(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 871 094**

(51) Int. CI.:

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: **30.03.2017 PCT/DK2017/050096**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **05.10.2017 WO17167345**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2017 E 17715904 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021 EP 3436696**

(54) Título: **Método de control para una turbina eólica**

(30) Prioridad:

31.03.2016 DK 201670179

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2021

(73) Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

(72) Inventor/es:

NIELSEN, JOHNNY

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

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 de control para una turbina eólica

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para controlar una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un sensor de viento, un número de palas de rotor de paso ajustable, un sistema de guiñada y un sistema de control para orientar el rotor de la turbina eólica con relación al viento y para cambiar el paso de las palas del rotor con el objetivo de controlar la turbina eólica de manera óptima en condiciones de viento diferentes y cambiantes. La invención se refiere además a un sistema de control para realizar el método de control y a una turbina eólica que comprende tal sistema de control.

Antecedentes

La mayoría de las turbinas eólicas modernas se controlan y regulan continuamente con el fin de garantizar la máxima extracción de potencia del viento en las condiciones climáticas y de viento existentes, y al mismo tiempo garantizar que las cargas en los diferentes componentes de la turbina eólica se mantengan en todo momento dentro de límites aceptables.

Para optimizar la producción de potencia y reducir las cargas de la turbina, es importante conocer la velocidad del viento y la dirección relativa del viento de flujo libre. Muy a menudo, la velocidad del viento y la dirección del viento se miden mediante sensores de viento colocados en diferentes posiciones en la parte superior de la góndola y el rotor de la turbina eólica se orienta de manera óptima para enfrentar el viento y la turbina eólica se controla de acuerdo con la velocidad del viento. La velocidad y la dirección del viento se denominan aquí y a continuación en común parámetros de viento.

Si las mediciones de la dirección del viento son erróneas incluso por uno o unos pocos grados, la desalineación resultante del rotor de la turbina puede provocar cargas mayores y diferentes en las palas de la turbina eólica de lo previsto y, por tanto, un mayor desgaste y fatiga en las palas, las conexiones de la raíz de las palas, los cojinetes, etc. Además, una desalineación del rotor de la turbina provoca una reducción no despreciable de la producción de potencia a lo largo del tiempo.

De manera similar, si las mediciones de la velocidad del viento son erróneas incluso en un pequeño porcentaje, la turbina eólica puede operarse de manera no óptima provocando un aumento de las cargas y el desgaste o, por otro lado, una producción de potencia reducida.

Sin embargo, las mediciones de un sensor de viento pueden no ser siempre exactas por una razón porque el rotor perturba el viento de flujo libre antes de llegar al sensor de viento. En general, se ha visto que la influencia del rotor en las mediciones de los parámetros de viento es más pronunciada y significativa cuanto más grande es el rotor.

Una forma de compensar este problema es calibrando o corrigiendo continuamente las mediciones del sensor de viento mediante un conjunto básico de parámetros de corrección de viento (WCP, por sus siglas en inglés, Wind Correction Parameters). Estos parámetros se encuentran habitualmente en un prototipo de turbina al comparar las mediciones de los sensores de viento en la turbina con las mediciones de un mástil meteorológico cercano. Habiendo establecido un conjunto de parámetros de corrección de viento, estos parámetros pueden usarse entonces para corregir el parámetro del viento medido por un sensor de viento en todas las demás turbinas eólicas del mismo tipo.

Sin embargo, se ha descubierto que la influencia del rotor en las mediciones del sensor de viento y, por tanto, en la inexactitud de los parámetros de viento determinados, también puede depender en gran medida de la forma en que se opera el rotor, por ejemplo, de los ángulos de paso y de la velocidad de rotación del rotor. Esto también significa que la exactitud de los parámetros de viento detectados cambia indirectamente en función de la velocidad del viento. Este problema puede reducirse hasta cierto punto usando un conjunto de parámetros de corrección de viento que son función de la velocidad del viento. Sin embargo, tal corrección no captura completamente la influencia de la operación del rotor en las mediciones del viento, ya que el rotor de la turbina eólica puede operarse de manera diferente a la misma velocidad del viento.

Como un ejemplo, se ha visto que la velocidad del viento medida puede descender hasta 10 m/s cuando una turbina eólica alcanza su velocidad de viento de corte a, por ejemplo, 35 m/s cuando la turbina eólica está parada. Por lo tanto, la velocidad del viento medida puede descender con la parada de la turbina eólica de 35 m/s a 25 m/s, lo que puede provocar que el controlador de la turbina eólica vuelva a poner en marcha la turbina eólica inmediatamente con plena producción a la velocidad real del viento de 35 m/s superando las cargas de diseño de la turbina. El documento EP2679814 proporciona un ejemplo de la técnica anterior.

Objeto de la invención

Es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar un método de control para una turbina eólica que evite o reduzca algunos de los problemas mencionados anteriormente en los métodos conocidos de medición de la dirección y velocidad del viento.

Por lo tanto, también es un objeto de las realizaciones de la presente invención superar o al menos reducir algunas o todas las desventajas descritas anteriormente al proporcionar un método de control de turbina eólica de riesgo reducido de desalineación del rotor de la turbina eólica o de cabeceo no óptimo de las palas del rotor.

Otro objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar un método más preciso y robusto pero eficaz para calibrar o corregir las mediciones de un sensor de viento existente con sensibilidad reducida a la influencia del rotor y al modo operativo de la turbina eólica.

Otro objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar un método de calibración de parámetros de viento con una exactitud mejorada.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método de control para una turbina eólica que mantiene la producción de energía anual (AEP, por sus siglas en inglés, annual energy production) de la turbina eólica mientras reduce la carga de fatiga o el desgaste en la turbina debido a un control no óptimo de la turbina eólica.

Otro objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar un método para mejorar las mediciones de los parámetros de viento obtenidas por sensores convencionales de dirección y velocidad del viento y proporcionar un método para calibrar las mediciones de un sensor de viento que puede implementarse en equipos existentes.

