



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 135**

51 Int. Cl.:
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08734526 .0**
96 Fecha de presentación : **30.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2150699**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.02.2010**

54 Título: **Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso.**

30 Prioridad: **30.04.2007 DK 2007 00653**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.03.2011

73 Titular/es: **VESTAS WIND SYSTEMS A/S**
Alsvej 21
8940 Randers - SV, DK

72 Inventor/es: **Andersen, Brian, W.**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 354 135 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

MÉTODO PARA HACER FUNCIONAR UNA TURBINA EÓLICA CON CONTROL DE PASO**5 Antecedentes de la invención**

La invención se refiere a un método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso. La invención se refiere también a una turbina eólica y a una agrupación de turbinas eólicas.

10 Descripción de la técnica relacionada

Las duras condiciones meteorológicas tales como altas velocidades del viento, tienen un gran impacto sobre las turbinas eólicas expuestas produciendo importantes cargas sobre sus componentes como la excesiva potencia aerodinámica del viento que actúa sobre el rotor de la turbina eólica.

Diversos métodos de la técnica anterior han consistido en aislar la turbina eólica de la red, por ejemplo, a una velocidad del viento tope predefinida o reducir la potencia y/o la velocidad de giro del rotor proporcional a un aumento en la velocidad del viento por encima de una velocidad del viento de "reducción" predefinida.

El documento WO 01/33075 da a conocer un método de manejo de velocidades del viento críticas simplemente deteniendo la turbina eólica cuando la velocidad del viento es superior a un determinado límite, normalmente de 25 m/s, y poniéndola en marcha de nuevo cuando la velocidad del viento está por debajo de un determinado límite, normalmente de 20 m/s.

El documento EP 0847496 da a conocer un método de control de turbina eólica que implica que la velocidad del rotor así como la potencia de una turbina eólica sin engranajes pueden reducirse de manera continua por encima de una velocidad del viento crítica con el fin de conseguir que la turbina eólica funcione en un intervalo de velocidad del viento ampliado.

Un problema relacionado con esta técnica es que los algoritmos de control deben ser extremadamente rápidos dentro del intervalo de velocidad del viento ampliado ya que pueden tanto aparecer muy bruscamente fluctuaciones en la energía del

viento a la alta velocidad del viento relevante como estar implicadas variaciones bruscas extremas en la velocidad de giro de la turbina eólica.

Las fluctuaciones en la energía eólica pueden ser menos
5 críticas cuando se aplica el método en turbinas eólicas sin engranajes mientras que la aplicación en relación a una turbina eólica que incluye un engranaje es sumamente problemática ya que una reducción continua de la velocidad del rotor de la turbina eólica con relación al aumento de la velocidad del viento puede
10 requerir que el control sea extremadamente rápido ya que las posibles fluctuaciones en la energía aumentan de forma crítica cuando se supera un determinado punto, por ejemplo, 25 m/s.

Un problema adicional relacionado con el documento EP 0847496 es que los algoritmos de control requieren que la
15 regulación ascendente-descendente sea rápida y continua, dando como resultado altas cargas sobre los componentes de la turbina eólica.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método ventajoso para hacer funcionar una turbina eólica durante
20 condiciones de fuerte viento sin las desventajas mencionadas anteriormente.

La invención

La presente invención se refiere a un método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la
25 reivindicación 1, en el que la potencia de la turbina eólica se reduce de manera no continua cuando se alcanza una velocidad del viento crítica. Mediante la expresión "velocidad del viento crítica" se quiere decir un valor de velocidad del viento predefinido. Este valor puede designar normalmente un valor de
30 velocidad del viento predefinido por encima del cual las fuerzas del viento que afectan al rotor y las cargas que afectan a los componentes de la turbina eólica tendrán el riesgo de dañar dichos componentes de la turbina eólica si la turbina eólica se mantiene en funcionamiento normal tal como a un nivel de
35 potencia nominal.

Mediante la invención, se garantiza que la turbina eólica, durante las situaciones de fuerte viento, se hace funcionar a

valores en los que los componentes de la turbina eólica experimentan cargas que están bastante dentro de sus límites de carga extremos. Por tanto, las fluctuaciones en el viento, tales como el cambio brusco en las velocidades del viento o una
5 dirección del viento cambiante de forma brusca no tienen un gran impacto sobre los componentes tales como las palas del rotor, el mecanismo de paso u orientación, la caja de engranajes, etc. como para forzarlos a superar sus límites de carga.

Una ventaja de una realización de la invención es que el
10 par de torsión del tren de transmisión de la turbina puede controlarse de manera eficaz de modo que se evite el juego entre engranajes y por tanto, se reduzca el requisito con respecto a las especificaciones de diseño. Además, se garantiza que la turbina eólica permanezca conectada a la red de distribución
15 incluso a velocidades del viento muy altas e incluso además se establece una producción de potencia continuada.

En un aspecto de la invención, dicha reducción no continua se realiza en intervalos seguros, comprendiendo dichos intervalos seguros intervalos de velocidad del viento en los que
20 se controla la potencia para que sea sustancialmente constante.

La expresión intervalo seguro designa simplemente un intervalo de velocidad del viento en el que se somete un parámetro de control a una estrategia de control predefinida relacionada con el intervalo especificado de velocidad del
25 viento. Esto puede implicar, por ejemplo, que se mantenga un parámetro de control a un nivel constante para obtener la reducción no continua de manera gradual. Alternativamente, tal estrategia de control puede implicar una parte de la reducción no continua global del parámetro de control relevante. Tal
30 parámetro de control puede ser, por ejemplo, potencia generada y velocidad de funcionamiento del rotor.

