

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 205**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2009 E 09001056 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2096302**

54 Título: **Regulador de un ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor de una planta de energía eólica**

30 Prioridad:

26.02.2008 DE 102008011139

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

20.04.2016

73 Titular/es:

**NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

KABATZKE, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 567 205 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

Regulador de un ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor de una planta de energía eólica

5 La presente invención se refiere a un regulador de un ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor de una planta de energía eólica.

10 Las plantas de energía eólica con una regulación del ángulo de paso de pala son conocidas. La regulación del ángulo de paso de pala permite compensar fluctuaciones de potencia y de par de giro de la planta de energía eólica. La efectividad con respecto a la reducción de puntas de carga depende decisivamente del tiempo de respuesta de la regulación, es decir, de la velocidad de ajuste de la pala. Debido a la inercia de la masa a mover y dado que es necesario evitar la sobrecarga de los elementos de actuación, la regulación del ángulo de paso de pala no es capaz de responder a fluctuaciones breves de la velocidad del viento (véase Erich Hau, Windkraftanlagen, 3ª edición, editorial Springer Verlag, capítulo 6.3).

15 Con los requisitos aplicables a la planta de energía eólica, que presenta diámetros de pala de rotor crecientes continuamente, los planteamientos previos sobre la regulación del pitch no se pueden aplicar durante más tiempo. La regulación se vuelve cada vez más lenta, por lo que las fluctuaciones de potencia y de par de giro no se podrán regular de manera eficaz en presencia de palas de rotor de gran diámetro en las plantas de energía eólica futuras.

20 Del documento GB2023237A es conocido un control de generador para una planta de energía eólica. En el caso de este control, el ángulo de pitch de una pala de rotor se regula en dependencia del tamaño de la planta de energía eólica. A tal efecto, están previstos distintos ramales de regulador que se seleccionan opcionalmente mediante un circuito de mayor selección 98 y un circuito de menor selección 122. Asimismo, para el control del ángulo de pitch está previsto un interruptor 144 que conmuta en dependencia de una señal de referencia predefinida.

25 Del documento US2004/0094964A1 es conocido el control de la planta de energía eólica a una velocidad variable. El sistema de regulación de pitch regula el ángulo de pitch en dependencia de un valor nominal para la velocidad de giro y en dependencia de una velocidad de giro medida en el rotor.

30 La invención tiene el objetivo de proporcionar un regulador del ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor, que permita una regulación eficaz en caso de un diámetro de pala de rotor grande, sin sobrecargar los elementos de actuación, y que se pueda utilizar simultáneamente también en plantas de energía eólica con un diámetro de pala de rotor menor.

35 Según la invención, el objetivo se consigue mediante un regulador con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas constituyen los objetos de las reivindicaciones secundarias.

40 El regulador según la invención sirve para regular un ángulo de paso de pala de al menos una pala de rotor de una planta de energía eólica. Este regulador se identifica ocasionalmente también como regulador de ángulo de paso de pala o como regulador de pitch para abreviar. En el caso del regulador según la invención se lleva a cabo una regulación, en la que un primer ramal de regulador se conecta para determinar el ángulo de paso de pala en dependencia de un estado operativo de la planta de energía eólica. Con el ramal de regulador conectable, el regulador del ángulo de paso de pala, según la invención, puede ejecutar dos procedimientos de regulación diferentes para determinar el valor nominal del ángulo de paso de pala en dependencia de un estado operativo de la planta de energía eólica. Según la invención, en el primer ramal de regulador está previsto al menos un elemento de diferenciación que permite una regulación rápida y dinámica también en caso de un diámetro de pala de rotor grande. Como resultado de la conexión del primer ramal de regulador con su al menos un elemento de diferenciación existe la posibilidad de variar el comportamiento del regulador en dependencia del estado operativo.

45 Un segundo valor de conmutación predeterminado para la velocidad de giro del generador y/o del rotor está predefinido según la invención en el regulador. El segundo valor de conmutación predeterminado se compara con un valor real de la velocidad de giro del generador y/o del rotor. Si el valor real de la velocidad de giro del generador y/o del rotor es mayor que el segundo valor de conmutación predeterminado, el primer ramal de regulador se conmuta al segundo y al tercer ramal de regulador. La conmutación puede incluir que ya no se utilicen uno o ambos ramales de regulador utilizados previamente. La ventaja particular del regulador según la invención radica también en que éste se puede utilizar tanto en plantas de energía eólica con un diámetro de pala de rotor menor como en plantas de energía eólica con un diámetro de pala de rotor grande mediante la selección adecuada del estado operativo que activa una conmutación.

