

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 132**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02P 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2011 E 11161910 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2375064**

54 Título: **Procedimiento de control de un generador de turbina eólica**

30 Prioridad:

12.04.2010 DK 201000305

12.04.2010 US 323038 P

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

03.03.2017

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 AARHUS N, DK

72 Inventor/es:

BRÖNDUM, LARSEN KIM

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 604 132 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

Procedimiento de control de un generador de turbina eólica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de generadores de turbina eólica y, en particular, al control de un generador de turbina eólica usando dos controladores.

Antecedentes de la invención

10 En tiempos recientes, las turbinas eólicas se han convertido en una manera atractiva de producir energía eléctrica. Para ello, la energía en el viento se captura mediante un conjunto de palas (normalmente dos o tres) de una instalación eólica. El viento capturado por las palas provoca que un árbol conectado a las palas rote. El árbol está conectado a un rotor de un generador, que rota, por tanto, a la misma velocidad que el árbol, o a un múltiplo de la velocidad del árbol en el caso de que el rotor esté conectado al árbol a través de una caja de engranajes. El generador convierte entonces la potencia mecánica proporcionada por el viento en energía eléctrica para la entrega a una red eléctrica.

15 Hay varios problemas de control asociados con los generadores de turbina eólica. Por ejemplo, existe la necesidad de controlar la potencia de salida de la instalación eólica y también de hacerla menos sensible a diferentes tipos de perturbaciones que pueden suceder, tales como resonancias en el tren de transmisión de la turbina eólica o perturbaciones en la red eléctrica.

20 El documento WO 2008/145128 da a conocer un controlador de potencia de turbina eólica que está conectado a un generador de turbina eólica y una red eléctrica. El controlador de potencia comprende dos bucles de control denominados bucle de control de potencia exterior y bucle de control de corriente/par motor interior, siendo el bucle de control de potencia exterior considerablemente más lento que el bucle de control de corriente/par motor interior. La turbina eólica en el documento WO 2008/145128 comprende además medios de control resonante que modifican el valor de referencia de potencia proporcionado al bucle de control de potencia exterior. De este modo, pueden minimizarse las influencias de resonancias en el tren de transmisión de la turbina eólica.

25 Tener un bucle de control exterior lento puede ser favorable desde el punto de vista de que actuará como un filtro de paso bajo para perturbaciones de alta frecuencia en la señal de realimentación de potencia. Sin embargo, tener un bucle de control exterior lento también provocará que el generador de turbina eólica tenga una respuesta lenta a cambios en la señal de referencia de potencia. Por tanto, existe la necesidad de un controlador que puede tener una respuesta rápida a cambios en la señal de referencia de potencia independientemente de la existencia de un bucle de control exterior lento.

30

El documento WO2009/083447 A2 es un ejemplo adicional de control de potencia de salida de turbina eólica usando bucles anidados.

Sumario de la invención

35 En vista de lo anterior, un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento y un aparato para controlar un generador de turbina eólica que permiten una respuesta rápida a cambios en una señal de referencia de potencia independientemente de la velocidad de un bucle de control exterior.

Según un primer aspecto, la presente invención se realiza mediante un procedimiento para controlar un generador de turbina eólica, que comprende

40 comparar un valor de referencia de potencia de salida y un valor de potencia de salida real en un primer bloque de control con un primer controlador que tiene una primera dinámica de control,

comparar la salida del primer bloque de control con un valor de potencia de árbol de generador real en un segundo bucle de control con un segundo controlador que tiene una segunda dinámica de control, para determinar una señal de control de generador,

45 en el que el valor de referencia de potencia de salida se alimenta hacia adelante y se suma con la salida del primer controlador en el primer bloque de control.

Por un valor de referencia de potencia de salida se entiende un valor de potencia de salida deseado.

Por un valor de potencia de salida real se entiende un valor medido de la potencia de salida.

Por un valor de potencia de árbol de generador se entiende un valor medido de la potencia de árbol de generador, es decir, un valor medido de la potencia de un árbol rotativo en el generador.

50 Por una señal de control de generador se entiende una señal que, al usarse como una entrada al generador de

turbina eólica, controla la potencia de árbol de generador del generador.

5 Con la disposición según el primer aspecto, el valor de referencia de potencia de salida que se proporciona al primer controlador se alimenta hacia adelante al segundo controlador. De este modo, el segundo controlador puede responder rápidamente a cambios en el valor de referencia de potencia de salida independientemente de la velocidad del primer controlador.

Por tanto, una ventaja de esta realización es que el segundo controlador puede tener una respuesta rápida a cambios en el valor de referencia de potencia de salida independientemente de la velocidad de la dinámica de control del primer controlador.