Por lo que, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método para controlar una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un sensor de viento, un número de palas de rotor de paso ajustable, un sistema de guiñada y un sistema de control para orientar el rotor de la turbina eólica con relación al viento y para cambiar el paso de las palas del rotor, comprendiendo el método:

- medir un parámetro de viento mediante el sensor de viento, en donde el parámetro de viento es indicativo de la velocidad del viento y/o de la dirección del viento con relación a la turbina eólica;
- obtener un primer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el primer conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación normal;
- obtener un segundo conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el segundo conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la no producción;
- determinar un modo de producción de la turbina eólica, en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal y no producción;
- ajustar el parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción en el momento del ajuste;
- determinar un parámetro de control de la turbina eólica en función del parámetro de viento ajustado; y
- controlar la turbina eólica de acuerdo con el parámetro de control.

De este modo se obtiene un método de control simple pero eficaz que mejora la determinación de la velocidad y/o de la dirección del viento con relación a la turbina eólica y reduce el riesgo de desalineación del rotor con relación al viento o de cabeceo no óptimo de las palas del rotor, ya que el parámetro de control se basa en mediciones de la dirección del viento ajustadas o calibradas que tienen en cuenta el estado operativo de la turbina eólica y, por lo tanto, cómo influye el rotor en el sensor de viento.

Mediante el método propuesto, que usa al menos un primer y un segundo conjunto de parámetros de corrección de viento correspondientes a diferentes modos de producción, se captura con mayor exactitud cómo se ve a menudo que las mediciones del sensor de viento varían significativamente no solo a diferentes velocidades del viento, sino que también varían significativamente con diferentes configuraciones de rotor o modos de rotor como, por ejemplo, durante la operación normal o durante la no producción.

Además se obtiene un método de control simple y eficaz para reducir las cargas y el desgaste de los componentes de la turbina eólica, ya que el parámetro de control se determina basándose en las mediciones ajustadas del parámetro de viento por lo que se obtiene una mejor alineación del rotor con el viento tal como lo experimenta realmente el rotor y un control más preciso correspondiente a las condiciones reales del viento. Además, la turbina eólica está mejor protegida ya que una alineación más precisa del rotor con el viento libre y el cabeceo correspondiente a las condiciones reales del viento generalmente resulta en un mejor control de las cargas en las palas de la turbina eólica y un menor desgaste de los componentes. Como ventaja adicional y significativa, la mayor exactitud de la velocidad del viento de no producción es esencial para que el técnico de servicio determine si es seguro o no entrar a la turbina, especialmente al subir a la góndola.

Se ha descubierto que las mediciones de los parámetros de viento usadas para determinar los parámetros de control óptimos de la turbina eólica se pueden ajustar ventajosamente basándose en un número de conjuntos de parámetros de corrección de viento dependiendo del modo de producción o modo operativo de la turbina eólica. Cada conjunto de

parámetros de corrección de viento se ha predeterminado y corresponde a un modo de producción específico, tales como los modos de operación normal y de no producción. Posteriormente, el parámetro de viento medido se ajusta basándose en el conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción de la turbina eólica en el momento del ajuste. Al medir y ajustar un parámetro de viento se obtiene un método más preciso con una exactitud mejorada que captura mejor que la dirección y la velocidad del viento medidas deben ajustarse de manera diferente en diferentes condiciones de operación de la turbina eólica y con diferentes velocidades del viento, y especialmente dependiendo de si la turbina eólica está en producción normal o en no producción.

Se ha visto que el método de control propuesto en donde el parámetro de viento medido se ajusta dependiendo del modo de producción de la turbina eólica proporciona un método de control más robusto y estable donde el riesgo de conmutación involuntaria más o menos brusca entre diferentes esquemas de control se ha reducido significativamente o incluso eliminado. De esta forma, se ha visto que se evita el problema mencionado anteriormente de conmutar entre corte y arranque de nuevo a una velocidad del viento aproximadamente del viento de corte de la turbina eólica (a menudo en el intervalo de 25-35 m/s) debido al cambio significativo en las mediciones de la velocidad del viento cuando la operación del rotor cambia de operación normal a no producción. Este efecto se obtiene debido al ajuste del parámetro de viento medido teniendo en cuenta el modo de producción de la turbina eólica y, por tanto, cómo afecta el rotor al flujo del viento.

El parámetro de control puede ser preferentemente un parámetro de guiñada para la turbina eólica y el control de la turbina eólica comprende entonces orientar la turbina eólica de acuerdo con el parámetro de guiñada. De este modo, el parámetro de guiñada de la turbina se basa en datos más exactos de dirección y velocidad del viento que mejoran el control de la turbina eólica.

El parámetro de control puede comprender de forma alternativa o adicional otros parámetros de control que en cierta medida dependen de la dirección y de la velocidad del viento, tales como un parámetro de paso de una o más de las palas del rotor y/o una velocidad de rotación del rotor.

En una realización, el parámetro de viento es una velocidad del viento medida, por ejemplo, por un anemómetro.

Como alternativa o adicionalmente, el parámetro de viento es una dirección del viento medida por el sensor de viento.

Los conjuntos de parámetros de corrección de viento pueden estar predeterminados en la misma o en otra turbina eólica y pueden haberse determinado individualmente, por ejemplo, durante diferentes períodos de tiempo o en paralelo. Los parámetros de corrección de viento pueden haberse establecido mediante mediciones comparativas del parámetro de viento en una turbina eólica y en un mástil meteorológico cercano u otro tipo de mástil donde las mediciones no se ven afectadas por un rotor de turbina eólica.

Algunos o todos los conjuntos de parámetros de corrección de viento pueden comprender parámetros de corrección de viento para el ajuste de los parámetros de viento medidos, por ejemplo, dependiendo de la velocidad del viento y/o de otros parámetros como la temperatura, la humedad, la época del año, la altura, etc. Los parámetros de corrección de viento para cualquier conjunto dado se pueden dar en una tabla de consulta o como una expresión funcional de uno cualquiera o más de estos parámetros.