De este modo se garantiza que la turbina eólica, durante situaciones de fuerte viento, se hace funcionar a valores en los que los componentes de la turbina eólica experimentan cargas que
35 están bastante dentro de sus límites de carga extremos. Por tanto, las fluctuaciones en el viento, tales como el cambio brusco en las velocidades del viento o una dirección del viento

cambiante de forma brusca no tienen un gran impacto sobre los componentes tales como las palas del rotor, el mecanismo de paso u orientación, la caja de engranajes, etc. como para forzarlos a superar sus límites de carga.

5 Haciendo funcionar la turbina eólica en los intervalos seguros, se garantiza además que el control de la turbina eólica, si experimenta por ejemplo un fallo en la red de distribución en una situación de fuerte viento, todavía es factible ya que la turbina eólica no se hace funcionar cerca de
10 sus límites extremos.

En otro aspecto de la invención, dicha reducción no continua se realiza en intervalos seguros, comprendiendo dichos intervalos seguros intervalos de velocidad del viento en los que se controla la potencia para que sea sustancialmente constante
15 con respecto a una medida o representación promedio de potencia a lo largo de un periodo de tiempo predefinido.

Aún en otro aspecto de la invención, dicha reducción no continua se realiza en intervalos seguros, comprendiendo dichos intervalos seguros intervalos de velocidad del viento en los que se controla la potencia para que sea sustancialmente constante
20 con respecto a una medida o representación promedio de potencia a lo largo de un primer periodo de tiempo predefinido y en los que se controla dicha potencia para permitir una variación con respecto a una medida o representación promedio de potencia a lo
25 largo de un periodo de tiempo predefinido siguiente, en el que dicho periodo de tiempo predefinido siguiente es más corto que dicho primer periodo de tiempo.

En un aspecto de la invención, dicha reducción no continua se realiza en intervalos seguros, comprendiendo dichos intervalos seguros intervalos de velocidad del viento en los que la potencia varía dentro del intervalo. De este modo se garantiza que el nivel de potencia puede mantenerse bastante dentro de un nivel en el que las cargas resultantes sobre los componentes de la turbina eólica son aceptables y no alcanzan
30 niveles de fatiga.

En otro aspecto de la invención, dicha reducción no continua se realiza en intervalos seguros, comprendiendo dichos

intervalos seguros intervalos de velocidad del viento en los que la velocidad de funcionamiento del rotor varía dentro del intervalo. De este modo se garantiza que las variaciones en el viento que generan velocidades de rotor variables a lo largo del tiempo se aceptan desde el punto de vista operativo.

En un aspecto adicional de la invención, la velocidad de funcionamiento del rotor de dicha turbina eólica está adaptada para aumentar a lo largo de un corto periodo de tiempo en respuesta a una reducción de la potencia y un aumento de la velocidad del viento.

En otro aspecto de la invención, la potencia de la turbina eólica se reduce de manera no continua en uno o más escalones cuando se alcanza una velocidad del viento crítica. De este modo se garantiza que, por ejemplo, la dinámica del sistema de paso se minimiza ya que dicho sistema sólo regula para situaciones de carga y/o viento alternos sin la adición de una dinámica adicional. Esto protege a su vez la mecánica de paso de la turbina eólica. Como ejemplo, para una turbina eólica, un primer escalón de reducción de potencia puede ser una reducción, por ejemplo, de un 5% de la potencia generada nominal.

En otro aspecto de la invención, dichos escalones representan una primera representación promedio de la potencia medida.

En otro aspecto de la invención, dichos escalones representan puntos de referencia de potencia. De este modo se garantiza que dichos controladores de turbina eólica tienen parámetros de entrada bien definidos y establecidos y que la dureza o velocidad de regulación pueden controlarse mediante dichos controladores.

En un aspecto adicional de la invención, dichos intervalos seguros comprenden histéresis para una velocidad del viento decreciente. Un sistema con histéresis se interpreta como un sistema que muestra un comportamiento dependiente de la trayectoria. En ese caso, la salida del sistema puede predecirse en algún instante de tiempo, dada sólo la entrada al sistema en ese instante. Si un sistema tiene histéresis, entonces la salida del sistema no puede predecirse en ningún instante de tiempo,

dada sólo la entrada del sistema. Por tanto, no es posible predecir la salida sin considerar el historial de la entrada, es decir, considerar la trayectoria que la entrada siguió antes de alcanzar su valor actual. De este modo se garantiza que el control de la turbina eólica no alterna entre, por ejemplo, dos intervalos seguros de funcionamiento, cuando la velocidad del viento cambia por encima y por debajo de un punto de escalón entre dos intervalos. Como ejemplo, cuando se obtiene la reducción a un primer nivel en un primer intervalo seguro al alcanzar la velocidad del viento una velocidad del viento crítica de, por ejemplo, 25 m/s, la vuelta al nivel nominal no se realizará hasta que la velocidad del viento haya disminuido hasta, por ejemplo, 20 m/s. Mediante la invención se garantiza que la dureza o velocidad de regulación en dichos puntos de escalón puede reducirse en situaciones de viento extremo y que se reducen las cargas sobre los componentes de la turbina eólica.

En otro aspecto de la invención, dicha histéresis se establece con relación a parámetros del viento. De este modo se garantiza que los valores de histéresis pueden adaptarse para ajustarse a diferentes situaciones meteorológicas, por ejemplo, ampliarse para situaciones de viento que comprenden grandes fluctuaciones en el viento de tal manera que la turbina eólica experimente sólo un número mínimo de cambios de control entre intervalos seguros. Además, se garantiza que dicha histéresis puede controlarse con relación a otros parámetros tales como la dirección del viento, la velocidad del viento y parámetros estimados.

