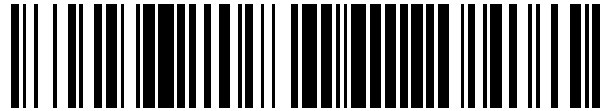


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 777**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2011 E 11156800 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2369177**

54 Título: **Procedimiento para la determinación del estado del freno e instalación de energía eólica para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

25.03.2010 DE 102010012957

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

15.04.2016

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**ALTEMARK, JENS y
BRÜCKNER, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 566 777 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 la determinación del estado del freno e instalación de energía eólica para la realización del procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación el estado de un dispositivo de freno de una instalación de energía eólica así como a una instalación de energía eólica para la realización del procedimiento.

10 Las instalaciones modernas de energía eólica presentan, en general, dispositivos de freno, por ejemplo para frenar el rotor en el caso de averías en el funcionamiento, o para la fijación de la carcasa de la máquina sobre una torre. En el primer estado mencionado se trata en este caso la mayoría de las veces de frenos de disco mecánicos, que actúan directamente sobre el eje de giro del rotor o indirectamente a través de un engranaje sobre el rotor. Tales frenos mecánicos deben ser supervisados para reconocer oportunamente una función errónea y excluir un riesgo para la seguridad. A tal fin se conocen diferentes procedimientos. El documento DE 10 2004 051 054 A1 de la solicitante publica una instalación, en la que un dispositivo de freno para el frenado de un componente conectado con un servo accionamiento es supervisado con un sensor, que detecta una función errónea del freno. Aquí es un inconveniente que, en efecto, se reconoce la función errónea del freno, pero en el caso de un freno que funciona correctamente, no se determina ningún valor característico del estado del freno.

15 La invención tiene el cometido de presentar un procedimiento y una instalación de energía eólica, en los que se puede determinar el estado del freno con gasto reducido. El cometido se soluciona por medio de las características de las reivindicaciones independientes. Las formas de realización ventajosas se encuentran en las reivindicaciones dependientes.

20 En el procedimiento de acuerdo con la invención, se preparan datos sobre el comportamiento de carga de dispositivos de freno del tipo respectivo. En el periodo de tiempo entre el comienzo de un proceso de frenado y el final de un proceso de frenado se registra un valor de medición. Los datos y el valor de medición son agrupados en un valor característico del estado del freno.

25 En primer lugar, se explican algunos conceptos. Como comienzo de un proceso de frenado se aplica el instante, en el que se ponen en contacto las guarniciones de frenado con el cuerpo del freno. El cuerpo del freno es, en general, un disco de freno. El proceso de freno o bien se termina cuando las guarniciones de freno se desprenden de nuevo desde el disco de freno o cuando se frena la rotación hasta un cero o bien casi cero.

30 La invención se basa en el reconocimiento de que las variables, que dan la información directa sobre el estado del dispositivo de freno, la mayoría de las veces solamente se pueden medir directamente con algún gasto. Deben estar previstos sensores propios, que trabajan, en parte, en condiciones adversas y, por lo tanto, provocan gastos de mantenimiento. Esto se aplica por ejemplo para mediciones directas del desgaste de la guarnición del freno y para mediciones directas de la temperatura. En su lugar, la invención propone recurrir a valores de medición, que son fáciles de medir o están presentes de todos modos. Estos valores de medición que se pueden obtener fácilmente son agrupados con datos, a partir de los cuales resulta qué comportamiento de carga muestra el dispositivo de freno, por lo tanto cómo reacciona un dispositivo de freno del tipo respectivo a determinados procesos de freno. El gasto para crear los datos respectivos debe invertirse una vez. A continuación se pueden utilizar los datos para todos los dispositivos de freno de este tipo. Las informaciones son agrupadas en el valor característico del estado del freno y se pueden poner a disposición, por ejemplo, para el control de la instalación de energía eólica. El valor característico del estado del freno puede ser tal, por ejemplo, que permita sacar una conclusión sobre la temperatura o el desgaste del dispositivo de freno. En una forma de realización ventajosa está previsto que el valor característico del estado del freno contenga una medida del consumo de energía del dispositivo de freno.