Los conjuntos de parámetros de corrección de viento pueden expresar, por ejemplo, cómo debería corregirse o ajustarse un parámetro de viento a una velocidad del viento dada para proporcionar el parámetro de viento con mayor exactitud.

El ajuste del parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento puede realizarse mediante una adición del parámetro de corrección de viento.

De manera alternativa, el ajuste del parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento puede realizarse mediante una multiplicación del parámetro de corrección de viento.

El método de control puede implementarse en turbinas eólicas nuevas o existentes como implementación de software puro sin necesidad de ningún hardware adicional en la turbina o puede implementarse como una combinación de software y hardware.

En una realización, los parámetros de corrección de viento en el primer conjunto de parámetros de corrección de viento son una función de una velocidad del viento. De este modo se obtiene que el parámetro de viento medido cuando la turbina eólica está en producción normal se ajusta en función de la velocidad del viento. Durante la producción normal, el ángulo de paso de las palas del rotor y/o la velocidad de rotación del rotor a menudo se cambian con el fin de maximizar la energía extraída del viento o con el fin de reducir las cargas que actúan sobre el rotor. De este modo, el rotor cambia el flujo del viento afectando así las mediciones de los parámetros de viento que, por lo tanto, se ajustan ventajosamente de manera correspondiente.

En una realización, los parámetros de corrección de viento en el primer conjunto de parámetros de corrección de viento

son una función de una potencia de la turbina eólica. De este modo se obtiene que el parámetro de viento medido durante la producción normal se ajusta dependiendo de la potencia de la turbina eólica reflejando y capturando que el rotor afecta habitualmente al campo eólico de manera diferente y, por lo tanto, a los sensores de viento de manera diferente a diferentes niveles de producción de potencia de la turbina eólica. El ajuste del parámetro de viento durante la producción normal se vuelve así más preciso.

En general, la potencia de la turbina eólica se puede determinar como la potencia de salida del generador o la potencia suministrada a la red o una combinación de las mismas.

En una realización, el modo de producción se determina basándose en una potencia de la turbina eólica.

En una realización, una potencia de la turbina eólica mayor que un umbral de potencia predefinido define el modo de producción de operación normal. El umbral de potencia puede estar en el intervalo de -50 kW-0 kW si la potencia es la potencia de la red. Si la potencia es la potencia de salida del generador, el umbral de potencia puede estar en el intervalo de 0-10 kW, de modo que una potencia mayor que el umbral de potencia indica que la turbina eólica está produciendo y que los parámetros de viento medidos deben ajustarse de acuerdo con al primer conjunto de parámetros de corrección de viento. Valores de potencia menores pueden indicar entonces que la turbina eólica está en el modo de producción de no producción y que los parámetros de viento deben entonces ajustarse de acuerdo con el segundo conjunto de parámetros de corrección de viento. De este modo, los parámetros de viento se ajustan con mayor exactitud simplemente considerando la potencia de la turbina eólica, que muy a menudo es un parámetro ya disponible o al menos fácilmente obtenible.

Como alternativa o adicionalmente, simplemente se determina que la turbina eólica se encuentra en el modo de producción de producción normal cuando el generador de turbina eólica está conectado a la red, se está encendiendo o está en producción.

En otra realización de la invención, el modo de producción se determina basándose en un ángulo de paso de una pala de rotor. Por ejemplo, se puede usar un ángulo de paso relativamente grande de una o más de las palas del rotor para indicar que la turbina eólica no está produciendo y que el modo de producción es la no producción. Habitualmente, los ángulos de paso en el intervalo de 14-25 grados o mayor indican que las palas del rotor están más o menos completamente inclinadas hacia fuera y la turbina eólica no está en producción por alguna razón. Esto podría deberse a las altas velocidades del viento, pero también podría ser durante el mantenimiento o similar.

En otra realización de la invención, el modo de producción se determina basándose en una velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica, por ejemplo, de manera que una velocidad de rotación por encima de un cierto umbral de velocidad de rotación define un modo de producción de producción normal.

El modo de producción de la turbina eólica se puede determinar considerando cada uno de los parámetros mencionados anteriormente de potencia, ángulo de paso y velocidad de rotación o considerando combinaciones de los mismos.

En otra realización, el método de control comprende además obtener un tercer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el tercer conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación a ralentí. El método comprende entonces determinar un modo de producción de la turbina eólica, en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal, no producción y operación a ralentí, y el parámetro de viento se ajusta entonces en función del conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción en el momento del ajuste.

Durante la operación a ralentí, el rotor habitualmente gira lentamente, sin embargo, sin que el generador esté acoplado a la red. La turbina eólica habitualmente puede estar a ralentí a bajas velocidades del viento y antes de iniciar la producción normal. Al considerar también este tercer modo de producción de operación a ralentí se obtiene un ajuste más exacto de los parámetros de viento medidos y, por lo tanto, un método de control más robusto y óptimo donde la turbina eólica se controla en todo momento de acuerdo con las condiciones reales del viento.

En otra realización más de la invención, el parámetro de viento se ajusta además en función de los parámetros de viento anteriores. De este modo, se pueden evitar cambios relativamente bruscos en el parámetro de viento y, por ello, se puede reducir o evitar por completo el riesgo de alternar entre valores. Como un ejemplo, una dirección relativa del viento puede ajustarse restando un parámetro de corrección de viento, y además restando el cambio en la dirección del viento desde el último ajuste hasta el actual y multiplicado por un factor de ganancia.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de control para una turbina eólica configurado para realizar las etapas de:

- recibir un parámetro de viento medido por un sensor de viento, en donde el parámetro de viento es indicativo de la dirección del viento con relación a la turbina eólica y/o de la velocidad del viento;
- recibir un primer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el primer

conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación normal;
- recibir un segundo conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el segundo conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la no producción;
- determinar un modo de producción de la turbina eólica, en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal y no producción;
- ajustar el parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción en el momento del ajuste;
- determinar un parámetro de control de la turbina eólica en función del parámetro de viento ajustado; y
- controlar la turbina eólica de acuerdo con el parámetro de control.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende un sensor de viento, un número de palas de rotor de paso ajustable, un sistema de guiñada y un sistema de control de acuerdo con lo anterior para orientar el rotor de la turbina eólica con relación al viento y/o para cambiar el paso de las palas del rotor.