10 Una ventaja adicional de esta realización es que la turbina eólica podrá hacer un seguimiento de una curva de velocidad de potencia de manera mejorada.

Según una realización de la invención, la dinámica de control del segundo controlador es más rápida que la dinámica de control del primer controlador.

15 Debido al hecho de que la dinámica de control en el primer controlador es más lenta que la dinámica de control en el segundo controlador, el primer controlador tendrá una respuesta más lenta a cambios en la señal de referencia de potencia de salida y el valor de potencia de salida real. En particular, tendrá una respuesta lenta a perturbaciones en la señal de realimentación, es decir el valor de potencia de salida real, filtrando así perturbaciones de alta frecuencia en la señal de realimentación antes de transferirla al segundo controlador y al generador de turbina eólica.

20 Otra ventaja de esta realización es que durante un acontecimiento de baja tensión, cuando se espera que la turbina permanezca conectada a la red eléctrica, no es necesario ningún cambio de modo en los controladores. Más específicamente, durante un acontecimiento de baja tensión, el nivel de interferencia es muy alto, reclamando así controladores de la técnica anterior para cambiar de modo, es decir cambiar a un modo de control menos sensible a perturbaciones. En la mayoría de los casos, esto corresponde a desactivar completamente el primer bucle de control y usar solamente el segundo bucle de control para controlar el generador de turbina eólica. Sin embargo, como el controlador exterior según la presente invención actuará para filtrar perturbaciones en la señal de realimentación, no es necesario cambiar el modo de control en los controladores, simplificando así considerablemente la estructura de control.

Otra ventaja adicional de esta realización es que habrá menos perturbación en la potencia de árbol de generador y, por tanto, también en el tren de transmisión del generador.

30 Según una realización de la invención, el primer controlador y el segundo controlador son o bien controladores Proporcional-Integral (PI) o controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID).

Una ventaja de esta realización es que los controladores PI o controladores PID proporcionan una manera fácil de implementar el primer controlador y el segundo controlador.

35 Según una realización de la invención, el primer controlador está asociado con una primera constante de tiempo y el segundo controlador está asociado con una segunda constante de tiempo, en la que la segunda constante de tiempo es inferior a la primera constante de tiempo.

Una ventaja de esta realización es que, mediante el uso de constantes de tiempo, se hace fácil diseñar un segundo controlador que es más rápido que un primer controlador simplemente dejando que la segunda constante de tiempo sea inferior a la primera constante de tiempo.

40 Según una realización de la invención, el valor de potencia de salida real está sometido a perturbaciones. Además, según una realización, el primer controlador actúa como un filtro de paso bajo sobre el valor de potencia de salida real, eliminando así sustancialmente las perturbaciones.

Una ventaja de esta realización es que las perturbaciones de alta frecuencia en el valor de potencia de salida real que se realimenta al primer controlador se filtran, ya que el primer controlador actúa como un filtro de paso bajo. Por tanto, las perturbaciones no se transfieren al segundo controlador y al generador de turbina eólica.

45 Según un segundo aspecto, la presente invención está realizada por un aparato para controlar un generador de turbina eólica, comprendiendo el aparato,

un primer bloque de control que comprende un primer controlador que tiene una primera dinámica de control, estando el primer bloque de control adaptado para comparar un valor de referencia de potencia de salida y un valor de potencia de salida real,

50 un segundo bloque de control que comprende un segundo controlador que tiene una segunda dinámica de control, estando el segundo bloque de control adaptado para determinar una señal de control de generador comparando la salida del primer bloque de control,

en el que el primer bloque de control comprende además una alimentación hacia adelante del valor de referencia de potencia de salida para la suma con la salida del primer controlador.

Según una realización de la invención, el segundo bloque de control está adaptado además para transmitir la señal de control de generador al generador de turbina eólica para la generación del valor de potencia de salida real.

- 5 Las características y ventajas del primer aspecto de la invención se aplican generalmente para el segundo aspecto de la invención.

Otros objetivos, características y ventajas de la presente invención surgirán a partir de la siguiente divulgación detallada, a partir de las reivindicaciones adjuntas así como a partir de los dibujos.

- 10 Generalmente, todos los términos usados en las reivindicaciones deben interpretarse según su significado habitual en el campo técnico, salvo que se definan explícitamente de otro modo en el presente documento. Todas las referencias a “un/una/el/los [elemento, dispositivo, componente, medios, etapa, etc.]” deben interpretarse abiertamente como que se refieren a al menos un ejemplo de dicho(s) elemento, dispositivo, componente, medios, etapa, etc., salvo que se indique explícitamente de otro modo. Las etapas de cualquier procedimiento dado a conocer en el presente documento no tienen que realizarse en el orden exacto dado a conocer, salvo que se indique explícitamente de otro modo.
- 15

Breve descripción de los dibujos

- Los anteriores, así como objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención, se entenderán mejor mediante la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de realizaciones preferidas de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se usarán los mismos números de referencia para elementos similares, en los que:
- 20

La figura 1 es una ilustración esquemática de una turbina eólica que está conectada a una red eléctrica.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una estructura de control según realizaciones de la invención.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento según realizaciones de la invención.

