

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 502**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2014** **E 14157792 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018** **EP 2915998**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.05.2018

73 Titular/es:
NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:
VON ASWEGE, ENNO y
MERKEL, MAXIMILIAN

74 Agente/Representante:
ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 668 502 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 funcionamiento de una planta de energía eólica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica que tiene al menos dos palas de rotor ajustables respecto a su ángulo de paso.

La invención se refiere al funcionamiento de una planta de energía eólica, cuyas palas de rotor se pueden ajustar en cada caso en su eje longitudinal para cambiar un ángulo de paso de la pala de rotor. Mediante el ajuste del ángulo de paso se modifica el comportamiento del flujo de aire en la pala de rotor, de modo que se puede variar el par generado a partir del viento.

En relación con el ajuste del ángulo de paso en varias palas de rotor es conocida una serie de enfoques diferentes. Primeramente puede estar previsto un dispositivo de ajuste, un llamado dispositivo de pitch central, que es común igualmente para todas las palas de rotor. En cambio, hay plantas de energía eólica, en las que pueden estar previstas unidades separadas para cada pala de rotor para el ajuste del ángulo de paso, que se identifican en el lenguaje técnico también como dispositivos de pitch individuales. En este contexto es conocido que los dispositivos de pitch individuales se puedan regular como sistema de regulación de pitch colectivo o como sistema de regulación de pitch individual.

Por el documento EP2290232A1 es conocido un control para un ángulo de paso que permite reducir la carga aerodinámica de una planta de energía eólica fuera de funcionamiento. A tal efecto, se comprueba si los ángulos de paso de las palas de rotor coinciden y a continuación, éstas se mueven individualmente a la posición de bandera.

Por el documento EP1910670B1 es conocido un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con dispositivos de pitch individuales, en el que para cada dispositivo de pitch individual están previstos adicionalmente un detector de averías separado y un dispositivo de activación propio, estando configurado el detector de averías para detectar estados operativos anormales y estando conectado el mismo al dispositivo de activación que produce un ajuste de la respectiva pala de rotor a su posición de desconexión. La detección de la avería tiene lugar de manera autárquica para cada uno de los dispositivos de pitch individuales.

Por el documento EP2497946A1 es conocido un procedimiento para determinar un desequilibrio de los ángulos de paso en una planta de energía eólica. Con este fin, la góndola de la planta de energía eólica se pivota mediante un accionamiento acimutal y se analiza una señal de carga, obtenida por el cambio del ángulo acimutal, respecto a la componente de frecuencia de la señal de carga para determinar una aplicación de carga no uniforme en las palas de rotor.

Por el documento EP2329141B1 es conocido un procedimiento para evaluar el modo de funcionamiento y la operación de una planta de energía eólica con dispositivos de pitch individuales en dependencia de una diferencia producida entre el valor real y el valor nominal predefinido. Esto permite detectar, por ejemplo, fallos en el apoyo de las palas de rotor.

Por el documento EP2256339A2 es conocido un procedimiento para la monitorización de dispositivos de pitch individuales en una planta de energía eólica, en el que una señal de control se genera en intervalos de tiempo consecutivos y se almacena como una serie temporal. Un estado de alarma se activa si una señal de alarma, derivada de la serie temporal, supera un valor umbral. La señal de alarma se determina aquí a partir de la variación de las señales de control en el tiempo. En el caso también de este enfoque de detectar un fallo en una planta de energía eólica con dispositivos de pitch individuales se consideran solo los valores que están presentes en un dispositivo de pitch individual y que se refieren al dispositivo de pitch individual.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con dispositivos de pitch individuales, que permita detectar de manera oportuna y fiable fallos en los dispositivos de pitch individuales y en su regulación.

55 Según la invención, el objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas son el objeto de las reivindicaciones secundarias.

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica que está provista de al menos dos palas de rotor ajustables respecto a su ángulo de paso. Según el procedimiento se mide primero un valor real del ángulo de paso para cada una de las palas de rotor. Además, mediante la sustracción de dos valores reales medidos de los ángulos de paso entre sí se determina al menos un valor diferencial. El o los valores diferenciales, preferentemente sus valores absolutos, se evalúan mediante combinaciones lógicas, acumulándose el resultado determinado de las combinaciones o los resultados de las combinaciones. Durante la acumulación se añade en cada caso un resultado de combinación actual al valor acumulado hasta el momento. El o los valores acumulados se comparan con un valor umbral predeterminado y se emite una señal de fallo, si el o los valores acumulados superan el valor umbral predeterminado, pudiéndose emitir también una señal de fallo al alcanzarse el

valor umbral.