Las ventajas del sistema de control y de la turbina eólica que comprende tal sistema de control son las descritas en relación con el método de control en lo anterior.

Breve descripción de los dibujos

En las siguientes realizaciones diferentes de la invención se describirán con referencia a los dibujos, en donde:

la figura 1 muestra un ejemplo de una curva de potencia convencional durante la operación a carga parcial y a plena carga, y por encima de las velocidades del viento de corte,

las figuras 2-3 son diagramas de flujo que ilustran realizaciones de la invención,

la figura 4 ilustra el ajuste del parámetro de viento medido de acuerdo con una realización de la invención, y

la figura 5 muestra un conjunto de parámetros de corrección de viento para la velocidad del viento y para el modo de producción de operación normal, y

la figura 6 muestra un conjunto de parámetros de corrección de viento para la dirección del viento y para el modo de producción de operación normal.

Descripción detallada de los dibujos

La figura 1 muestra un ejemplo de una curva de potencia convencional o normal con la potencia P, 101 mostrada en función de la velocidad del viento V, 102. A las velocidades del viento menores por debajo de la velocidad nominal del viento V_{nom}, 103 y la potencia nominal P_{nom}, 104 (en este ejemplo, una velocidad nominal del viento de 15 m/s y una potencia nominal de 3000 kW) la turbina eólica está en operación a carga parcial donde la turbina eólica se controla con el fin de aumentar la producción de potencia. Como puede verse en la figura 1, durante la operación a carga parcial, la potencia aumenta con el aumento de la velocidad del viento hasta que se alcanza la potencia nominal de la turbina eólica. Durante la operación a plena carga a velocidades del viento por encima de la velocidad nominal del viento y/o cuando la potencia ha alcanzado la potencia nominal, la turbina se controla ajustando los ángulos de paso de las palas con el fin de mantener la potencia nominal mientras se reducen o controlan las cargas en la turbina.

En general, la turbina eólica se controla por tanto de acuerdo con la operación a carga parcial hasta que se alcanza una cierta potencia de referencia y el control se conmuta a operación a plena carga. Muy a menudo, la potencia de referencia es la misma que la potencia nominal para la turbina eólica, pero en algunas condiciones y en algunas situaciones como, por ejemplo, durante condiciones meteorológicas inestables, se puede reducir en un factor para aumentar la seguridad de la turbina eólica. Igualmente, la potencia de referencia puede, en algunas condiciones, incrementarse en un factor, por ejemplo, durante condiciones meteorológicas favorables.

A velocidades del viento demasiado altas, las cargas en la turbina eólica pueden volverse demasiado grandes y se reduce significativamente la potencia de la turbina eólica o se detiene por completo. En la realización ilustrada en la figura 1, la turbina eólica se detiene a la velocidad del viento de corte Vcort, 105 de 25 m/s. A velocidades del viento mayores, la turbina eólica se encuentra aquí en un modo de producción de no producción. La reducción de potencia y/o parada de la turbina eólica se obtiene habitualmente inclinando las palas del rotor hacia fuera. Cuando la turbina eólica se detiene, la forma en que el rotor afecta el flujo del viento a través de la góndola cambia significativamente. Se ha visto que esto conduce a caídas significativas en la velocidad del viento medida en algunas situaciones del orden de 10 m/s. Cuando la turbina eólica se apaga, el sensor de viento puede medir repentinamente una velocidad del viento incorrecta 10 m/s menor que la velocidad del viento de corte medida anteriormente (aquí de 25 m/s), lo que nuevamente puede hacer que el controlador vuelva a encender la turbina eólica. Esta conmutación desventajosa e involuntaria en el control de la turbina eólica se evita teniendo en cuenta el modo de producción de la turbina eólica y, por lo tanto, la operación del rotor al determinar la dirección del viento y la velocidad del viento usadas para determinar los parámetros de control.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que ilustra las etapas del método realizadas en un sistema de control, 200, de una turbina eólica de acuerdo con la invención. El método de control comprende medir un parámetro de viento por medio de un sensor de viento, 201. El parámetro de viento puede ser la dirección del viento con relación a la turbina eólica o la velocidad del viento. En la etapa 202 se determina el modo de producción de la turbina eólica. En este ejemplo, el modo de producción puede ser el de operación normal, 203, donde la turbina eólica está en producción. De manera alternativa, la turbina eólica puede estar en un modo de no producción, 204. El modo de producción puede determinarse, por ejemplo, basándose en la potencia (potencia del generador o potencia de la red), el ángulo de paso de las palas del rotor (durante la no producción, las palas pueden inclinarse hacia fuera y el ángulo de paso por encima de cierto nivel), o la velocidad de rotación del rotor. Entonces se obtiene un conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción determinado real, 205, y el parámetro de viento medido se ajusta en consecuencia por medio del conjunto de parámetros de corrección de viento, 206 para proporcionar una medida más correcta para la condición real del viento, 207. El parámetro de viento ajustado puede usarse entonces en el control de la turbina eólica.

En la realización ilustrada en la figura 3, el parámetro de viento medido se ajusta de la misma manera mediante un conjunto de parámetros de corrección de viento de acuerdo con el modo de producción real de la turbina de viento 202 en el momento del ajuste. Solo aquí el ajuste se realiza ajustando primero el parámetro de viento de acuerdo con el primer conjunto de parámetros de corrección de viento 301. Después, si se determina que la turbina eólica está en un modo de producción diferente del modo de operación normal, 302, el parámetro de viento se ajusta adicionalmente mediante el conjunto correspondiente de parámetros de corrección de viento, 303. De lo contrario, si la turbina eólica está en producción, 203, no se necesita ningún ajuste adicional del parámetro de viento, 304.

