

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 670**

51 Int. Cl.:  
**F03D 7/02**

(2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07022585 .9**

96 Fecha de presentación: **21.11.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2063109**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.05.2009**

54 Título: **Procedimiento para el control de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:  
**22.09.2007 DE 102007045437**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.07.2012**

73 Titular/es:  
**NORDEX ENERGY GMBH  
BORNBARCH 2  
22848 NORDERSTEDT, DE**

72 Inventor/es:  
**Frese, Thomas;  
Hose, Gerd y  
Wiese-Müller, Lars-Ulrich**

74 Agente/Representante:  
**Roeb Díaz-Álvarez, María**

**ES 2 385 670 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 para el control de una instalación de energía eólica

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de una instalación de energía eólica con una sala de máquinas dispuesta en una torre y con un rotor con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de paso puede ajustarse mediante un dispositivo de ajuste del paso de una pala, en el que la sala de máquinas se hace girar alrededor del eje de la torre.
- 10 Ya son conocidas desde hace tiempo las instalaciones de energía eólica en las que se ajusta el ángulo de paso (llamado también ángulo de pitch), es decir, el ángulo de la pala de rotor respecto al plano del rotor. Mediante un dispositivo de ajuste del paso de una pala, el ángulo de paso puede ajustarse según la velocidad de viento que actúa sobre la pala (llamado también ajuste de pitch). Con un ángulo de paso de 90° se produce una transformación de potencia mínima del viento en energía mecánica, mientras que con un ángulo de paso de 0° se produce una transformación de potencia
- 15 máxima. Los dispositivos de ajuste de este tipo están provistos en muchos casos de accionamientos eléctricos o hidráulicos. En particular, puede estar previsto un dispositivo de ajuste propio para cada pala de rotor de una instalación de energía eólica.

También son conocidas instalaciones en las que puede generarse, mediante un dispositivo de ajuste del paso de una

20 pala, un desprendimiento del flujo en la pala al rebasarse una velocidad de viento máxima pudiendo conseguirse, por lo tanto, una reducción drástica de la transformación de potencia ("active stall"). Las instalaciones descritas al principio con una regulación del ángulo de paso e instalaciones con una regulación por pérdida aerodinámica ("active stall") están descritas, peje., en Erich Hau: "Windkraftanlagen", 3ª edición, editorial Springer 2003, Pág. 89 y ss.

25 Además, es conocido hacer girar la sala de máquinas de instalaciones de energía eólica mediante un accionamiento azimutal alrededor del eje de la torre, para orientar la instalación según la dirección del viento existente y optimizar el rendimiento. Para ello, la sala de máquinas se hace girar de tal modo que quede orientada con el rotor al viento. Por el estado de la técnica también es conocido evitar daños en la instalación por una carga excesiva haciéndose girar la sala de máquinas alrededor del eje de la torre cuando se produzcan velocidades de viento demasiado elevadas.

30 Por ejemplo en el documento DE 197 17 059 C1 se propone para una instalación con regulación por pérdida aerodinámica, ajustar los ángulos de paso de las palas de rotor de tal modo que las palas presenten un ángulo de -90° respecto al plano del rotor haciéndose girar a continuación la sala de máquinas 180° alrededor del eje de la torre hacia el lado de sotavento de la torre. Por el documento EP 0 709 571 A2 se conoce, además, ajustar los ángulos de paso de las

35 palas de rotor de tal modo que el rotor gire automáticamente alrededor del eje de la torre a una posición de aparcamiento de baja carga. Finalmente, en el documento DE 100 58 076 A1 se propone ajustar los ángulos de paso de las palas de rotor a una primera velocidad de viento de tal modo que queden colocadas en posición de bandera o generen un desprendimiento del flujo. Además, se propone girar el rotor 180° alrededor del eje de la torre hacia el lado de sotavento cuando hay una segunda velocidad de viento más elevada.

40 En el documento DE 10 2005 034899 se describe una instalación de energía eólica con dispositivos individuales para la regulación del ángulo de paso (pitch), que están equipados con detectores de fallos haciéndose se pasar la pala de rotor correspondiente en caso de un estado de servicio anormal mediante el dispositivo individual de regulación del ángulo de paso a una posición de desconexión.