Un aspecto del procedimiento, según la invención, consiste en que durante el funcionamiento de la planta de energía eólica se detectan diferencias entre los ángulos de paso de las palas de rotor y éstas se evalúan mediante combinaciones lógicas y los resultados de combinaciones actuales se acumulan con el transcurso del tiempo. El valor acumulado sirve como valor de comparación para evaluar la regulación/el control realizado de los ángulos de paso. Esto significa que mientras mayor son las diferencias de los ángulos de pala y mientras más tiempo se mantengan, más probable es la presencia de un fallo. A diferencia de muchos otros procedimientos de detección de fallos o detectores de fallos se hace uso de la información de dos ángulos de paso para detectar el fallo.

En una configuración preferida se miden los valores reales de los ángulos de paso de tres palas de rotor y a partir de esto se determinan tres valores diferenciales.

En principio, en caso de más de tres valores reales medidos de los ángulos de paso se puede formar respectivamente la misma cantidad de valores diferenciales que valores reales detectados existentes de los ángulos de paso. Solo si los valores reales de los ángulos de paso se miden únicamente en dos palas de rotor, se puede formar un único valor diferencial.

En una variante preferida del procedimiento, si existe más de un valor diferencial, se selecciona el valor máximo de los valores diferenciales formados, se evalúa lógicamente y a continuación se acumula el resultado de la combinación lógica correspondiente. En caso de existir solo un valor diferencial se evalúa lógicamente solo este valor y a continuación se acumula el resultado de la combinación lógica.

En una variante preferida del procedimiento según la invención, los valores diferenciales se comparan con valores de intervalo mediante combinaciones lógicas y los resultados de la comparación están disponibles como resultados de operaciones lógicas. Los resultados de operaciones lógicas se pueden ponderar con pesos de intervalo. Estas etapas se pueden ejecutar también independientemente de si seleccionó el valor diferencial máximo. En caso de haberse seleccionado el valor diferencial máximo, este valor se compara con uno o varios valores de intervalo mediante combinaciones lógicas para ponderar a continuación, dado el caso, el o los resultados de combinaciones lógicas con uno o varios pesos de intervalo. La ponderación de los resultados de combinaciones lógicas permite asignar a valores diferenciales grandes, que son usualmente un indicio de la presencia de un fallo, un peso mayor que a valores diferenciales pequeños que son menos importantes desde el punto de vista técnico.

En una variante preferida están previstos dos valores de intervalo, delimitando el primer valor de intervalo un intervalo con diferencias muy grandes entre los ángulos de paso y delimitando el segundo valor de intervalo un intervalo con diferencias grandes entre los ángulos de paso.

En una variante preferida, a un resultado de combinación lógica, que se refiere a un valor diferencial menor que el segundo valor de intervalo, se asigna un peso negativo que reduce el valor de los resultados de combinación lógica acumulados. De este modo, se puede impedir que el valor acumulado aumente fuertemente, si se originan solo pequeñas diferencias entre los ángulos de paso de la planta de energía eólica. El valor acumulado está limitado preferentemente a valores superiores o iguales a cero.

En otra configuración preferida puede estar prevista una disminución de los valores acumulados que tiene lugar con el transcurso del tiempo. De este modo se puede asignar a los valores diferenciales, detectados desde hace mucho tiempo, un peso menor que a los valores diferenciales detectados más recientemente.

Un ejemplo de realización preferido del procedimiento, según la invención, se explica en detalle por medio de un diagrama de bloques.

En la única figura 1 se determinan en la etapa 10 los valores reales de los ángulos de paso 12, 14, 16 de tres palas de rotor. Los valores reales 12, 14, 16 se transmiten a los generadores de diferencias 18a-c. En el generador de diferencias 18a se encuentran los valores reales 12 y 14. En el generador de diferencias 18b se encuentran los valores reales 14 y 16 y en el generador de diferencias 18c se encuentran los valores reales 12 y 16. La asignación, representada en el ejemplo de realización, de los valores reales 12 a 16 a los generadores de diferencias 18a-18c es arbitraria y se puede permutar de manera correspondiente. Las señales de salida 19a-19c de los generadores de diferencias 18a-18b están presentes como señales de entrada en los generadores de valores 20a-20c.