25 Descripción detallada de realizaciones preferidas

La figura 1 ilustra una turbina eólica 102 que está conectada a una red eléctrica 106 a través de un convertidor 104.

- La turbina eólica 102 ilustrada está dispuesta para generar energía eléctrica a partir del viento y para distribuir la energía eléctrica generada a una red eléctrica 106. La turbina eólica 102 comprende un número de palas de rotor 108 cuya rotación se provoca por el viento. Las palas de rotor 108 están conectadas a un árbol 110 que rota debido a la rotación de las palas de rotor 108. El árbol 110 está a su vez conectado a un rotor de un generador (no mostrado), en el presente documento denominado árbol de generador (no mostrado). Normalmente, el árbol 110 y el árbol de generador están conectados a través de una caja de engranajes (no mostrada) de modo que la velocidad de rotación del árbol de generador se convierte en un múltiplo de la velocidad de rotación del árbol 110. El generador convierte entonces la potencia mecánica del árbol de generador rotativo en energía eléctrica. El generador puede ser, por ejemplo, un generador síncrono de alimentación única o doble, un generador de imán permanente (PM) o un generador de inducción. También es posible omitir la caja de engranajes usando un generador multipolar adecuado para una velocidad de rotación baja del árbol 110. En este caso, el árbol de accionamiento 110 está directamente acoplado al generador. También puede proporcionarse una transmisión alternativa en el árbol de accionamiento 110 para accionar el generador según se requiera.
- 30
- 35

- Para el rendimiento óptimo con respecto a convertir la energía del viento en energía eléctrica, el árbol 110 variará su velocidad como una función de la velocidad del viento. Como la velocidad de rotación del árbol de generador es proporcional a la velocidad de rotación del árbol 110, la amplitud y frecuencia de la señal de tensión proporcionada por el generador variarán según la velocidad de rotación del árbol 110. Antes de alimentar la potencia generada por el generador a una red eléctrica 106, la señal de tensión proporcionada por el generador tiene, por tanto, que convertirse de modo que la amplitud y frecuencia de la señal de tensión cumplan con una tensión de corriente alterna (CA) regulada para la red eléctrica 106. Para ello, el generador puede acoplarse a la red eléctrica 106 a través de un convertidor 104.
- 40
- 45

- Brevemente, el convertidor 104 comprende un convertidor de potencia del lado de generador (no mostrado) que transforma la señal de tensión de frecuencia variable, correspondiente a una potencia de árbol de generador, en una tensión de corriente continua (CC), y un convertidor de potencia del lado de red que acciona un inversor, para convertir la tensión CC en una tensión CA regulada, correspondiente a una potencia de salida real. La potencia de salida se proporciona a continuación por la turbina eólica 102 a la red eléctrica 106.
- 50

De este modo, la potencia generada por el generador de la turbina eólica 102, en el presente documento denominada potencia de árbol de generador, se convierte mediante el convertidor 104 en una potencia de salida real

que va a alimentarse a la red eléctrica 106. La potencia en la red eléctrica 106 puede estar normalmente sometida a perturbaciones. Por ejemplo, cambios o perturbaciones en la red pueden afectar a la potencia en la red eléctrica 106, así como otros fallos de red, tales como acontecimientos de baja tensión. Es deseable que el generador de la turbina eólica 102 pueda compensar algunas de las variaciones en la red eléctrica, tal como la compensación de pérdidas de sistema. Sin embargo, no es deseable que el generador compense el ruido de alta frecuencia en la red eléctrica 106, ya que eso llevaría a un comportamiento innecesariamente irregular de la generación de potencia de la turbina eólica 102.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una estructura de control 200 para controlar un generador de turbina eólica 206 que entrega potencia a una red eléctrica a través de un convertidor 208.

La dinámica del generador 206, es decir el modo en el que el generador responde a una señal de entrada, puede modelarse mediante una función de transferencia. Normalmente, el generador tiene una respuesta rápida a cambios en la señal de entrada, haciéndolo así sensible a perturbaciones de alta frecuencia en la señal de entrada. Igualmente, la dinámica del convertidor 208 puede modelarse mediante una función de transferencia.

La estructura de control comprende un primer controlador 202 para controlar un valor de potencia de salida real P que va a proporcionarse a una red eléctrica, y un segundo controlador 204 para controlar una potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}$, es decir una potencia de un árbol rotativo (el árbol de generador) en el generador 206.