45 No obstante, los procedimientos conocidos sólo son posibles si el dispositivo de ajuste del paso de una pala trabaja sin problemas. Si, por el contrario, falla el dispositivo de ajuste del paso de una pala, los procedimientos propuestos ya no pueden realizarse de forma fiable. En este caso, con una carga de viento fuerte puede llegar a rebasarse la velocidad máxima permitida del rotor. Una velocidad excesiva de este tipo tampoco puede impedirse mediante el freno de rotor

50 previsto en las instalaciones de energía eólica. Puesto que la potencia de frenado de este freno no está concebido para reducir la velocidad de rotor de forma duradera frente a la arremetida de un viento fuerte. Existe el peligro de que el freno de rotor sufra daños. Además, en caso de un defecto del dispositivo de ajuste del paso de una pala, la carga de la instalación y en particular del rotor y de sus palas por el viento que arremete sigue siendo en parte demasiado elevado, incluso en la posición de aparcamiento propuesta por el estado de la técnica.

55 Partiendo del estado de la técnica explicado, la invención tiene por lo tanto el objetivo de indicar un procedimiento del tipo indicado al principio, con el que quede garantizada una reducción de las cargas que actúan sobre la instalación en caso

de un defecto del dispositivo de ajuste del paso de una pala.

Este objetivo se consigue mediante el objeto de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas, la descripción y en las figuras se indican configuraciones ventajosas.

5

La invención consigue el objetivo para el procedimiento indicado al principio porque se controla la función del dispositivo de ajuste del paso de una pala y, en caso de producirse un fallo del dispositivo de ajuste del paso de una pala, la sala de máquinas se hace girar desde una posición de servicio a una posición de reposo, en la que el flujo de viento hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor al girar el rotor se reduce en comparación con el que se produce en la posición de servicio. Por consiguiente, según la invención, se controla el dispositivo de ajuste del paso de una pala para el ajuste del ángulo de paso, por ejemplo la regulación del ángulo de paso. Al detectarse un error del dispositivo de ajuste del paso de una pala, la góndola se hace girar automáticamente a la posición de reposo. Se constata un error, por ejemplo, si un valor teórico del ajuste de pala difiere una medida crítica del valor real medido del ajuste de pala. Por ejemplo, puede definirse una diferencia límite entre el valor teórico y el real. Al rebasarse esta diferencia límite, se emite un error. Si el dispositivo de ajuste del paso de una pala presenta, además, un sistema redundante, puede estar previsto que un error no se emita hasta que se detecte un error correspondiente para el sistema redundante.

10

15

Si las palas de rotor de la instalación están dispuestas en un plano, al girar el rotor definen una superficie dispuesta en un plano, en particular una superficie circular. Si las palas de rotor, en cambio, no están dispuestas en un plano, al girar el rotor definen una superficie correspondiente que no es plana, por ejemplo una superficie cónica.

20

La sala de máquinas se hace girar desde una posición de servicio, en la que se encuentra en el momento en el que se produce el error del dispositivo de ajuste del paso de una pala, a una posición de reposo. En la posición de reposo, el viento fluye con menos fuerza hacia la superficie imaginaria definida por las palas de rotor al girar el rotor en comparación con la posición de servicio. Por lo tanto, en la posición de reposo se reduce el consumo de energía aerodinámica del rotor, reduciéndose la superficie efectiva del rotor respecto a las direcciones del viento. Por lo tanto, la góndola se desplaza para resguardarse del viento. Por consiguiente, en la posición de reposo también se reduce la carga de las palas de rotor y, por lo tanto, del rotor y de los demás componentes de la instalación. De este modo queda garantizado que también en caso de un defecto del dispositivo de ajuste del paso de una pala no se puedan producir velocidades críticas del rotor, pudiendo producirse de este modo posiblemente un daño de la instalación.

25

30

El rotor puede presentar al menos dos y en particular tres palas de rotor. El dispositivo de ajuste del paso de una pala puede comprender un dispositivo de regulación para la regulación del ángulo de paso. Cada pala puede tener asignado un dispositivo de ajuste del paso de una pala propio. En este caso puede estar previsto que se controlen todos estos dispositivos. Para provocar el giro de la sala de máquinas a la posición de reposo puede bastar que el dispositivo de ajuste para al menos una pala presente un error.

35

La sala de máquinas puede dejarse en la posición de reposo mientras dure el error del dispositivo de ajuste del paso de una pala. Puede estar previsto que el giro de la góndola a la posición de reposo no se produzca si un accionamiento azimutal, usado posiblemente para el giro, presenta un error, está en el servicio manual o está bloqueado por otros motivos, por ejemplo si se ha producido una parada manual. Además, puede impedirse el giro de la sala de máquinas a la posición de reposo cuando la velocidad de viento, por ejemplo su valor medio, caiga por debajo de un valor necesario para el giro de la sala de máquinas (Yawen).