Dado que al observarse los valores diferenciales no se han de considerar los signos, el valor absoluto se forma en cada caso mediante los generadores de valores 20a-c. De este modo resulta irrelevante si un ángulo de paso de pala de rotor se adelanta o no al otro. Las señales de salida 21a-21c de los generadores de valores 20a-20c se transmiten a continuación a un generador de máximos 22 que selecciona el máximo de las señales de salida 21a-c. La salida del generador de máximos 22 indica entonces la diferencia máxima entre dos valores reales de los ángulos de paso. La señal de salida 24 del generador de máximos 22 se transmite a continuación a cuatro comparadores 26a-d. En los comparadores 26a y 2b se encuentra también el primer valor de intervalo 28a que puede estar fijado, por ejemplo, en el valor 4, e identifica diferencias muy grandes entre los ángulos de paso. En los comparadores 26c

y 26d se encuentra el segundo valor de intervalo 28b que puede estar fijado, por ejemplo, en el valor 3, e identifica diferencias grandes entre los ángulos de paso. Los comparadores 26a-d comparan en cada caso la señal de salida existente 24 con los valores de intervalo existentes 28a, 28b. Como se puede observar en la figura 1, los comparadores 26a y 26b están opuestos entre sí desde el punto de vista de su función. Esto significa que el comparador 26a genera una señal de salida 30 con el valor 1, si la señal de salida 24 es igual al primer valor de intervalo 28a o mayor que el primer valor de intervalo 28a. En este caso, en el comparador 26b se encuentra una señal de salida 32 con el valor 0. Si la señal de salida 24 es menor que el primer valor de intervalo 28a, en el comparador 26a se encuentra entonces una señal de salida 30 con el valor 0 y en el comparador 26b, una señal de salida 32 con el valor 1. El comparador 26d genera una señal de salida 36 con el valor 1, si la señal de salida existente 24 es igual al segundo valor de intervalo 28b o menor que el segundo valor de intervalo 28b. El comparador 26c es complementario al comparador 26d y genera una señal de salida 34 con el valor 1, si la señal de salida 24 es mayor que el segundo valor de intervalo 28b. Las señales de salida 32 y 34 de los comparadores 26b, 26c se encuentran como entradas en una puerta Y 38. La puerta Y 38 genera una señal de entrada 39 con el valor 1, si tanto el comparador 26b como el comparador 26c dan lugar a una señal de salida 32 o 34 con el valor 1.

Resumiendo, la estructura formada por cuatro comparadores 26a-d y dos valores de intervalo 28a, 28b, que se describe arriba, da como resultado que la señal de salida 30 esté presente con el valor 1, si la señal de salida 24 es igual al primer valor de intervalo 28a o mayor que el primer valor de intervalo 28a. Una señal de salida 39 con el valor 1 está presente, si la señal de salida 24 se encuentra entre el primer valor de intervalo 28a y el segundo valor de intervalo 28b, suponiéndose que el segundo valor de intervalo 28b es menor que el primer valor de intervalo 28a. Una señal de salida 36 con el valor 1 está presente, si la señal de salida 24 es igual al segundo valor de intervalo 28b o menor que el segundo valor de intervalo 28b.

La señal de salida 36 del comparador 26d se multiplica por un peso de intervalo 44 en un multiplicador 46. En el ejemplo representado, la señal de salida 36, que puede asumir los valores 0 o 1, se puede multiplicar, por ejemplo, por el factor menos 1, de modo que la señal de salida 52 del multiplicador 46 puede asumir los valores 0 o menos 1. La señal de salida 39 de la combinación Y 38, que puede asumir los valores 0 o 1, se multiplica por un peso de intervalo 42 que tiene, por ejemplo, el valor 1. El resultado de la multiplicación, realizada en el multiplicador 48, corresponde entonces al valor de la señal de salida 39 en el ejemplo representado. La señal de salida 30 del comparador 26a, que puede asumir los valores 0 o 1, se multiplica en un multiplicador 50 por un peso de intervalo 40. En el ejemplo representado, el peso de intervalo 40 está fijado en el valor 10. El resultado de la multiplicación, realizada en el multiplicador 50, está presente como señal de salida 56 y puede asumir, por tanto, los valores 0 o 10. Las señales de salida 52, 54, 56 de los multiplicadores 46, 48, 50 están presentes en un elemento de adición 58 que agrupa las señales, presentando en un momento considerado respectivamente una de las señales de salida 52, 54, 56 un valor que es diferente a 0 y presentando dos de las señales de salida 52, 54, 56 un valor 0. A continuación, la señal de salida 60 del elemento de adición 58 se transmite a un acumulador 90 que está formado por un elemento de adición 62, una unidad de retardo 66 y un generador de máximos 70. Los valores de la señal de salida 60 se acumulan de manera discreta en el tiempo en el elemento de adición 62. En este caso, el valor acumulado se transmite como señal de salida 64 a una unidad de retardo 66 que la transmite como señal de salida 68 a un generador de máximos 70. La señal de salida 68 de la unidad de retardo 66 está presente, por consiguiente, de manera retardada en un paso temporal en el generador de máximos 70 que compara la señal de salida 68 con un valor de comparación 76 que es, por ejemplo, cero. De esta manera se garantiza que la señal de salida 72, enviada por el generador de máximos 70 al elemento de adición 62, no pueda asumir valores negativos.