El valor de potencia de salida P de la turbina eólica 102, para la provisión a la red eléctrica, se proporciona como realimentación al primer controlador 202. El primer controlador 202 está acoplado posteriormente al segundo controlador 204, que a su vez está acoplado al generador 206. De manera más precisa, los controladores primero y segundo, 202 y 204, están acoplados en cascada, lo que significa que una salida del primer controlador 202 contribuye a una señal de referencia de entrada $P_{\text{árbol}}^f$ del segundo controlador 204. Por tanto, la estructura de control ilustrada comprende dos bucles de control anidados; un bucle de control exterior que comprende el primer controlador y un bucle de control interior que comprende el segundo controlador.

La entrada al primer controlador 202 es un valor de diferencia entre un valor de referencia de potencia de salida P^f y un valor de potencia de salida real P que se realimenta al primer controlador. El valor de referencia de potencia de salida P^f , que, por ejemplo, puede fijar un operario de la turbina eólica, corresponde a un valor de potencia de salida deseado de la turbina eólica 102 a la red eléctrica. El valor de potencia de salida real P , corresponde a un valor de potencia de salida medido de la turbina eólica 102 que coincide con la potencia en la red eléctrica. De este modo, el valor de diferencia $P^f - P$ puede verse como un valor de error. Además, el valor de potencia de salida real P puede estar sometido a perturbaciones $P_{\text{perturbaciones}}$. Por ejemplo, las perturbaciones $P_{\text{perturbaciones}}$ pueden deberse a pérdidas de sistema o cambios en el consumo de potencia de cualquier componente auxiliar en la turbina eólica 102, por ejemplo un sistema de regulación de paso de pala, un sistema de guiñada de góndola, sistemas de enfriamiento, ventiladores, luces, etc.

Basándose en el valor de diferencia $P^f - P$, el primer controlador 202 determina una salida. El primer controlador 202 está asociado con una primera dinámica de control que define la respuesta del primer controlador 202 a una señal de entrada. De este modo, la salida se determina como una función del valor de diferencia $P^f - P$ y la primera dinámica de control. Por ejemplo, la primera dinámica de control puede definirse mediante una función de transferencia. Preferiblemente, la primera dinámica de control es lenta, lo que significa que está diseñada para actuar como un filtro de paso bajo para cambios en la entrada $P^f - P$. Ventajosamente, el primer controlador 202 puede, por tanto, filtrar perturbaciones en el valor de potencia de salida real P . Sin embargo, la dinámica de control lenta del primer controlador 202 también implica que tendrá una respuesta lenta a cambios en el valor de referencia de potencia de salida P^f .

La entrada al segundo controlador 204 es un valor de diferencia entre un valor de referencia de potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}^f$ y un valor de potencia de árbol de generador real $P_{\text{árbol}}$ que se realimenta al segundo controlador 204. De manera similar a lo anterior, el valor de referencia de potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}^f$ es un valor deseado para la potencia de árbol de generador, y el valor de potencia de árbol de generador real $P_{\text{árbol}}$ es un valor medido de la potencia de árbol de generador.

El valor de referencia de potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}^f$ es una combinación de la salida del primer controlador 202 y el valor de referencia de potencia de salida P^f , es decir, la entrada al segundo controlador 204 es una suma de la salida del primer controlador 202 y el valor de referencia de potencia de salida P^f . Por tanto, la estructura de control 200 en la figura 2 comprende una alimentación hacia adelante del valor de referencia de potencia de salida P^f al segundo controlador 204. De este modo, se permite que el segundo controlador 204 responda rápidamente a cambios en el valor de referencia de potencia de salida P^f , mientras que, al mismo tiempo, pueden filtrarse perturbaciones de alta frecuencia en el valor de potencia de salida real P mediante el primer controlador 202 y, por tanto, no alcanzarán al segundo controlador 204 y al generador 206.

Basándose en la diferencia entre el valor de referencia de potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}^f$ y el valor de potencia de árbol de generador real $P_{\text{árbol}}$, el segundo controlador 204 determina una señal de control de generador S_{gen} . El segundo controlador 204 tiene una segunda dinámica de control que define la respuesta del segundo

controlador 204 a una señal de entrada. De este modo, la señal de control de generador es una función de la diferencia $P^f_{\text{árbol}} - P_{\text{árbol}}$ y la segunda dinámica de control. Preferiblemente, la segunda dinámica de control es más rápida que la primera dinámica de control. De este modo, y en combinación con la alimentación hacia adelante del valor de referencia de potencia de salida, el segundo controlador 204 puede tener una respuesta rápida a cambios en el valor de referencia de potencia de salida.