En las dos realizaciones de las figuras 2 y 3, el parámetro de viento medido se ajusta basándose en un conjunto de parámetros de corrección de viento correspondientes al modo de producción real de la turbina eólica. Además, el ajuste puede realizarse basándose en otros modos de producción tales como, por ejemplo, un modo de producción de operación a ralentí. En este caso, el parámetro de viento medido durante la operación a ralentí de la turbina eólica se ajusta entonces basándose en un tercer conjunto de parámetros de corrección de viento.

La figura 4 ilustra el ajuste del parámetro de viento medido o los datos sin procesar del sensor de viento 400 con más detalle. Aquí se aplica una tabla de consulta predefinida o un conjunto de parámetros de corrección de viento 401, 402 para cada uno de los modos de producción de operación normal (o producción normal) o de no producción, respectivamente. Los parámetros de corrección de viento de ambos conjuntos de parámetros de corrección se proporcionan aquí en función de la velocidad del viento, de modo que basándose en la determinación sin procesar de la velocidad del viento 400, el parámetro de viento (velocidad y/o dirección del viento) se ajusta mediante la adición de un parámetro de corrección de viento correspondiente a esa velocidad del viento, 404. En la etapa 404, el modo de producción real de la turbina eólica determina qué conjunto de parámetros de corrección de viento y qué ajuste del parámetro de viento usar para proporcionar el parámetro de viento ajustado.

La figura 5 y la figura 6 muestran cada una un conjunto de parámetros de corrección de viento 205 para el modo de producción de operación normal. En la figura 5 se muestra el parámetro de corrección de viento para el parámetro de viento de la velocidad del viento, 500, y en la figura 6 se muestra el parámetro de corrección de viento para el parámetro de viento de la dirección del viento, 600. En ambos casos se expresa el parámetro de corrección de viento en función de la velocidad del viento V, 102. Como un ejemplo, durante un modo de operación normal de la turbina eólica y para una velocidad del viento V medida, 102 de 10 m/s (como lo indica la línea discontinua en la figura), la velocidad del viento medida debe ajustarse en aproximadamente -0,75 m/s para proporcionar una velocidad del viento más precisa que tenga en cuenta cómo afecta la operación del rotor al flujo del viento. De manera similar, como se ve en la figura 6, la dirección del viento medida a una velocidad del viento de 10 m/s debe ajustarse en aproximadamente 8 grados como lo indican las líneas discontinuas en la figura.

Aunque se han descrito realizaciones preferentes de la invención, debe entenderse que la invención no está tan limitada y que pueden realizarse modificaciones sin apartarse de la invención. El alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un sensor de viento, un número de palas de rotor de paso ajustable, un sistema de guiñada y un sistema de control para orientar el rotor de la turbina eólica con relación al viento y para cambiar el paso de las palas del rotor, comprendiendo el método:

- medir un parámetro de viento mediante el sensor de viento, en donde el parámetro de viento es indicativo de la velocidad del viento y/o de la dirección del viento con relación a la turbina eólica;
- obtener un primer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el primer conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación normal;
- obtener un segundo conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el segundo conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la no producción;
- determinar un modo de producción de la turbina eólica, en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal y no producción;
- ajustar el parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción en el momento del ajuste;
- determinar un parámetro de control de la turbina eólica en función del parámetro de viento ajustado; y
- controlar la turbina eólica de acuerdo con el parámetro de control.

2. Un método de control de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el parámetro de viento es una velocidad del viento medida por un anemómetro.

3. Un método de control de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el parámetro de viento es una dirección del viento medida por el sensor de viento.

4. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los parámetros de corrección de viento en el primer conjunto de parámetros de corrección de viento son una función de una velocidad del viento.

5. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los parámetros de corrección de viento en el primer conjunto de parámetros de corrección de viento son una función de una potencia de la turbina eólica.

6. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el modo de producción se determina basándose en una potencia de la turbina eólica.

7. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5- 6, en donde la potencia de la turbina eólica se determina a partir de la potencia de salida del generador o de la potencia suministrada a la red.

8. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde se determina que la turbina eólica se encuentra en el modo de producción de operación normal cuando el generador de turbina eólica está conectado, encendiéndose o en producción.

9. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el modo de producción se determina basándose en un ángulo de paso de una pala del rotor.

10. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el modo de producción se determina basándose en una velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica.

11. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además obtener un tercer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el tercer conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación a ralentí, en donde los parámetros de corrección de viento son independientes de la potencia de la turbina eólica; y en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal, no producción y operación a ralentí.

12. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el parámetro de viento se ajusta además en función de los parámetros de viento anteriores.

13. Un método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el parámetro de

control comprende un parámetro de paso de una o más de las palas del rotor y/o un parámetro de guiñada, y en donde el control de la turbina eólica comprende inclinar las palas y/u orientar el rotor de la turbina eólica.

14. Un sistema de control para una turbina eólica configurado para realizar las etapas de:

- recibir un parámetro de viento medido por un sensor de viento, en donde el parámetro de viento es indicativo de la dirección del viento con relación a la turbina eólica y/o de la velocidad del viento;

- recibir un primer conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el primer conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la operación normal;

- recibir un segundo conjunto predeterminado de parámetros de corrección de viento, comprendiendo el segundo conjunto parámetros de corrección de viento para el ajuste del parámetro de viento durante la no producción;

- determinar un modo de producción de la turbina eólica, en donde el modo de producción comprende uno de al menos operación normal y no producción;

- ajustar el parámetro de viento en función del conjunto de parámetros de corrección de viento correspondiente al modo de producción en el momento del ajuste;

- determinar un parámetro de control de la turbina eólica en función del parámetro de viento ajustado; y

- controlar la turbina eólica de acuerdo con el parámetro de control.

15. Una turbina eólica que comprende un sensor de viento, un número de palas de rotor de paso ajustable, un sistema de guiñada y un sistema de control de acuerdo con la reivindicación 14 para orientar el rotor de la turbina eólica con relación al viento y/o para cambiar el paso de las palas del rotor.