El valor, acumulado de esta manera mediante el elemento de adición 62, está presente como señal de salida 64 junto con un valor umbral 78 en el lado de entrada de un comparador 80. El comparador 80 genera una señal de salida 82 con el valor 1 tan pronto el valor acumulado es igual al valor umbral 78 o superior al valor umbral 78 que puede estar fijado, por ejemplo, en el valor 45000. La señal de salida 82 conduce a la entrada "S" de un elemento de almacenamiento 84. La señal de salida 86 del elemento de almacenamiento 84 se fija en este caso en el valor 1, si la señal de salida 82 presenta el valor 1, interpretándose la señal de salida 86 como señal de fallo. Mediante una señal 88 con el valor 1 en la entrada "R" del elemento de almacenamiento 84, la señal de salida 86 del elemento de almacenamiento 84 se puede llevar al valor 0.

La ventaja especial del procedimiento según la invención radica en que dicho procedimiento se puede programar también de manera fiable en controles con lenguaje limitado. En particular, la invención se puede aplicar también en los controles de seguridad para monitorizar dispositivos de ajuste de ángulo de paso, aunque pongan a disposición a menudo solo un lenguaje muy limitado para la programación. Además, el propio procedimiento según la invención tiene un nivel de seguridad suficiente y se puede aplicar en paralelo al sistema de gestión, utilizado normalmente, de la planta de energía eólica. Con el procedimiento según la invención se detectan a tiempo un mal funcionamiento, en particular en el marco de una regulación de pitch individual, y se evitan, por consiguiente, esfuerzos mecánicos altos en la planta de energía eólica. No es necesario tener en cuenta las cargas altas en el diseño de la planta de energía eólica, lo que influye ventajosamente también en el diseño general de la planta de energía eólica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con al menos dos palas de rotor ajustables respecto a su ángulo de paso, **caracterizado por:**
- 5
- medir un valor real (12, 14; 16) del ángulo de paso para cada una de las palas de rotor,
 - formar al menos un valor diferencial (19a, 19b, 19c) mediante la sustracción (18a, 18b, 18c) de dos valores reales medidos de los ángulos de paso (12, 14, 16) entre sí,
 - formar al menos un resultado de combinación (60) mediante combinaciones lógicas de al menos uno de los valores diferenciales (19a, 19b, 19c),
 - formar un valor acumulado (64) mediante la acumulación (90) del al menos un resultado de combinación (60),
 - comparar (80) el valor acumulado (64) con un valor umbral predeterminado (78) y
 - activar una señal de fallo (86), si el valor acumulado (64) supera el valor umbral predeterminado (78).
- 10
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se miden los valores reales de los ángulos de paso (12, 14, 16) de tres palas de rotor y se determinan tres valores diferenciales (19a, 19b, 19c).
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** a partir del al menos un valor diferencial (19a, 19b, 19c) se forma en cada caso un valor absoluto (20a, 20b, 20c).
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** a partir de los valores diferenciales (19a, 19b, 19c) se determina mediante la formación de máximos (22) un valor diferencial máximo (24) que crea la base para el al menos un resultado de combinación (60).
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** están previstos un primer valor de intervalo (28a) y un segundo valor de intervalo (28b), delimitando el primer valor de intervalo (28a) un intervalo con diferencias muy grandes entre los ángulos de paso de las palas de rotor y delimitando el segundo valor de intervalo (28b) un intervalo con diferencias grandes entre los ángulos de paso de las palas de rotor.
- 35 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** el valor diferencial máximo (24) se compara con uno o varios valores de intervalo (28a, 28b) y el o los resultados de las comparaciones están presentes como uno o varios resultados de combinaciones lógicas (30, 36, 39).
- 40 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** los resultados de combinaciones lógicas (30, 36, 39) se ponderan en cada caso con un peso de intervalo (40, 42, 44).
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el resultado de combinación lógica (36), que corresponde a un valor del valor diferencial máximo (24) por debajo del segundo valor de intervalo (28b), se pondera con un peso de intervalo negativo (44) que reduce el valor acumulado (64).
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el valor acumulado (64) disminuye con el transcurso del tiempo.