Aún en otro aspecto de la invención, los niveles de dichos intervalos seguros se definen con relación a la fluctuación en el viento. De este modo se garantiza que los parámetros de funcionamiento de la turbina eólica tales como la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor pueden controlarse con relación a las condiciones meteorológicas experimentales reales tales como la velocidad del viento, es decir, se establecen intervalos seguros en valores definidos mediante parámetros dependientes de la meteorología. Además, se

garantiza que pueden optimizarse (maximizarse) parámetros de la turbina eólica tales como la potencia generada para una condición meteorológica dada para proporcionar, por ejemplo, la mejor producción de potencia que puede obtenerse, teniendo en cuenta que se establecen intervalos seguros fundamentales. Como ejemplo, para una turbina eólica que funciona en condiciones que comprenden bajos niveles de fluctuaciones en el viento, el nivel de la potencia, por ejemplo, en el primer intervalo seguro puede ser una reducción, por ejemplo, de un 5% de la potencia generada nominal. Para una turbina eólica que funciona en condiciones que comprenden altos niveles de fluctuaciones en el viento, el nivel de la potencia en un primer intervalo seguro puede ser una reducción, por ejemplo, de un 20% de la potencia generada nominal.

En otro aspecto de la invención, dichos escalones se establecen en un número discreto de valores que dependen de la fluctuación en el viento. De este modo se garantiza que pueden optimizarse (maximizarse) parámetros de la turbina eólica tales como la potencia generada para una condición meteorológica dada para proporcionar, por ejemplo, la mejor producción de potencia que puede obtenerse, teniendo en cuenta que se establecen varios intervalos seguros fundamentales y que la turbina eólica se controla bastante dentro del margen de los límites de carga extremos de los componentes de la turbina eólica.

En otro aspecto de la invención, dicho número discreto está en el intervalo de 1 a 10, preferiblemente en el intervalo de 2 a 5, tal como 3.

En otro aspecto de la invención, el valor de dicha velocidad del viento crítica depende de la fluctuación en el viento. De este modo se garantiza que la turbina eólica se hace funcionar siempre a parámetros de funcionamiento seguros y que los componentes de la turbina eólica experimentan cargas debido a situaciones de fuerte viento que están en un margen bastante dentro de los límites de carga extremos de dichos componentes. Además, se garantiza que dicha velocidad del viento crítica depende de la situación de viento real.

En otro aspecto de la invención, el valor de dicha velocidad del viento crítica se define dependiendo de previsiones de viento. De este modo se garantiza que la turbina eólica puede prepararse para funcionar a valores de control que
5 pueden controlar las cargas sobre la turbina eólica de modo que ninguno o sustancialmente ningún cambio o fluctuación brusco en la condición meteorológica pueda forzar a la turbina eólica a funcionar cerca de sus límites extremos tales como los límites de carga.

10 En otro aspecto de la invención, el valor de dicha velocidad del viento crítica se establece como/basándose en un promedio de mediciones de velocidad del viento real. De este modo se garantiza que los parámetros del controlador de turbina eólica se mantienen uniformes a niveles definidos promediando
15 mediciones de velocidad del viento real y que dichos parámetros del controlador de turbina eólica no fluctúan con relación a las cargas que fuerzan al viento sobre los componentes de la turbina eólica para su fluctuación correspondiente.

En un aspecto de la invención, el método para hacer
20 funcionar una turbina eólica con control de paso es aplicable a una turbina eólica DFIG. De este modo se garantiza que las turbinas eólicas que comprenden un engranaje pueden sacar provecho de la invención y pueden hacerse funcionar en situaciones de fuerte viento sin un alto par de torsión extremo
25 sobre dicho engranaje.

En otro aspecto de la invención, la velocidad del viento se mide de manera central.

En un aspecto adicional de la invención, parámetros de control tales como dicho número discreto, dichos valores de
30 histéresis y/o dicha velocidad del viento crítica se determinan de manera central.

Figuras

La presente invención se describirá a continuación con referencia a las figuras, en las que:

35 la figura 1 ilustra una gran turbina eólica moderna observada desde la parte frontal,

la figura 2a ilustra esquemáticamente según la invención, la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor establecidas secuencialmente en niveles fijos en un número discreto de intervalos seguros para velocidades del viento superiores a una velocidad del viento crítica,

5

la figura 2b ilustra esquemáticamente según la invención, la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor establecidas secuencialmente en niveles variables en un número discreto de intervalos seguros para velocidades del viento superiores a una velocidad del viento crítica,

10

la figura 2c ilustra esquemáticamente según la invención, la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor establecidas secuencialmente en una combinación de niveles fijos y variables en un número discreto de intervalos seguros para velocidades del viento superiores a una velocidad del viento crítica,

15

la figura 3a ilustra esquemáticamente según la invención, la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor establecidas secuencialmente en un número discreto diferente de intervalos seguros para velocidades del viento superiores a una velocidad del viento crítica,

20

la figura 3b ilustra según la invención, niveles de intervalos seguros definidos con relación a la fluctuación en el viento,

25

la figura 3c ilustra según la invención, valores de velocidades del viento críticas dependientes de fluctuaciones del viento,

la figura 4a ilustra esquemáticamente según la invención, intervalos seguros que comprenden histéresis para una velocidad del viento decreciente superior a dicha velocidad del viento crítica, y

30

la figura 4b ilustra esquemáticamente según la invención, la histéresis establecida en intervalos seguros con relación a fluctuaciones del viento.

35

Descripción detallada

La figura 1 ilustra una turbina eólica moderna 1 con una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 situada sobre la parte superior de la torre.

El rotor de turbina eólica, que comprende al menos una pala tal como tres palas de turbina eólica 5 según se ilustra, está conectado al buje 4 a través de mecanismos de paso 6. Cada mecanismo de paso incluye un rodamiento de pala y medios de accionamiento de paso individual que permiten que la pala cambie el ángulo de paso. El proceso de cambio del ángulo de paso se controla mediante un controlador de turbina eólica que comprende un controlador de paso.