Según realizaciones, el primer controlador 202 y/o segundo controlador 204 pueden ser controladores PI. Alternativamente, el primer controlador 202 y/o segundo controlador 204 pueden ser controladores PID. El primer controlador 202 y segundo controlador 204 pueden estar asociados además con una primera constante de tiempo y una segunda constante de tiempo, respectivamente. Las constantes de tiempo respectivas son una medida de cómo de rápidas son las dinámicas de control del primer controlador 202 y el segundo controlador 204. Normalmente, las constantes de tiempo se expresan en términos de parámetros de las funciones de transferencia de los controladores. Preferiblemente, la segunda constante de tiempo es inferior a la primera constante de tiempo, implicando así que el segundo controlador 204 tenga una dinámica de control más rápida que el primer controlador 202.

Teniendo la alimentación hacia adelante dada a conocer anteriormente del valor de referencia de potencia de salida P^f , la estructura de control 200 ilustrada permite, por tanto, la reacción rápida a cambios de referencia en el valor de referencia de potencia de salida P^f mediante el bucle de control interior que comprende el segundo controlador 204. Al mismo tiempo, el bucle de control exterior que comprende el primer controlador 202 puede garantizar que el valor de potencia de salida real P es correcto y compensa las pérdidas de sistema y perturbaciones, tales como perturbaciones en el consumo de potencia. En otras palabras, la estructura de control 200 ilustrada permite un desacoplamiento de la potencia de árbol de generador de perturbaciones en la red eléctrica, mientras que se mantiene una respuesta de control rápida hacia cambios en el valor de referencia de potencia de salida P^f .

En la estructura de control de la figura 2 se ilustra adicionalmente un aparato para controlar un generador de turbina eólica según realizaciones. El aparato comprende un primer bloque de control 210 que comprende el primer controlador 202 y un segundo bloque de control 220 que comprende el segundo controlador 204.

El primer bloque de control 210 está adaptado para controlar un valor de potencia de salida real P . De manera más precisa, el primer bloque de control 210 está adaptado para comparar el valor de referencia de potencia de salida P^f y el valor de potencia de salida real P . Además, el primer bloque de control 210 está adaptado para alimentar hacia adelante el valor de referencia de potencia de salida y sumarlo con la salida del primer controlador.

El segundo bloque de control 220 está adaptado para controlar una potencia de árbol de generador $P_{\text{árbol}}$. En más detalle, el segundo bloque de control 220 está adaptado para determinar una señal de control de generador S_{gen} comparando la salida del primer bloque de control 210, y un valor de potencia de árbol de generador real $P_{\text{árbol}}$.

En una realización, el primer bloque de control 210 y el segundo bloque de control 220 comprenden además un receptor dispuesto para recibir, preferiblemente a través de cable, enlace óptico o enlace inalámbrico, el valor de referencia de potencia de salida P^f y la potencia de salida real P , y el valor de referencia de potencia de árbol de generador $P^f_{\text{árbol}}$, siendo una suma de la salida del primer controlador y el valor de referencia de potencia de salida, respectivamente. Además, el primer bloque de control 210 y el segundo bloque de control 220 pueden comprender un transmisor dispuesto para transmitir el valor de referencia de potencia de árbol determinado $P^f_{\text{árbol}}$ y la señal de control de generador S_{gen} , respectivamente. El transmisor del segundo bloque de control 220 puede comprender una etapa de accionamiento que adapta el nivel de señal de la señal de control de generador S_{gen} a un nivel de señal que es adecuado para el generador 206. De este modo, el transmisor puede comprender, por tanto, una interfaz para las señales transmitidas desde el segundo bloque de control 220 hasta el generador 206.

Para comparar el valor de referencia de potencia de salida P^f y el valor de potencia de salida real P , así como para sumar la salida del primer controlador al valor de referencia de potencia de salida P^f , el primer bloque de control 210 puede comprender además una unidad de procesamiento que está dispuesta para realizar estas etapas. Igualmente, el segundo bloque de control 220 puede comprender una unidad de procesamiento que está dispuesta para comparar el valor de referencia de potencia de árbol de generador $P^f_{\text{árbol}}$ y el valor de potencia de árbol de generador real $P_{\text{árbol}}$. Aún adicionalmente, el primer bloque de control 210 y el segundo bloque de control 220 pueden comprender una memoria que está dispuesta para almacenar los valores recibidos y que también puede estar dispuesta para almacenar instrucciones de programa informático para determinar un valor de referencia de potencia de árbol de generador $P^f_{\text{árbol}}$ y una señal de control de generador S_{gen} , respectivamente.

Se describirá ahora un procedimiento para controlar un generador de turbina eólica con referencia al diagrama de flujo de la figura 3 y la estructura de control de la figura 2.