50 En una configuración preferida del regulador según la invención, en un primer estado operativo se realiza una regulación del ángulo de paso de pala mediante un segundo y un tercer ramal de regulador. Preferentemente, el primer estado operativo está definido como modo de carga parcial de la planta de energía eólica. En el modo de carga parcial de la planta de energía eólica, ésta no funciona con la potencia nominal, sino que se opera con un valor de potencia más bajo.

65 En una configuración preferida del regulador, según la invención, está presente un primer valor de conmutación

predeterminado para una velocidad de giro del generador y/o del rotor. Un valor real medido de la velocidad de giro del generador y/o del rotor se compara con el primer valor de conmutación predeterminado. Si el valor real es menor que el valor de conmutación, entonces el regulador según la invención funciona con el segundo y el tercer ramal de regulador. En la configuración preferida del regulador según la invención se realiza una regulación exclusivamente mediante el segundo y el tercer ramal de regulador en el caso de valores de velocidad de giro menores que el primer valor de conmutación. En el intervalo de las velocidades de giro bajas se puede realizar de manera conocida en sí una regulación mediante el segundo y el tercer ramal de regulador. Esta configuración de la invención se basa en el conocimiento de que en presencia de velocidades de giro altas es posible una regulación más rápida y dinámica del ángulo de paso de pala que en presencia de velocidades de giro bajas, en las que no se desea un reajuste demasiado frecuente del ángulo de pitch. La conmutación en dependencia de un valor de conmutación para la velocidad de giro del generador y/o del rotor permite además que los reguladores, utilizados hasta el momento y adaptados a las plantas de energía eólica, se utilicen también en plantas de energía eólica con un diámetro de pala de rotor grande, que requieren una regulación dinámica en presencia de altas velocidades de giro. El primer valor de conmutación y el segundo valor de conmutación predeterminados pueden ser iguales.

En el caso del regulador según la invención, una regulación del ángulo de paso de pala se realiza adicionalmente mediante el primer ramal de regulador, si se determina un segundo estado operativo. El segundo estado operativo está presente preferentemente en el modo de carga completa de la planta de energía eólica. El segundo estado operativo puede estar presente también adicionalmente para un intervalo de transición del modo de carga parcial al modo de carga completa.

En una configuración particularmente preferida, en el segundo ramal de regulador está previsto un filtro proporcional, adaptado a las oscilaciones del grupo motor. El filtro proporcional suprime las oscilaciones en el grupo motor, es decir, las fluctuaciones de la velocidad de giro producidas en el árbol de rotor, en un engranaje y eventualmente en un acoplamiento. Las señales del segundo ramal de regulador están disponibles en la salida del regulador, preferentemente de manera adicional a las señales del tercer ramal de regulador.

El tercer ramal de regulador, que está siempre en uso con preferencia independientemente de los estados operativos de la planta de energía eólica, comprende un elemento de integración, mediante el que se integra la diferencia de regulación presente en el regulador.

El regulador según la invención se explica en detalle a continuación por medio de una figura.

La figura muestra en una vista esquemática la estructura del regulador de pitch, en el que está presente un valor real 10 para la velocidad de giro del generador. Del valor real de la velocidad de giro del generador se sustrae el valor nominal 12 de la velocidad de giro del generador para formar la diferencia de regulación 14. La diferencia de regulación 14 está presente en el regulador 16. La señal en la salida de regulador 18 se convierte en una variable de salida 25 del ángulo de paso de pala mediante una amplificación proporcional 20 y un campo característico 22. El ángulo de paso de pala se ajusta en dependencia de la variable de salida convertida 25.

El regulador 16 comprende un elemento de integración 24 que amplifica de manera integradora las señales, independientemente del estado operativo de la planta de energía eólica. En un segundo ramal de regulador 26 se filtran las señales presentes mediante un filtro proporcional 28. El filtro proporcional 28 se compone de un filtro de banda de bloqueo 30 y de un elemento de diferenciación 32. El filtro de banda de bloqueo 30 está diseñado de modo que se suprimen oscilaciones en el grupo motor antes de ser transferidas al elemento de diferenciación 32. Las señales se amplifican a continuación mediante un elemento proporcional 34 y se envían a la salida del regulador.

En el centro del regulador representado se puede observar el primer ramal de regulador. El primer ramal de regulador comprende dos elementos de diferenciación 36 y 38, conectados uno detrás de otro, así como un elemento proporcional 40. Entre los elementos de diferenciación 36 y 38 puede estar previsto un interruptor 43 que conmuta en dependencia del valor real de la velocidad de giro del generador. Una consulta del valor umbral 42 comprueba para la conmutación si el valor real de la velocidad de giro del generador es mayor que un valor umbral predeterminado. Si se comprueba que el valor real es menor que el valor umbral, los elementos de diferenciación 36 y 38 se conectan entre sí mediante el interruptor 43. Si el valor real de la velocidad de giro del generador es mayor, por el contrario, que el valor umbral, el elemento de diferenciación 38 se conecta a la salida del filtro proporcional 28.