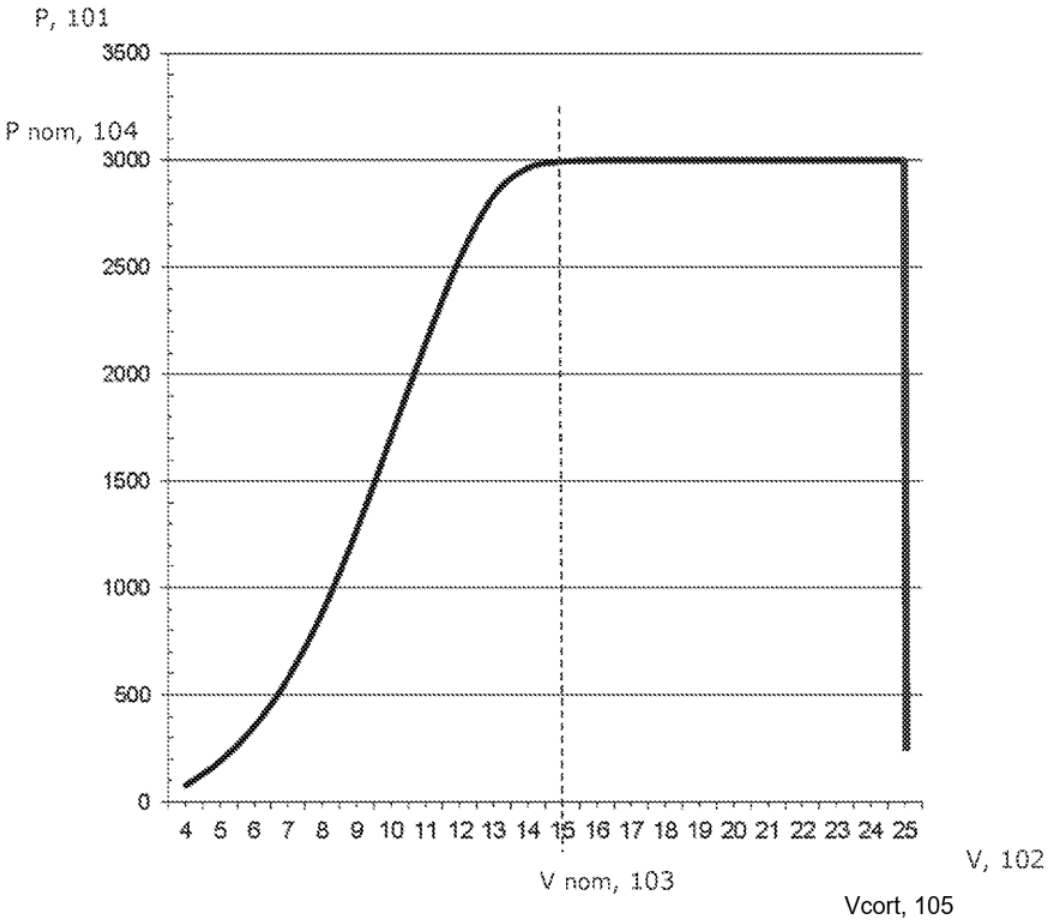
P, 101
3500
P nom, 104
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
V, 102
V nom, 103
Vcort, 105

Fig. 1

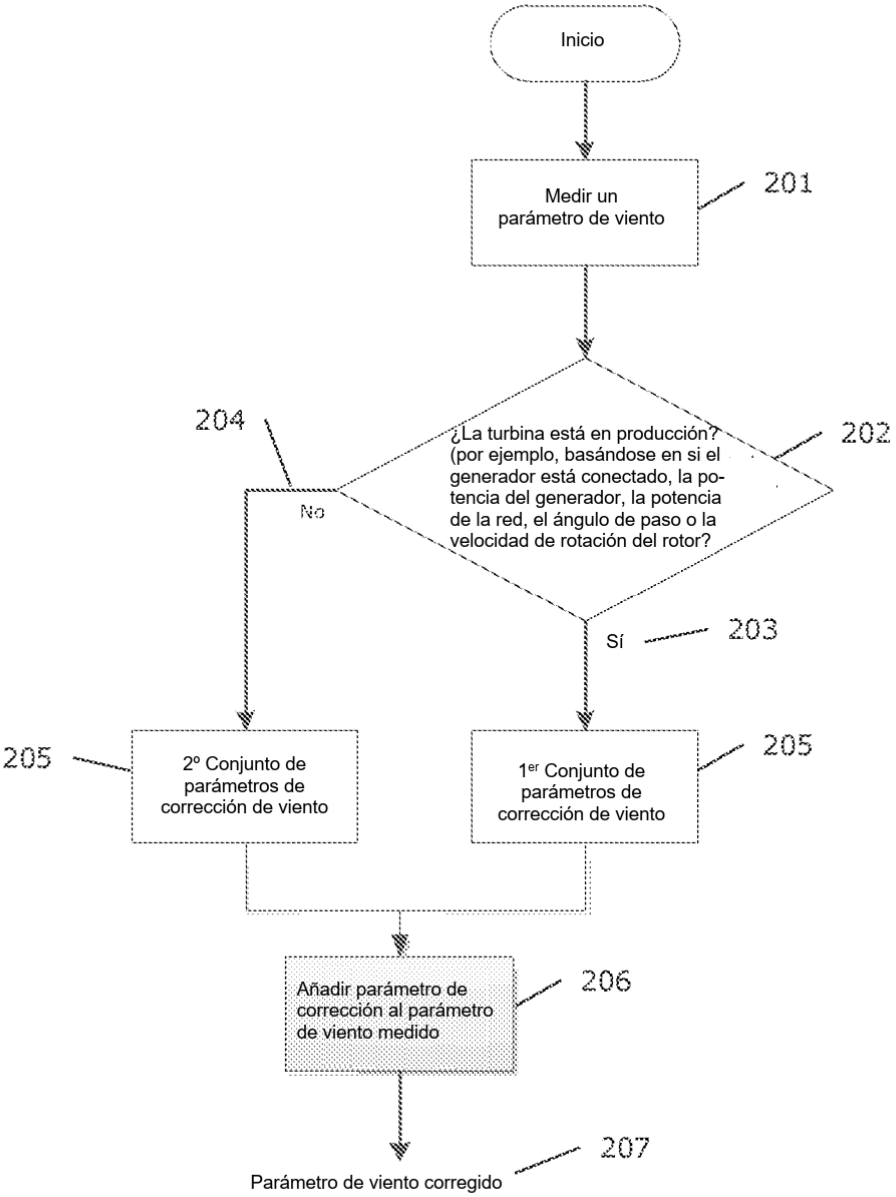
Inicio
Medir un parámetro de viento
201
¿La turbina está en producción? (por ejemplo, basándose en si el generador está conectado, la potencia del generador, la potencia de la red, el ángulo de paso o la velocidad de rotación del rotor?
202
204
No
Sí
203
2º Conjunto de parámetros de corrección de viento
205
1er Conjunto de parámetros de corrección de viento
205
Añadir parámetro de corrección al parámetro de viento medido
206
Parámetro de viento corregido
207