En la etapa S302 el valor de referencia de potencia de salida P^f se compara con un valor de potencia de salida real P . La etapa S302 puede realizarse, por ejemplo, por el primer bloque de control 210. La comparación puede realizarse, por ejemplo, determinando una diferencia entre el valor de referencia de potencia de salida P^f y el valor de potencia de salida real P . La diferencia puede determinarse, por ejemplo, por una unidad de procesamiento o hardware dedicado en el primer bloque de control 210. La potencia de salida real P puede medirse mediante

cualquier medio conocido.

5 El resultado de la comparación puede introducirse entonces en el primer controlador 202 que determina una salida basándose en la entrada. La salida del primer controlador 202 se determina normalmente aplicando un filtro al valor de diferencia de potencia de salida. El filtro puede por definirse, por ejemplo, en términos de una función de transferencia que tiene un número de parámetros que determinan la dinámica de control del primer controlador 202, es decir, el modo en el que el primer controlador responde a una señal de entrada.

10 En la etapa S304, que puede realizarse, por ejemplo, por el primer bloque de control 210, el valor de referencia de potencia de salida P^f y la salida del primer controlador 202 se combinan. De manera más precisa, el valor de referencia de potencia de salida P^f y la salida del primer controlador 202 pueden añadirse juntos. Por ejemplo, la suma puede realizarse por una unidad de procesamiento o hardware del primer bloque de control 210.

Como resultado de la etapa S304, la salida del primer controlador 202 se combina con una alimentación hacia adelante del valor de referencia de potencia de salida P^f .

15 En la etapa S306, se determina una señal de control de generador S_{gen} . La etapa S306 puede realizarse, por ejemplo, por el segundo bloque de control 220. La señal de control de generador S_{gen} puede determinarse en dos etapas. En primer lugar, la salida del primer bloque de control se compara con un valor de potencia de árbol de generador realimentado real $P_{árbol}$ del generador 206. $P_{árbol}$ puede medirse por cualquier medio conocido. La comparación en la etapa S306 puede determinarse, por ejemplo, por una unidad de procesamiento o hardware del segundo bloque de control 210. A continuación, el resultado de la comparación puede usarse como entrada al segundo controlador 204. Como resultado de aplicar el resultado al segundo controlador 204, el segundo controlador 204 determina una señal de control de generador S_{gen} . La señal de control de generador S_{gen} y sus propiedades dependen de la dinámica de control del segundo controlador 204. Tal como se dio a conocer anteriormente en conexión con la figura 2, la dinámica de control del segundo controlador 204 es normalmente más rápida que la dinámica de control del primer controlador 202. De este modo, el segundo controlador 204 puede tener una respuesta rápida a cambios en el valor de referencia de potencia de salida P^f .

25 La invención principalmente se ha descrito anteriormente con referencia a algunas realizaciones. Sin embargo, como apreciará fácilmente un experto en la técnica, otras realizaciones a las dadas a conocer anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, tal como se define por las reivindicaciones de patente adjuntas.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar un generador de turbina eólica, que comprende
 5 comparar un valor de referencia de potencia de salida y un valor de potencia de salida real en un primer bloque de control con un primer controlador que tiene una primera dinámica de control,
 10 comparar la salida del primer bloque de control con un valor de potencia de árbol de generador real en un segundo bloque de control con un segundo controlador que tiene una segunda dinámica de control, para determinar una señal de control de generador,
 caracterizado por que
 el valor de referencia de potencia de salida se alimenta hacia adelante y se suma con la salida del primer controlador en el primer bloque de control.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha segunda dinámica de control es más rápida que dicha primera dinámica de control.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho primer controlador y dicho segundo controlador son o bien controladores Proporcional-Integral (PI) o bien controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dicho primer controlador está asociado con una primera constante de tiempo y dicho segundo controlador está asociado con una segunda constante de tiempo, y en el que dicha segunda constante de tiempo es inferior a dicha primera constante de tiempo.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que dicho valor de potencia de salida real está sometido a perturbaciones.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que dicho primer controlador actúa como un filtro de paso bajo sobre dicho valor de potencia de salida real, eliminando así sustancialmente dichas perturbaciones.
7. Aparato para controlar un generador de turbina eólica, comprendiendo dicho aparato,
 25 un primer bloque de control que comprende un primer controlador que tiene una primera dinámica de control, estando dicho primer bloque de control adaptado para comparar un valor de referencia de potencia de salida y un valor de potencia de salida real,
 un segundo bloque de control que comprende un segundo controlador que tiene una segunda dinámica de control, estando dicho segundo bloque de control adaptado para determinar una señal de control de generador comparando la salida del primer bloque de control y un valor de potencia de árbol de generador real,
 30 caracterizado por que
 el primer bloque de control comprende además una alimentación hacia adelante del valor de referencia de potencia de salida para la suma con la salida del primer controlador.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicha segunda dinámica de control es más rápida que dicha primera dinámica de control.
9. Aparato según la reivindicación 7 ó 8, en el que dicho primer controlador y dicho segundo controlador son controladores PI.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que dicho primer controlador está asociado con una primera constante de tiempo y dicho segundo controlador está asociado con una segunda constante de tiempo, y en el que dicha segunda constante de tiempo es inferior a dicha primera constante de tiempo.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en el que dicho segundo bloque de control está adaptado además para transmitir dicha señal de control de generador a dicho generador de turbina eólica para la generación de dicho valor de potencia de salida real.
12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en el que dicho valor de potencia de salida real está sometido a perturbaciones.
13. Aparato según la reivindicación 12, en el que dicho primer controlador está adaptado para actuar como un filtro de paso bajo sobre dicho valor de potencia de salida real, eliminando así sustancialmente dichas perturbaciones.

