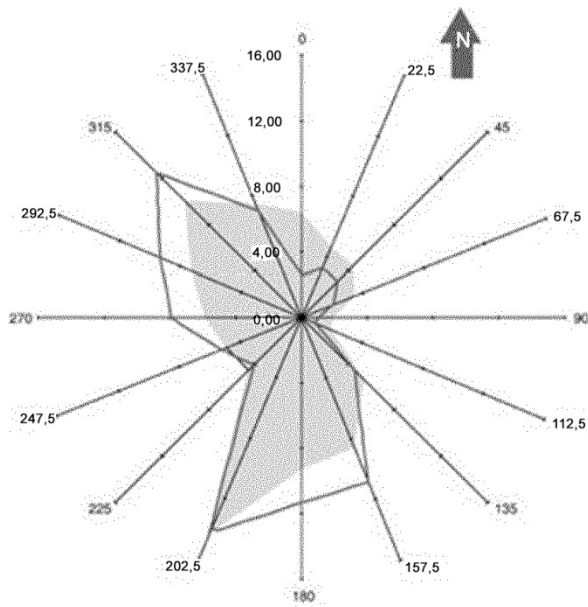


Fig. 2

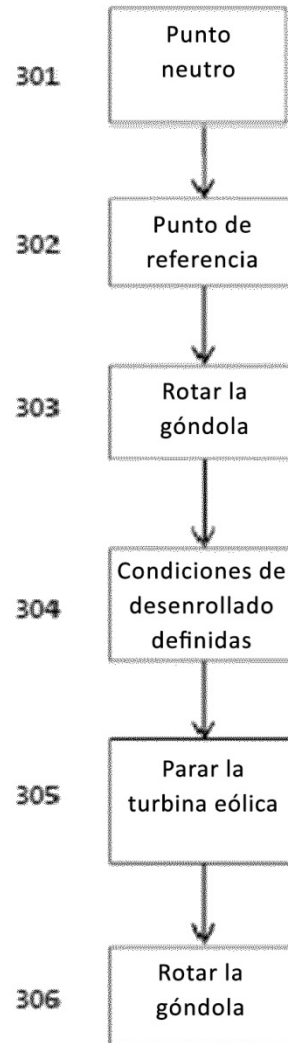


Fig. 3

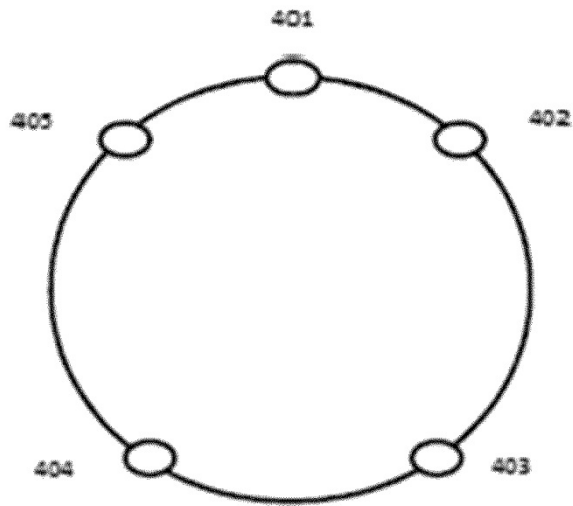


Fig. 4

**Evolución de la dirección del viento**

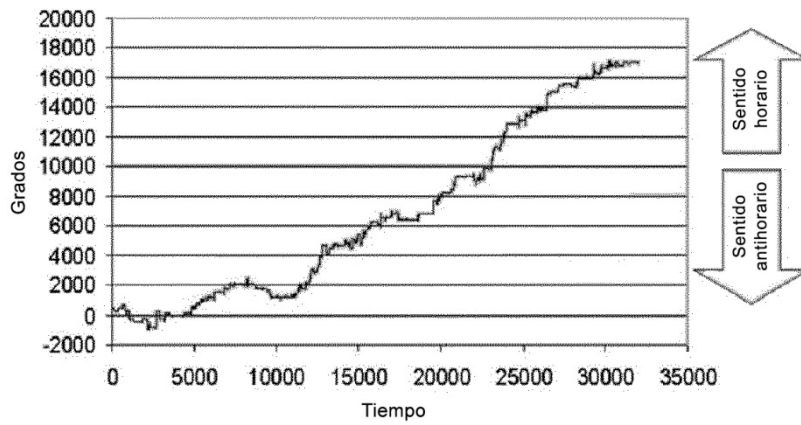


Fig. 5