40

45

Aunque el dispositivo de ajuste del paso de una pala se denomine en el contexto presente a título de ejemplo regulación del ángulo de paso, en principio puede tratarse naturalmente también de un dispositivo de ajuste del paso de una pala por reducción aerodinámica (active stall).

50

Posibles daños de componentes de la instalación por el viento en caso de un error del dispositivo de ajuste del paso de una pala se evitan de una forma especialmente segura si en la posición de reposo se produce un flujo de viento mínimo hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor al girar el rotor. Con esta configuración, la góndola se desplaza en particular resguardándose del viento, de modo que el eje de giro del rotor presenta un ángulo de 90° respecto a la dirección del viento. Por lo tanto, se minimiza el consumo de potencia aerodinámica del rotor minimizándose la superficie de rotor efectiva respecto a la dirección del viento.

55

Según otra configuración de la invención, para el giro a la posición de reposo, la sala de máquinas puede hacerse girar desde su posición de servicio 90° alrededor del eje de la torre. En esta configuración, la góndola se encuentra, por lo

tanto, en una posición en la que fluye un flujo de viento máximo hacia la superficie definida por las palas de rotor al girar el rotor. En esta posición de reposo adoptada normalmente, el viento está orientado por lo tanto en la dirección perpendicular respecto al plano del rotor, siempre que el eje de giro del rotor esté dispuesto en la dirección horizontal. El eje de giro del rotor (o la dirección longitudinal de la sala de máquinas) está orientada en este caso en la dirección paralela a la dirección del viento. En la posición de reposo girada 90°, un eje de giro horizontal del rotor está dispuesto en cambio perpendicularmente respecto a la dirección del viento. El llamado ángulo de guiñada es en este caso de 90°. En esta posición girada 90° alrededor del eje de la torre, el flujo de viento es mínimo hacia la superficie definida por las palas de rotor al girar alrededor del eje del rotor. Por lo tanto, en esta configuración, la góndola se resguarda del viento por la vía más corta. De este modo, las cargas que se producen se mantienen lo más bajas posible.

10 Otra configuración prevé que la sala de máquinas sólo se haga girar a la posición de reposo cuando el ángulo de paso de al menos una pala de rotor sea inferior a un ángulo de paso límite predeterminado. En esta configuración, para un giro a la posición de reposo debe cumplirse, por lo tanto, además de un error del dispositivo de ajuste del paso de una pala, otra condición, es decir, al menos una pala de rotor debe presentar un ángulo inferior a un ángulo de paso límite. El consumo de potencia por la pala de rotor es máximo cuando el ángulo de paso o el ángulo de pitch es de 0° y mínimo cuando el ángulo de paso es de 90°. Según esta configuración, un giro a la posición de reposo en caso de un error del dispositivo de ajuste del paso de una pala sólo tiene lugar cuando hay una carga crítica, en particular considerable, por el viento debido al ángulo de pitch existente. En caso de haber varias palas de rotor, basta que para una de las palas de rotor el ángulo de pitch sea inferior al ángulo de pitch límite. Una configuración especialmente adecuada para la práctica prevé que el ángulo de paso límite o el ángulo de pitch límite sean de 60°.

De forma especialmente sencilla y fiable, la sala de máquinas puede hacerse girar a la posición de reposo mediante un accionamiento azimutal de la instalación de energía eólica, es decir, mediante motor. Puede estar previsto que la góndola sólo gire a la posición de reposo cuando el accionamiento azimutal esté en servicio de producción. En particular en el modo de servicio del accionamiento azimutal no es posible un giro automático de la góndola a la posición de reposo.

Otra configuración especialmente preferible prevé que la sala de máquinas en la posición de reposo realice un seguimiento, en particular de forma continua, en caso de cambiar la dirección del viento, de modo que se vuelve a producir un flujo de viento reducido en comparación con la posición de servicio, preferiblemente mínimo, hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor al girar el rotor. En esta configuración, la sala de máquinas también se hace girar correspondientemente en caso de un cambio de la dirección de viento, de modo que vuelve a reducirse la superficie del rotor efectiva para el viento o vuelve a ser mínima. Por lo tanto, se garantiza que, también en caso de un cambio de viento, mientras haya un error de pitch no se produzca ningún peligro para la seguridad de la instalación. Para la medición de la velocidad de viento pueden estar previstos anemómetros adecuados. El seguimiento puede interrumpirse si un accionamiento azimutal, usado por ejemplo para el seguimiento, está bloqueado, si por ejemplo presenta un error, si se ha producido una parada manual de un accionamiento azimutal de este tipo, si éste no está conmutado por ejemplo al servicio de producción sino al modo de servicio técnico o si la velocidad de viento queda por debajo de un valor necesario para el giro de la sala de máquinas.