Fig. 2

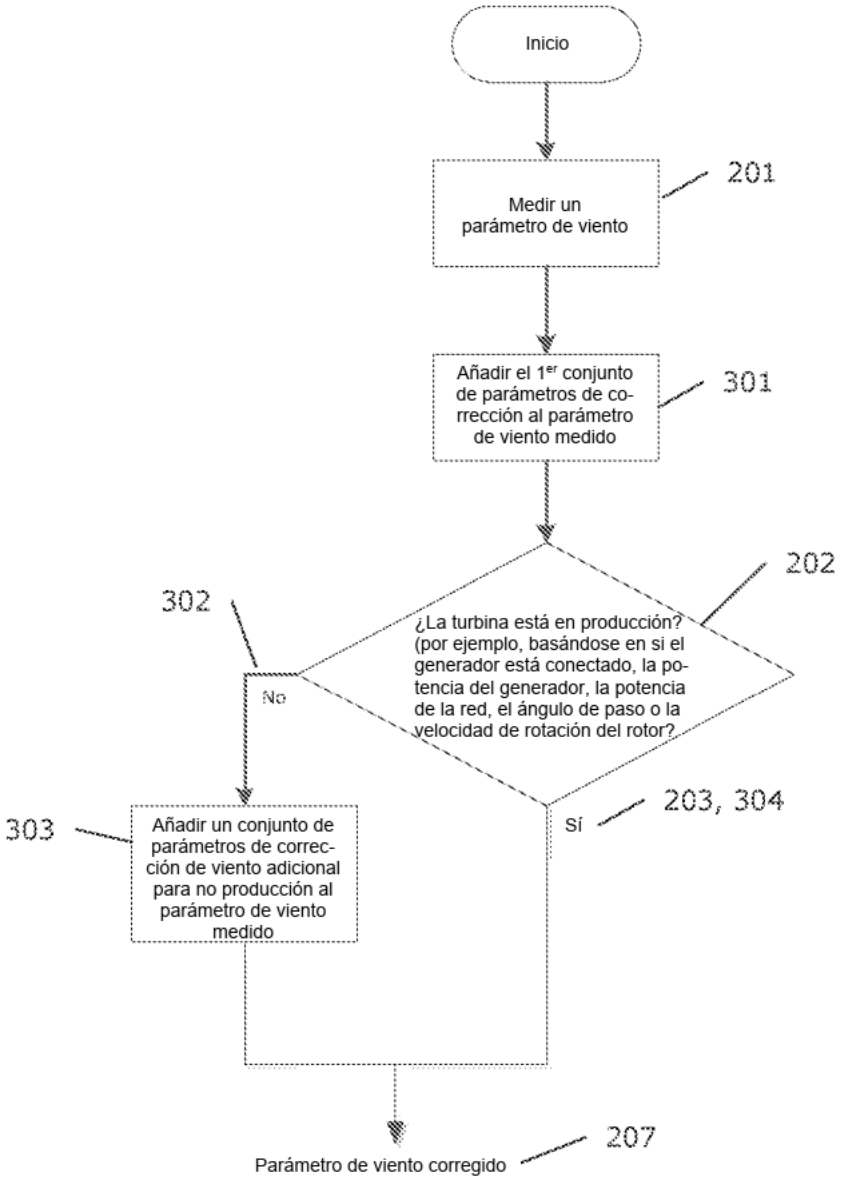
Inicio
Medir un parámetro de viento
201
Añadir el 1er conjunto de parámetros de corrección al parámetro de viento medido
301
¿La turbina está en producción? (por ejemplo, basándose en si el generador está conectado, la potencia del generador, la potencia de la red, el ángulo de paso o la velocidad de rotación del rotor?
202
302
No
Sí
203, 304
303
Añadir un conjunto de parámetros de corrección de viento adicional para no producción al parámetro de viento medido
Parámetro de viento corregido
207