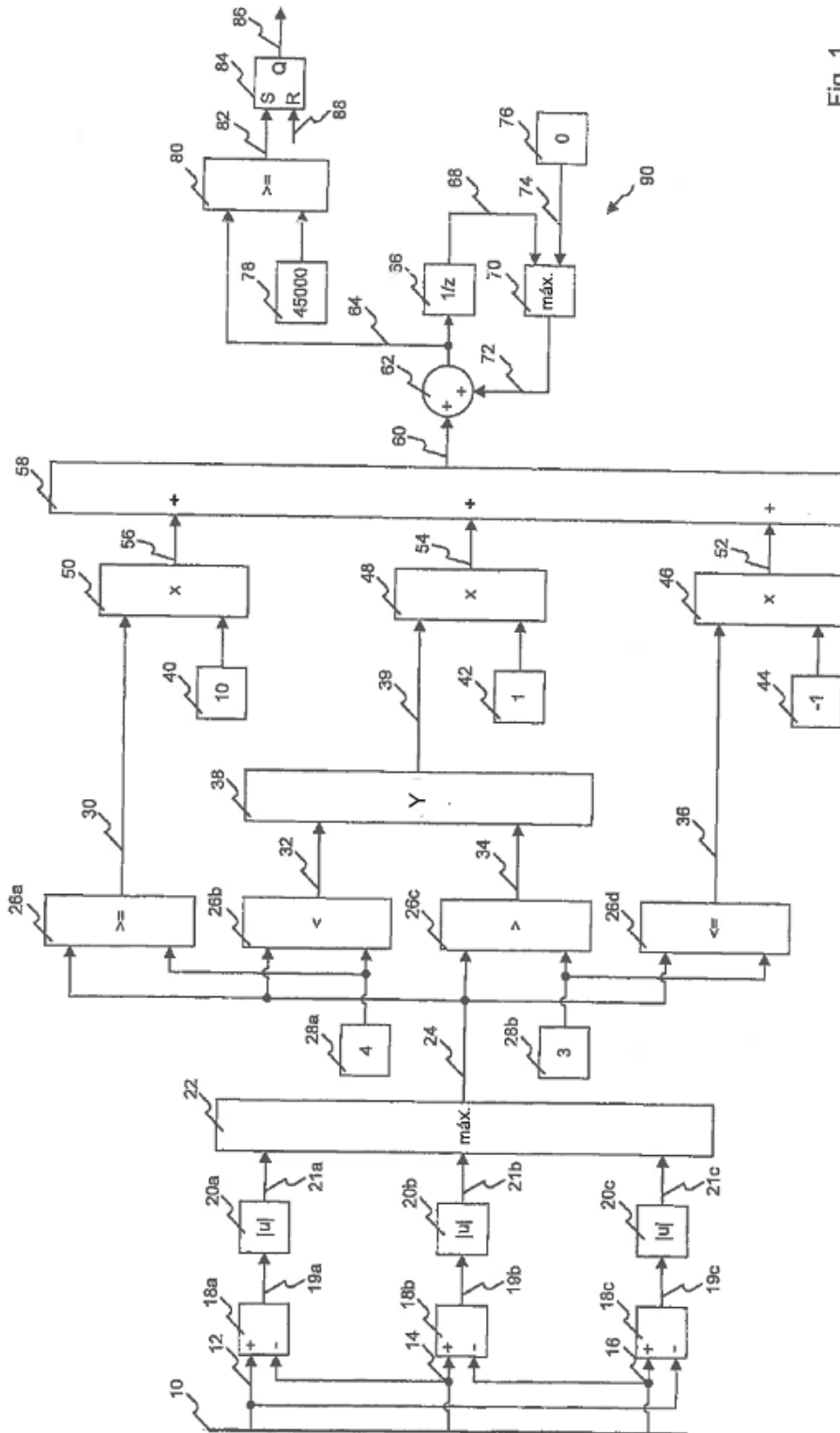


Fig. 1