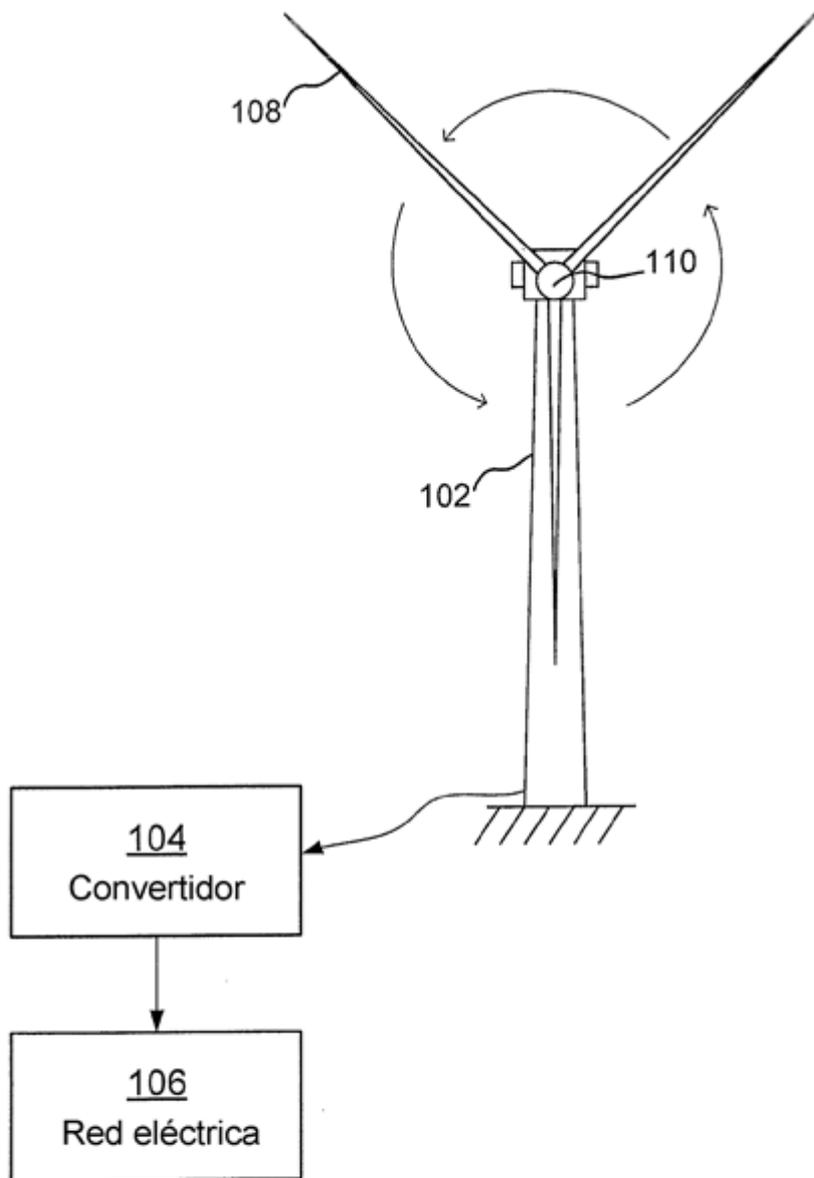


FIG. 1

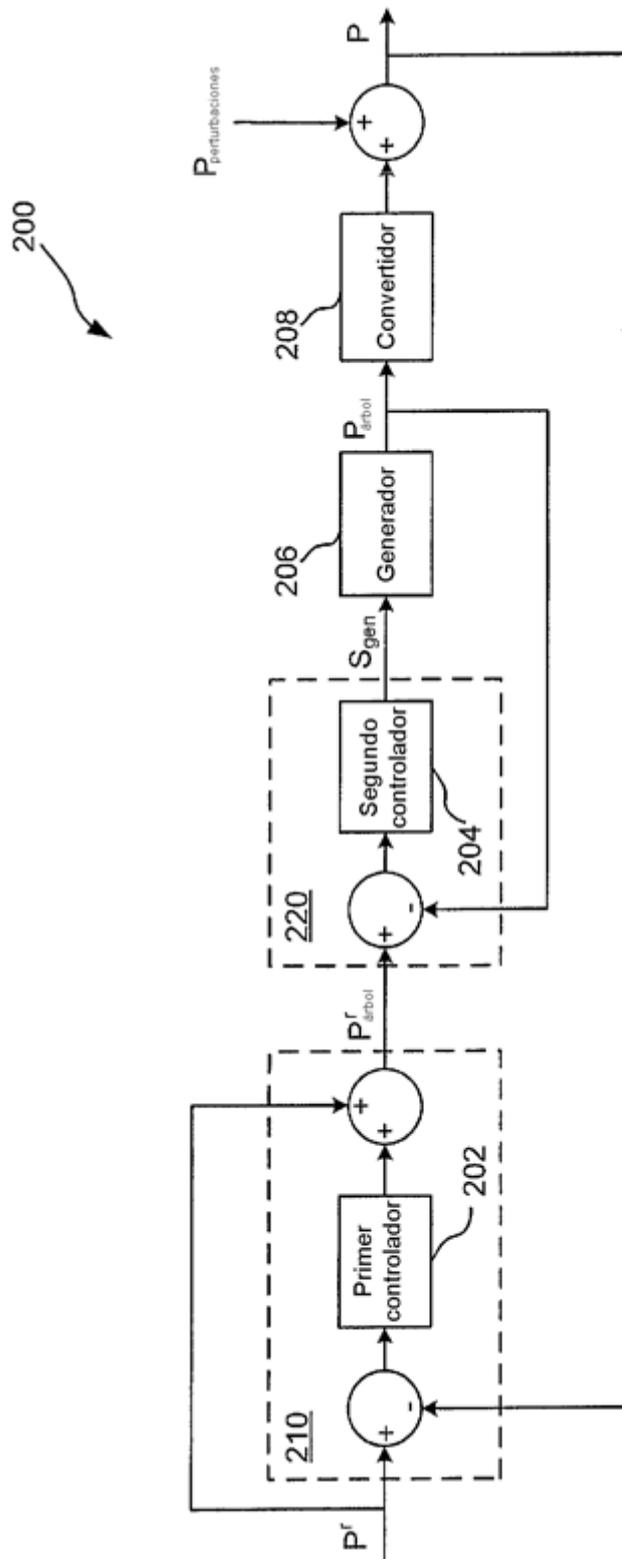