40 Según una configuración especialmente adecuada para la práctica, el seguimiento en caso de un cambio de la dirección del viento puede realizarse mediante un accionamiento azimutal de la instalación de energía eólica, es decir, por motor.

A continuación, se explicará más detalladamente un ejemplo de realización de la invención con ayuda de un dibujo. Muestran de forma esquemática:

45 la figura 1 una instalación de energía eólica en una vista en planta desde arriba en su posición de servicio;

la figura. 2 la instalación de energía eólica de la figura 1 en una vista en planta desde arriba en su posición de reposo.

50 En las figuras, los mismos signos de referencia se refieren a los mismos objetos. En las figuras está representada una instalación de energía eólica con una sala de máquinas 2 dispuesta en una torre 1. En la sala de máquinas 2 está fijado un rotor 3 con tres palas de rotor 4 que en el ejemplo representado sólo están representadas de forma muy esquematizada. El ángulo de paso de las palas de rotor 4 puede ajustarse y regularse mediante un dispositivo de ajuste del paso de una pala (regulación de pitch) no representado detalladamente. Cada pala de rotor 4 tiene asignado un dispositivo de ajuste del paso de una pala propio.

En el ejemplo representado, las palas de rotor 4 están dispuestas sustancialmente en un plano E. Al girar alrededor de su eje de rotor, definen una superficie circular que también está dispuesta sustancialmente en el plano E. El eje de giro del rotor 3 se designa en las figuras con el signo de referencia 5. Mediante un accionamiento azimutal no representado detalladamente, la sala de máquinas 2 puede hacerse girar alrededor del eje de la torre. La dirección del viento que llega a la instalación de energía eólica se muestra en las figuras de forma esquemática mediante la flecha 6.

En la figura 1, la instalación de energía eólica está representada en su posición de servicio. En esta posición, la superficie definida al girar las palas de rotor 4 alrededor del eje del rotor está dispuesta perpendicularmente respecto a la dirección del viento 6. El eje de giro 5 del rotor 3, que está dispuesto en paralelo al eje longitudinal de la góndola 2, está dispuesto en esta posición en paralelo a la dirección del viento 6. En esta posición de servicio queda maximizada la superficie efectiva del rotor respecto a la dirección del viento 6. Por lo tanto, en esta posición es máximo el consumo de potencia aerodinámica. Según la intensidad del viento que arremete, se ajustan el ángulo de ajuste de las palas de rotor 4 mediante el dispositivo de ajuste del paso de una pala.

En el servicio de la instalación se controla de forma continua el dispositivo de ajuste del paso de una pala y, en particular, el ángulo de paso. Si la diferencia entre el ángulo de paso teórico y el ángulo de paso real medido rebasa un valor límite predeterminado para al menos una de las palas de rotor 4, y si éste también es el caso para un dispositivo de ajuste del paso de una pala redundante dado el caso previsto para las palas de rotor 4, se emite un error del dispositivo de ajuste del paso de una pala. Si, además, el ángulo de paso (ángulo de pitch) de al menos una pala de rotor es inferior a un ángulo de paso límite de 60°, se hace que la góndola 2 gire a una posición de reposo. Dado el caso, pueden predeterminarse otras condiciones que deben cumplirse para que se produzca el giro a la posición de reposo. Otra condición es, por ejemplo, que la velocidad de viento no haya caído por debajo de un valor necesario para el giro de la sala de máquinas 2. En el ejemplo representado, el giro de la sala de máquinas 2 a la posición de reposo se realiza por motor mediante el accionamiento azimutal de la instalación de energía eólica.

La posición de reposo de la sala de máquinas 2 está representada en la figura 2. Puede verse que la sala de máquinas 2 se ha girado un ángulo  $\gamma$  de 90° alrededor del eje de la torre para girarla a la posición de reposo desde la posición de servicio representada en la figura. 1. En esta posición de reposo, el eje de giro 5 del rotor está dispuesto en la dirección perpendicular respecto a la dirección del viento 6. La superficie definida por las palas de rotor 4 al girar el rotor está dispuesta en paralelo a la dirección del viento 6. Mientras que en la posición de servicio se produce un flujo de viento máximo hacia la superficie definida al girar las palas de rotor 4 alrededor del eje de rotor, en la posición de reposo, representada en la figura 2, el flujo de viento hacia la superficie definida por las palas 4 es mínimo. En esta posición de reposo queda minimizado el consumo de potencia aerodinámica del rotor 3, minimizándose la superficie de rotor efectiva para el viento. Por lo tanto, en esta posición queda garantizado que tampoco en caso de un dispositivo de ajuste del paso de una pala defectuoso no se produzcan velocidades excesivas que posiblemente dañen la instalación ni cargas excesivas. La góndola 2 permanece en esta posición de reposo mientras dure el error del dispositivo de ajuste del paso de una pala.