Tal como se indica en la figura, el viento por encima de un nivel determinado activará el rotor y permitirá que gire en un sentido sustancialmente perpendicular al viento. El movimiento de giro se convierte en potencia eléctrica que normalmente se suministra a la red de distribución como conocerán los expertos en el área.

La figura 2a ilustra el principio de una realización de la presente invención en la que se establecen intervalos seguros 7 para parámetros de la turbina eólica tales como la potencia generada (P) y/o la velocidad de funcionamiento del rotor (n).

Durante el funcionamiento normal, por ejemplo, durante situaciones meteorológicas normales en las que las velocidades del viento están por debajo de un nivel crítico para la turbina eólica, los parámetros de la producción tales como la velocidad de funcionamiento del rotor y la potencia generada se mantienen en cierto intervalo nominal 8 para suministrar la potencia suficiente y requerida a la red de distribución.

Para este nivel de funcionamiento, las cargas sobre los componentes de la turbina eólica tales como el mecanismo de paso y orientación de las palas del rotor, el árbol del rotor, engranaje, rodamientos, etc. están en niveles bastante dentro de los valores límite de sus extremos de carga y capacidad de carga.

A medida que aumenta la velocidad del viento, en cierto punto la velocidad ascenderá hasta una velocidad crítica $v_{\text{crítica}}$ en la que los componentes de la turbina eólica experimentarán

cargas excesivas debido a la energía aerodinámica en el viento. En situaciones del peor caso, las cargas excesivas pueden inducir daños a dichos componentes y, por tanto, deben evitarse.

Según la invención, a velocidades del viento en o por encima de dicha $v_{crítica}$, los parámetros de la turbina eólica se establecerán en intervalos seguros de funcionamiento en los que disminuyen dichas cargas sobre los componentes de la turbina eólica debido a la energía dinámica en el viento.

Para diversas realizaciones de la invención, se calcula la velocidad del viento como un promedio temporal de mediciones de viento real. El intervalo temporal para el promediado puede alterarse para adaptarse a diversas situaciones de viento y puede ser, como ejemplo para situaciones de viento normal, un promedio calculado de mediciones de viento en el intervalo de 30 a 700 segundos, tal como 100 segundos o 600 segundos.

Para realizaciones en las que el viento comprende una componente relativamente alta de fluctuaciones del viento y se aumenta la posibilidad de aproximarse a límites de carga críticos de los componentes de la turbina eólica, el intervalo temporal puede reducirse y puede ser, por ejemplo, de 30 segundos.

Para diversas realizaciones de la invención, dichos intervalos seguros son intervalos fijos tal como se indica en la figura 2a, es decir, intervalos discontinuos en los que valores de funcionamiento tales como la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor se mantienen en un nivel sustancialmente constante dentro del intervalo.

Para otras realizaciones de la invención, dichos intervalos seguros representan intervalos no fijos tal como se indica en la figura 2b, es decir, intervalos discontinuos en los que valores de funcionamiento tales como la potencia generada y la velocidad de funcionamiento del rotor pueden variar dentro del intervalo.

Para realizaciones incluso adicionales de la invención, dichos intervalos seguros son combinaciones de dichos intervalos fijos y no fijos, tal como se indica en la figura 2c.

Para una realización de la invención, los valores de funcionamiento son puntos de referencia para uno o más controladores de turbina eólica.

La figura 3a ilustra para una realización de la invención, un número discreto de intervalos seguros 7 establecidos para parámetros de la turbina eólica. La figura indica por comparación con la figura 2 que el valor de dicho número discreto puede variar y elegirse según diversos parámetros de control tales como la fluctuación en el viento, la dureza o velocidad de regulación, el nivel de margen de seguridad, la potencia requerida, etc.

Para diversas realizaciones de la invención, dicho número discreto está en el intervalo de 1 a 10, preferiblemente en el intervalo de 2 a 5, tal como 3.

Para una realización de la invención, se fija dicho número discreto.

La figura 3b ilustra para realizaciones de la invención que los valores en los que se establece el número discreto de intervalos seguros puede alterarse dependiendo de diversos parámetros, por ejemplo, la fluctuación en el viento, la dureza o velocidad de regulación, el nivel de margen de seguridad, la potencia requerida, la situación meteorológica, el impacto de carga sobre los componentes de la turbina, etc.

Como ejemplo, para una primera situación meteorológica, los intervalos seguros para la potencia generada P y la velocidad de funcionamiento del rotor n se establecen en los valores indicados por 7a y 7c. Para una segunda situación meteorológica, por ejemplo, en la que aumenta el contenido de energía eólica fluctuante, se establecen los intervalos seguros en diferentes valores indicados por 7b y 7d para minimizar la potencia generada de la turbina eólica y disminuir la velocidad de funcionamiento del rotor, en comparación con dicha primera situación meteorológica.

Para una realización de la invención, se fijan dichos valores en los que se establece el número discreto de intervalos seguros.

La figura 3c ilustra para una realización de la invención que los valores en los que se establece dicha velocidad del viento crítica $v_{crítica}$ así como cualquier otro escalón entre intervalos seguros puede alterarse dependiendo de diversos parámetros, por ejemplo, la fluctuación en el viento, la dureza o velocidad de regulación, el nivel de margen de seguridad, la potencia requerida, la situación meteorológica, el impacto de carga sobre los componentes de la turbina, etc.

Como ejemplo, para una primera situación meteorológica, la velocidad del viento crítica $v_{crítica-a}$ se establece en un valor indicado por 9a. Para una segunda situación meteorológica, por ejemplo, en la que aumenta el contenido de energía eólica fluctuante, se establece el valor de velocidad del viento crítica en la que los componentes de la turbina eólica experimentan cargas críticas excesivas debidas a la energía aerodinámica en el viento, la velocidad del viento crítica $v_{crítica-b}$ se establece en un valor diferente indicado por 9b. Puede aplicarse el mismo enfoque a cualquier otro escalón entre los intervalos seguros tal como se indica mediante 9c y 9d.