Fig. 3

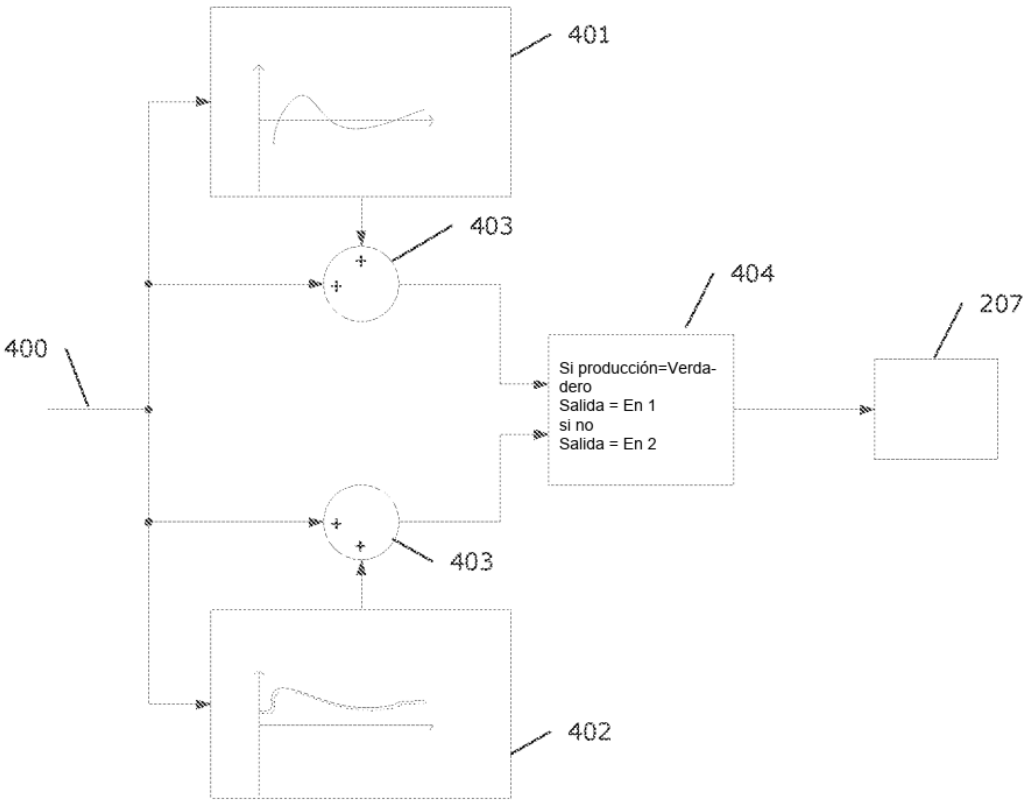
401
403
404
207
400
Si producción=Verda-
dero
Salida = En 1
si no
Salida = En 2
403
402

Fig. 4

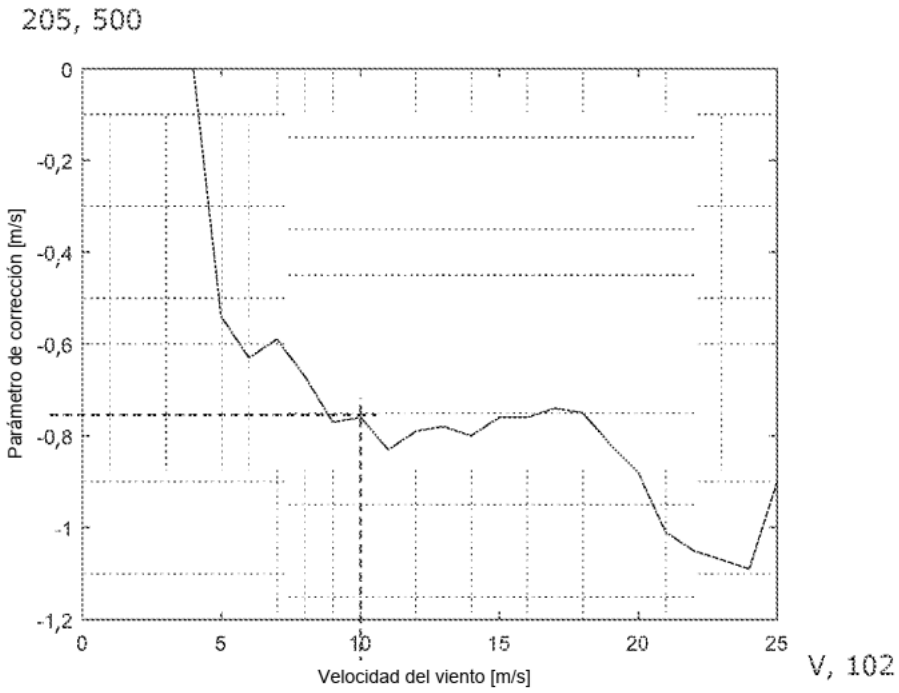
205, 500
0
-0,2
-0,4
-0,6
-0,8
-1
-1,2
Parámetro de corrección [m/s]
0
5
10
15
20
25
Velocidad del viento [m/s]
V, 102

Fig. 5

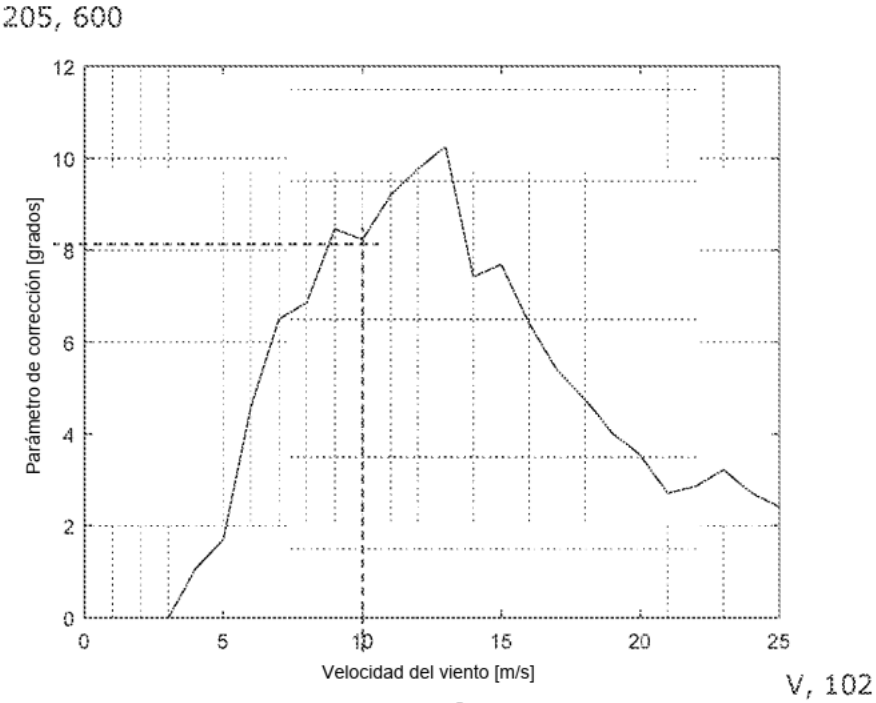
205, 600
12
10
8
6
4
2
0
Parámetro de corrección [grados]
0
5
10
15
20
25
Velocidad del viento [m/s]
V, 102

Fig. 6