En el segundo ramal de regulador está previsto también un segundo interruptor 44 que permite conectar el primer ramal de regulador a la salida de regulador 18 en el modo de producción.

Cuando se utiliza el regulador según la invención, tiene lugar el siguiente procedimiento:

La planta de energía eólica funciona continuamente con el interruptor 44 abierto, es decir, se utilizan palas de rotor con una longitud normal de pala de rotor. Todo el funcionamiento de la planta de energía eólica se desarrolla continuamente mediante el tercer ramal de regulador (el elemento de integración 24) y el segundo ramal de regulador 26. A causa del filtro proporcional 28, el regulador no es sensible a oscilaciones del grupo motor. Al mismo tiempo se han seleccionado constantes de tiempo del elemento de diferenciación 32 de tal modo que tiene lugar una

regulación lenta. El interruptor 43 está inactivo en este modo operativo.

- 5 La planta de energía eólica funciona con el interruptor 44 cerrado, es decir, se utilizan palas de rotor con una longitud grande de pala de rotor. Si el valor real 10 de la velocidad de giro del generador es inferior al valor umbral predeterminado 42, la salida del primer elemento de diferenciación 36 se controla mediante el interruptor 43 y el primer ramal de regulador con los elementos de diferenciación 36, 38 contribuye a los resultados del regulador. El segundo ramal de regulador 26 proporciona en este estado asimismo un resultado por medio de la salida de regulador 18. Los elementos de diferenciación 36, 38, conectados uno detrás de otro, permiten seleccionar constantes de tiempo que posibilitan una regulación rápida, en particular para una conexión de la planta de energía
- 10 eólica a la red, en la que la regulación de la velocidad de giro se lleva a cabo exclusivamente mediante el regulador de pitch. Dado que el primer ramal de regulador es independiente de los valores filtrados del filtro proporcional 28, tiene lugar aquí una regulación directa que permite en este intervalo de trabajo una compensación fiable y rápida de fluctuaciones de la velocidad de giro del generador.
- 15 La planta de energía eólica funciona con el interruptor 44 cerrado, si la planta de energía eólica está equipada con palas de rotor de gran longitud de pala de rotor. Si el valor real 10 de la velocidad de giro del generador es superior al valor umbral 42, está presente el modo de producción y las señales se procesan mediante el elemento de integración 24 y el segundo ramal de regulador 26. A causa del filtro proporcional 28, el segundo ramal de regulador 28 no es sensible a oscilaciones del grupo motor. Al mismo tiempo se han seleccionado constantes de tiempo del elemento de diferenciación 32 de modo que tiene lugar una regulación lenta. El interruptor 43 conecta la salida del filtro proporcional 28 a la entrada del elemento de diferenciación 38 y las señales de salida del filtro proporcional 28
- 20 están disponibles en la salida 18 del regulador mediante el elemento de diferenciación 38 y el elemento proporcional 40. El elemento de diferenciación adicional 38 permite ahora predefinir una constante de tiempo que posibilita una respuesta rápida del regulador a las señales disponibles. De este modo se atenúan las influencias de la oscilación del grupo motor. No obstante, la regulación sigue dependiendo de los valores filtrados del filtro proporcional 28.
- 25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Regulador de un ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor de una planta de energía eólica, en el que un primer ramal de regulador, que presenta al menos un elemento de diferenciación, se conecta para determinar el ángulo de paso de pala si un valor real para una velocidad de giro del generador y/o del rotor es mayor que un segundo valor de conmutación predeterminado.
- 10 2. Regulador de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** en un modo de carga parcial de la planta de energía eólica se realiza una regulación del ángulo de paso de pala mediante un segundo y un tercer ramal de regulador (26, 16).
- 15 3. Regulador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** está presente un primer valor de conmutación predeterminado para la velocidad de giro del generador y/o del rotor y si un valor real para la velocidad de giro del generador y/o del rotor es menor que el primer valor de conmutación predeterminado, se conmuta al modo de carga parcial de la planta de energía eólica.
- 20 4. Regulador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** una regulación del ángulo de paso de pala se realiza adicionalmente mediante el primer ramal de regulador si está presente un modo de carga completa de la planta de energía eólica.
- 25 5. Regulador de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** una regulación del ángulo de paso de pala se realiza adicionalmente mediante el primer ramal de regulador si está presente una transición del modo de carga parcial al modo de carga completa.
- 30 6. Regulador de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado por que** en el segundo ramal de regulador está previsto un filtro proporcional (28) adaptado a oscilaciones del grupo motor.
7. Regulador de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizado por que** en el tercer ramal de regulador está previsto un elemento de integración.