Para una realización de la invención, se fijan dichos valores de velocidades del viento que definen escalones entre intervalos seguros.

La figura 4a ilustra según realizaciones de la invención, un número discreto de intervalos seguros 7 establecidos para parámetros de la turbina eólica, para velocidades del viento superiores a una velocidad del viento crítica $v_{crítica}$. Como los parámetros de la turbina eólica se han establecido en un nivel seguro 7, se evita que la turbina eólica 1 se regule alternando entre, por ejemplo, dos intervalos seguros 7 para velocidades del viento que fluctúan alrededor de, por ejemplo, dicha velocidad del viento crítica, estableciendo una histéresis dependiente del intervalo seguro 10a, 10b en cada intervalo seguro 7. Para esta realización, se volverán a establecer los parámetros de la turbina eólica en niveles de funcionamiento previos sólo cuando la velocidad del viento real sea un valor de histéresis menor, es decir, v_{segura} .

Puede aplicarse el mismo enfoque a cualquier otro escalón e histéresis de los intervalos seguros tal como se indica mediante 10b y 10c.

5 La figura 4b ilustra para otras realizaciones de la invención que los valores de histéresis dependiente del intervalo pueden alterarse dependiendo de diversos parámetros, por ejemplo, la fluctuación en el viento, la dureza o velocidad de regulación, el nivel de margen de seguridad, la potencia requerida, la situación meteorológica, el impacto de carga sobre
10 los componentes de la turbina, etc.

Como ejemplo para una primera situación meteorológica en la que las fluctuaciones en el viento son fuertes, se desea un valor relativamente alto de histéresis, se volverán a establecer los parámetros de la turbina eólica en, por ejemplo, valores
15 nominales a una velocidad del viento de $v_{\text{segura-a}}$. Para otra situación meteorológica en la que las fluctuaciones en el viento son menores que en la primera situación meteorológica, el valor de histéresis puede minimizarse y pueden volver a establecerse parámetros de la turbina eólica a una velocidad del viento de
20 $v_{\text{segura-b}}$.

Lista

1. Turbina eólica
2. Torre
3. Góndola
- 5 4. Buje
5. Pala de rotor
6. Mecanismo de paso
- 7, 7a,b,c... Intervalos seguros
8. Intervalo de funcionamiento nominal
- 10 9, 9a,b,c... Velocidades del viento
- 10, 10a,b,c... Histéresis

REIVINDICACIONES

1. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso a una velocidad del viento superior a un valor de velocidad del viento crítico, que comprende la etapa de controlar la generación de potencia a partir de dicha turbina eólica con control de paso según una función no continua que relaciona la generación de potencia con la velocidad del viento, definiendo dicha función no continua uno o más intervalos seguros en los que dicha generación de potencia estará por debajo de un valor de potencia nominal de la turbina eólica, caracterizándose el método porque dicha generación de potencia en dichos uno o más intervalos seguros es mayor que cero.
5
2. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la reivindicación 1, en el que dichos intervalos seguros comprenden intervalos de velocidad del viento en los que se controla la generación de potencia para que sea sustancialmente constante.
10
3. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la reivindicación 1, en el que dichos intervalos seguros comprenden intervalos de velocidad del viento en los que se controla la generación de potencia para que sea sustancialmente constante con respecto a una medida o representación promedio de la generación de potencia a lo largo de un periodo de tiempo predefinido.
15
4. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la reivindicación 1, en el que dichos intervalos seguros comprenden intervalos de velocidad del viento en los que se controla la generación de potencia para que sea sustancialmente constante con respecto a una medida o representación promedio de la generación de potencia a lo largo de un primer periodo de tiempo predefinido y en el que se controla dicha generación de potencia para permitir una variación con respecto a una medida o representación promedio de generación de potencia a lo largo de un periodo de tiempo predefinido siguiente,
20
25
30
35

en el que dicho periodo de tiempo predefinido siguiente es más corto que dicho primer periodo de tiempo predefinido.

5. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos intervalos seguros comprenden intervalos de velocidad del viento en los que la generación de potencia varía dentro del intervalo.
5
6. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos intervalos seguros comprenden intervalos de velocidad del viento en los que la velocidad de funcionamiento del rotor varía dentro del intervalo.
10
7. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad de funcionamiento del rotor de dicha turbina eólica aumenta a lo largo de un corto periodo de tiempo en respuesta a una reducción de la generación de potencia y un aumento de la velocidad del viento.
15
8. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha función no continua en dichos intervalos seguros representa una primera representación promedio de la generación de potencia medida.
20
9. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha función no continua en dichos intervalos seguros representa puntos de referencia de potencia.
25
10. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos intervalos seguros comprenden histéresis para una disminución de la velocidad del viento.
30
11. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la reivindicación 10, en el que dicha histéresis se establece con relación a parámetros del viento.
35

12. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los niveles de dichos intervalos seguros se definen con relación a la fluctuación en el viento.
- 5
13. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un número discreto de intervalos seguros se establecen dependiendo de la fluctuación en el viento.
- 10
14. Método para hacer funcionar una turbina eólica con control de paso según la reivindicación 13, en el que dicho número discreto está en el intervalo de 1 a 10, preferiblemente en el intervalo de 2 a 5, tal como 3.
- 15