FIG. 2

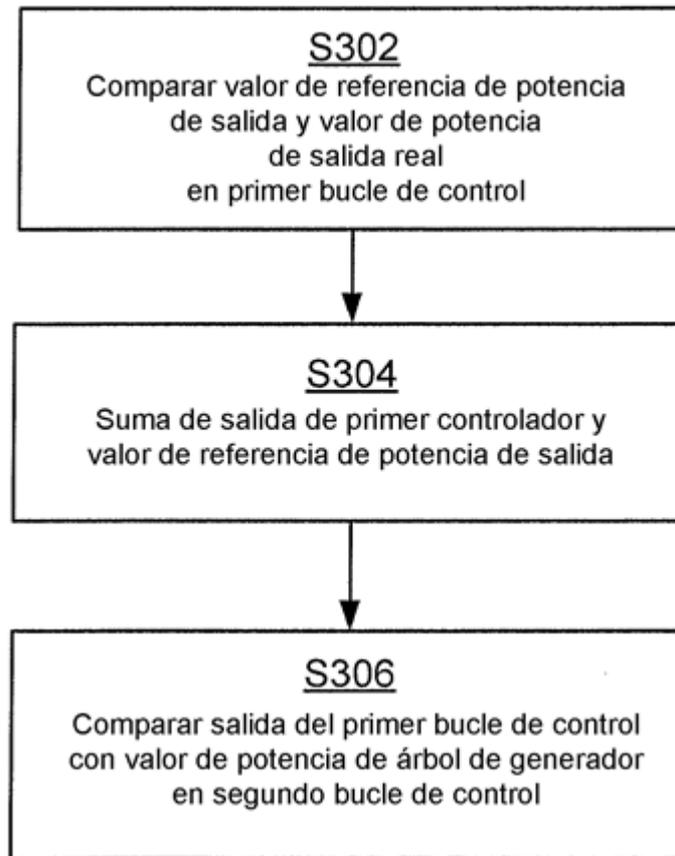


FIG. 3