En el ejemplo representado, la sala de máquinas 2 realiza un seguimiento en caso de un cambio de la dirección del viento 6 mediante el accionamiento azimutal, de modo que vuelve a producirse un flujo de viento mínimo hacia la superficie definida al girar las palas de rotor 4 alrededor del eje de rotor. En el ejemplo representado están previstos anemómetros, que miden la dirección del viento. Cuando se detecta un cambio de la dirección del viento 6, la sala de máquinas 2 de la instalación de energía eólica sigue correspondientemente al viento. Por lo tanto, queda asegurado que en caso de un cambio de la dirección del viento 6 quede garantizada una reducción eficaz de las cargas que actúan sobre la instalación.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el control de una instalación de energía eólica con una sala de máquinas dispuesta en una torre y con un rotor con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de paso puede ajustarse con un dispositivo de ajuste del paso de una pala,
- 5
- en el que la sala de máquinas se hace girar alrededor del eje de la torre,
- 10
- caracterizado porque se controla la función del dispositivo de ajuste del paso de una pala y, en caso de producirse un fallo del dispositivo de ajuste del paso de una pala, la sala de máquinas (2) se hace girar desde una posición de servicio a una posición de reposo, en la que el flujo de viento hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor (4) al girar el rotor se reduce en comparación con el producido en la posición de servicio.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en la posición de reposo tiene lugar un flujo de viento mínimo hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor (4) al girar el rotor.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque para el giro a la posición de reposo, la sala de máquinas (2) puede hacerse girar desde su posición de servicio 90° alrededor del eje de la torre.
- 20
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la sala de máquinas (2) sólo se hace girar a la posición de reposo si, además, el ángulo de paso de al menos una pala de rotor (4) es inferior a un ángulo de paso límite predeterminado.
- 25
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el ángulo de paso límite es de 60°.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la sala de máquinas (2) se hace girar a la posición de reposo mediante un accionamiento azimutal de la instalación de energía eólica.
- 30
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la sala de máquinas (2) realiza un seguimiento en la posición de reposo en caso de un cambio de la dirección del viento (6), de modo que vuelve a producirse un flujo de viento reducido hacia la superficie definida por la al menos una pala de rotor (4) al girar el rotor en comparación con la posición de servicio.
- 35
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque el seguimiento tiene lugar mediante un accionamiento azimutal de la instalación de energía eólica.

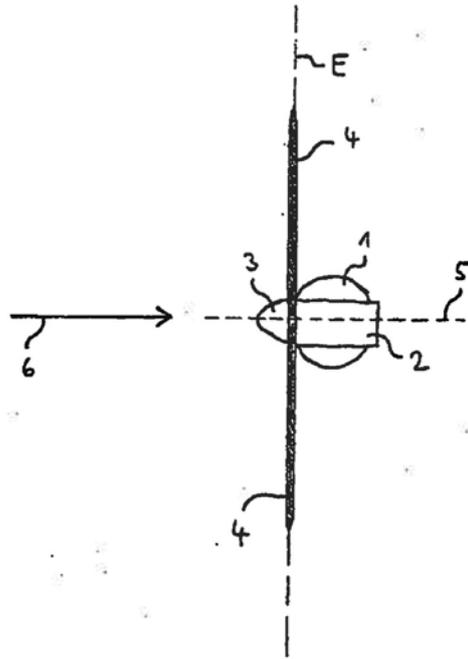


FIG. 1.

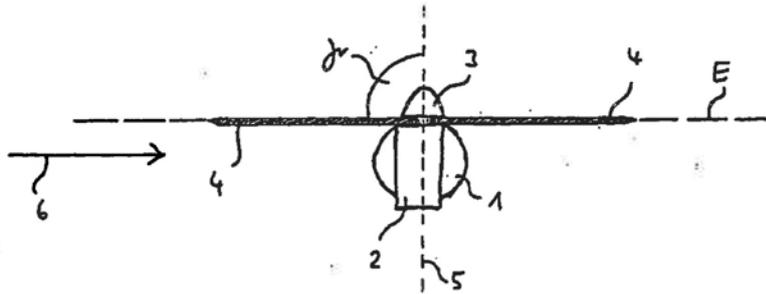


FIG. 2