19

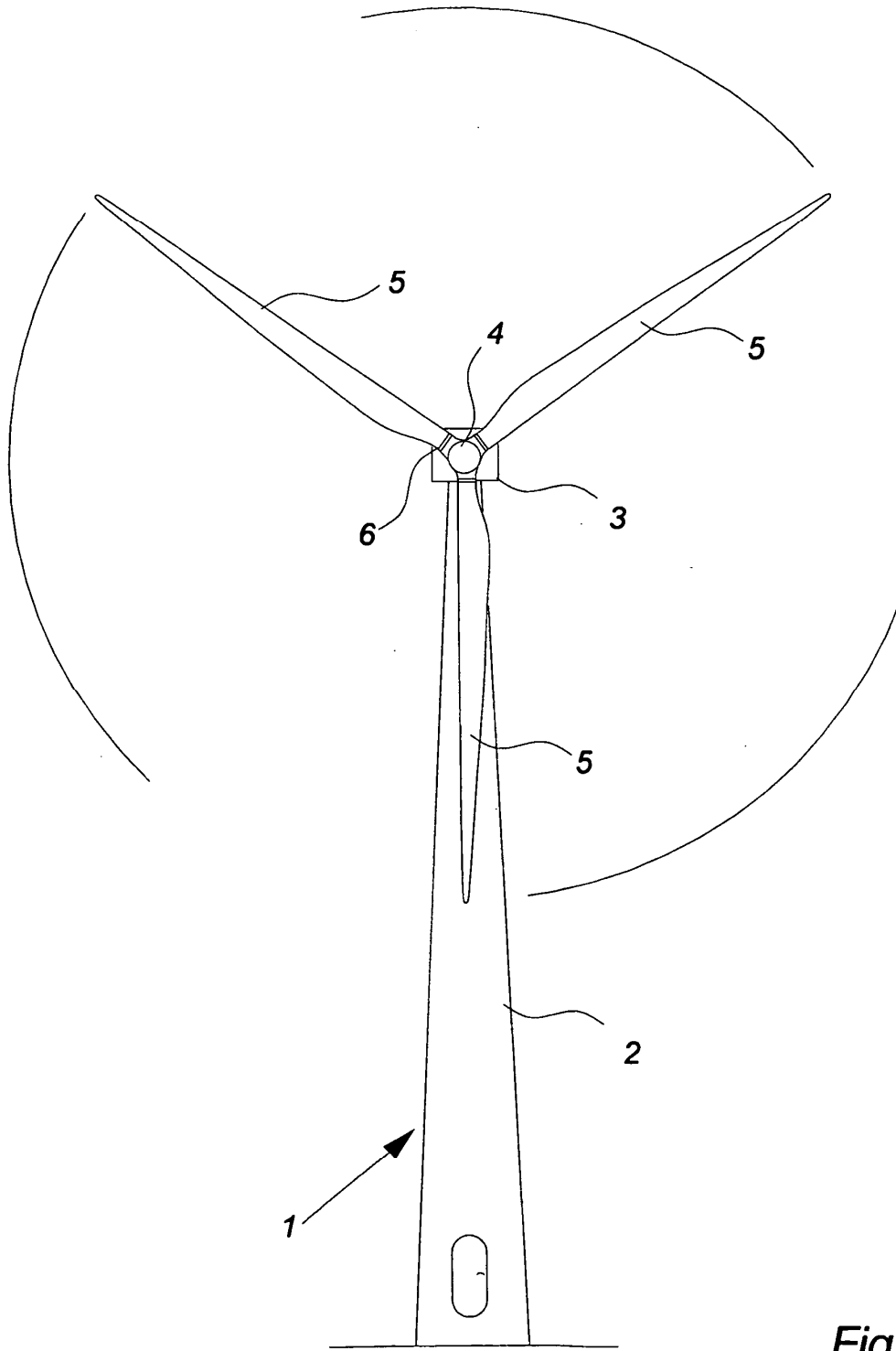
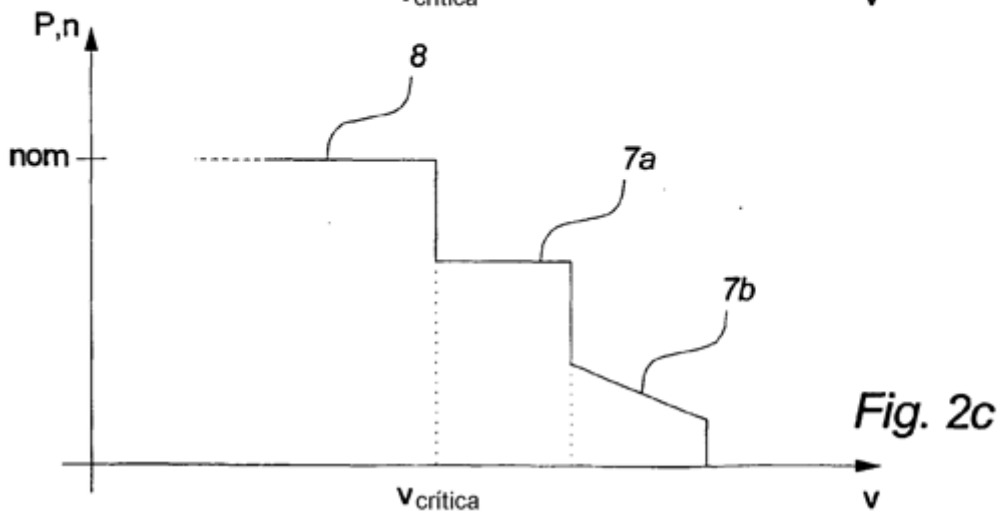
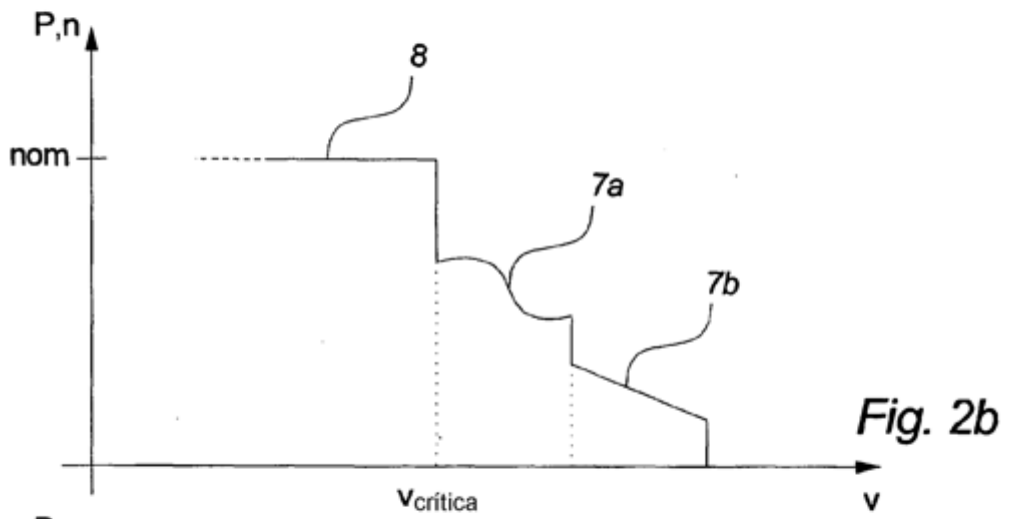
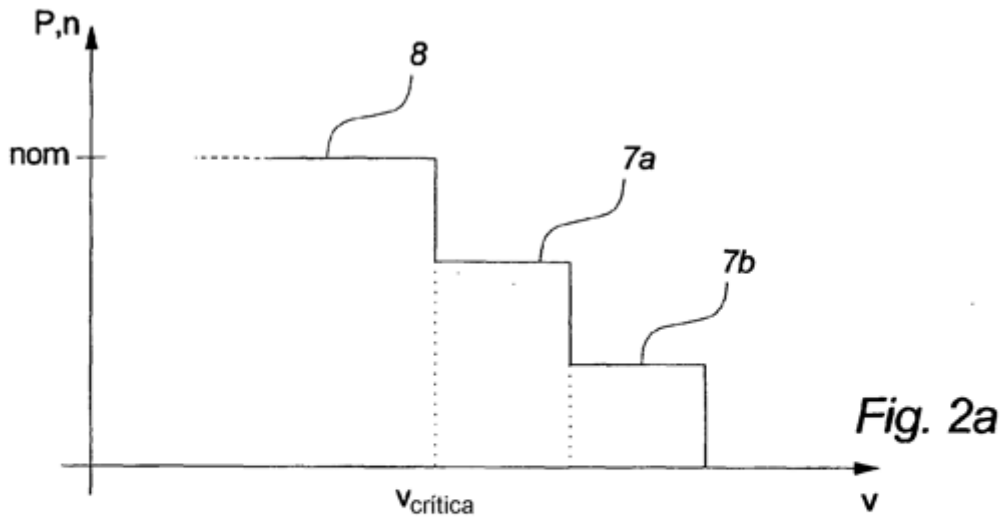
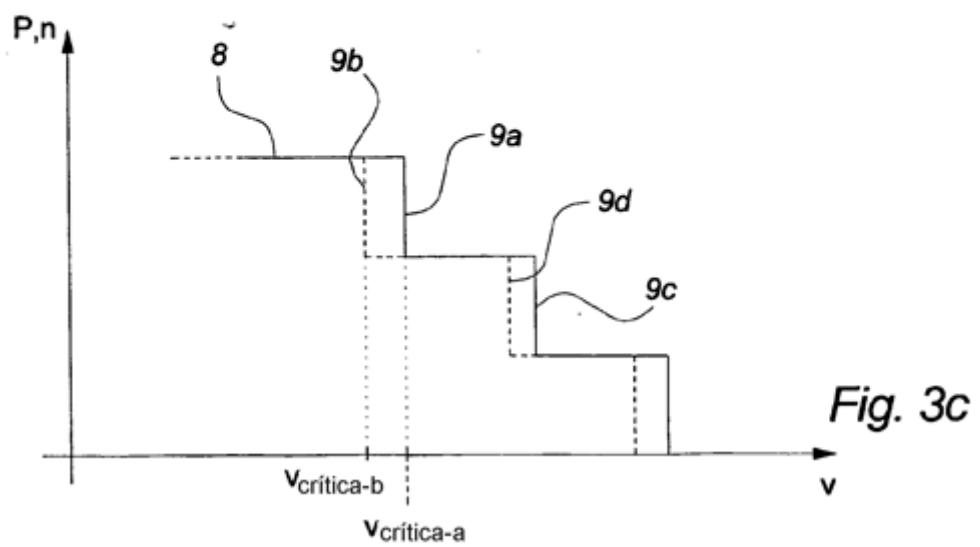
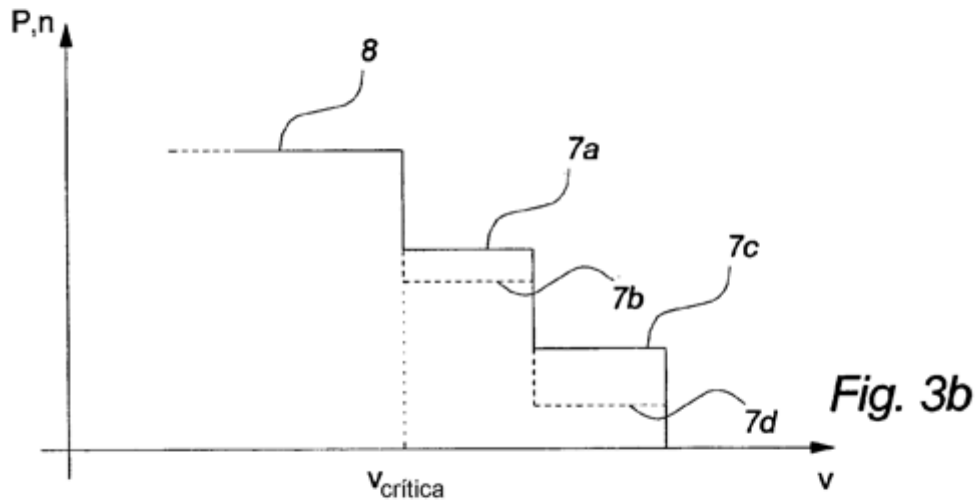
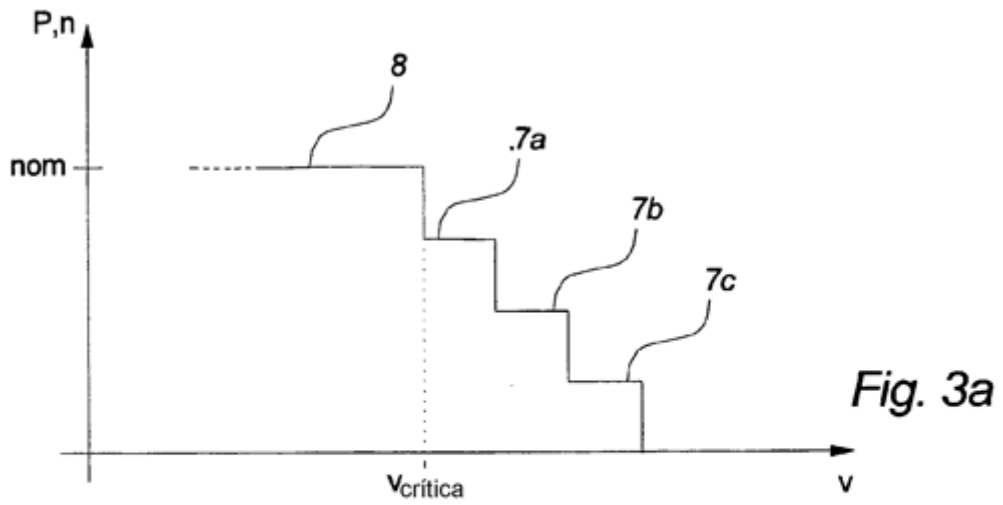


Fig. 1





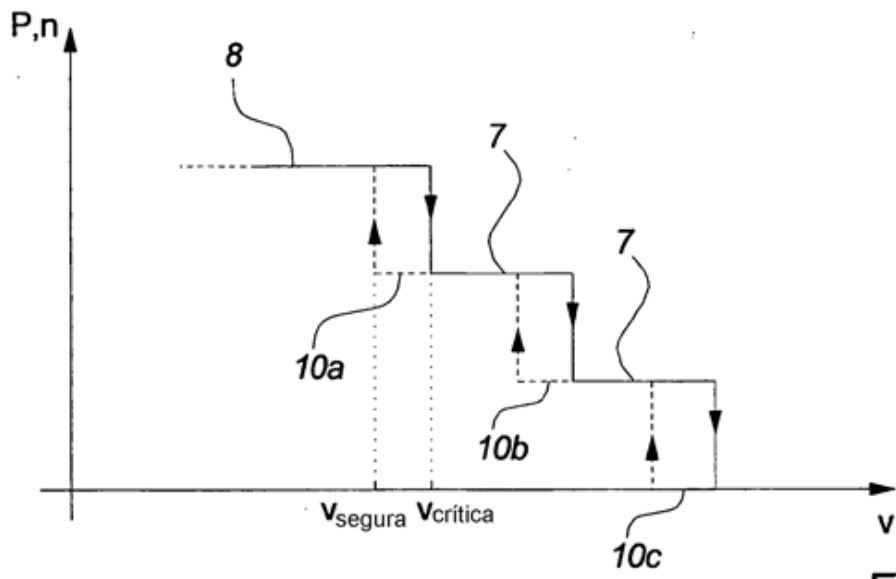


Fig. 4a

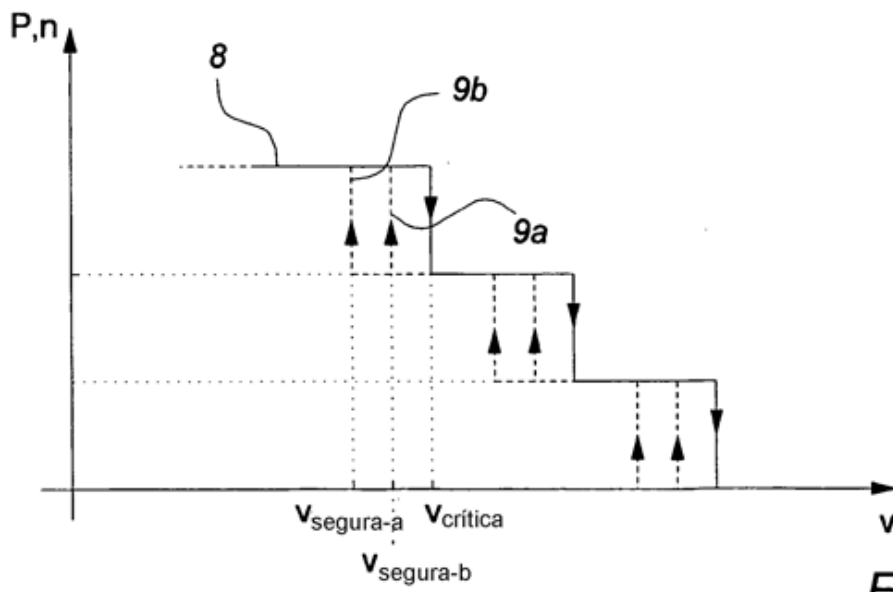


Fig. 4b