45 Los procesos de frenado en instalaciones de energía eólica se diferencian de los procesos de freno clásicos, tal vez en vehículos, por que se alimenta al sistema más energía durante el proceso de frenado. El viento actúa, en efecto, también durante el proceso de frenado sobre el rotor y no se conoce qué cantidad de energía debe absorber el sistema de este camino. Por lo tanto, a diferencia de los procesos de frenado clásicos, en instalaciones de energía eólica no es posible calcular la energía convertida en el proceso de frenado fácilmente como diferencia de la energía del sistema al comienzo y de la energía del sistema al final. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, se registran los valores de medición de tal manera que se tiene en cuenta la energía alimentada a la instalación de energía eólica durante el proceso de frenado.

50 En una forma de realización ventajosa, el valor de medición comprende una medida para el recorrido de frenado. El recorrido de frenado designa el trayecto que han recorrido las guarniciones de freno entre el comienzo y el final del proceso de frenado sobre el disco de freno. Se ha mostrado que el procedimiento de acuerdo con la invención suministra buenos resultados ya con la hipótesis sencilla de que el desgaste o bien la energía consumida es proporcional al recorrido de frenado. Los datos necesarios para la determinación del valor característico del estado de los frenos se pueden calcular entonces fácilmente. Se pueden conseguir resultados más exactos con el procedimiento de acuerdo con la invención cuando se tienen en cuenta otros valores de medición, como por ejemplo el número de revoluciones, la duración de tiempo el proceso de frenado y/o la diferencia entre el número de

revoluciones al comienzo y al final del proceso de frenado. La consideración de varios parámetros en el valor de medición es especialmente ventajosa cuando están presentes también los datos sobre el comportamiento de carga de la instalación de energía eólica de manera detallada correspondiente.

5 En el caso más sencillo, se puede determinar el recorrido del freno contando el número de las revoluciones entre el comienzo y el final el proceso de frenado. También es posible deducir el recorrido del freno a partir de otros valores de medición, como por ejemplo el número de revoluciones al principio y al final del proceso de frenado o la duración de tiempo del proceso de frenado sobre el recorrido de frenado. Como medición durante el proceso de frenado se aplica también que se registra un valor de medición antes del comienzo y después del final del proceso de frenado, a partir el cual se puede deducir directamente un valor correspondiente durante el proceso de frenado. Así, por ejemplo, en virtud de la inercia, el número de revoluciones del rotor poco antes del comienzo de un proceso de frenado es esencialmente idéntico al número de revoluciones del rotor poco después del comienzo del proceso de frenado.

15 De manera alternativa, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar también sin el cálculo explícito del recorrido de frenado. Entonces son necesarios datos, que establezcan una relación directa entre los datos de medición respectivos (por ejemplo, tiempo, número de revoluciones, diferencia del número de revoluciones) y el valor característico del estado de funcionamiento deseado. La invención comprende registrar valores de medición sólo al comienzo y al final del proceso de frenado. De manera alternativa, durante el proceso de frenado se pueden registrar una pluralidad de valores de medición. En particular, en este caso se piensa de manera ventajosa en un registro continuado o casi continuado de la variable de medición, para registrar con una velocidad de exploración lo más alta posible todas las informaciones disponibles para la determinación exacta del valor característico el estado de los frenos.

20 En una forma de realización ventajosa está previsto que el valor característico del estado de los frenos, en el caso de que no se pare la sección de accionamiento durante el proceso de frenado, se determine teniendo en cuenta el número de revoluciones de la sección de accionamiento al final del proceso de frenado. Si la sección de accionamiento no se para de manera voluntaria o involuntaria durante el proceso de frenado, a partir del número de revoluciones durante la desactivación de la instalación de freno se pueden deducir informaciones importantes sobre el estado de la instalación de freno.

30 Con preferencia, se registran los valores de medición con sensores, que están presentes de todos modos, independientemente de la supervisión del freno, en la instalación de energía eólica. Éstos son, por ejemplo, sensores para el número de revoluciones o el tiempo, que se necesitan en el control para regular la instalación de energía eólica al punto de funcionamiento correcto. A partir de los valores de medición del número de revoluciones y del tiempo se puede calcular el recorrido de frenado. No son necesarios sensores caros, que solamente son competentes para la supervisión del freno, en esta forma de realización.

35 En el valor característico del estado de los frenos debe estar incluido, en general, el proceso de frenado en su totalidad. El valor característico del estado de los frenos solamente se determina, por lo tanto, con frecuencia al término del proceso de frenado. A través de la puesta a disposición del valor de medición al término del proceso de frenado se garantiza que un valor característico realmente representativo del estado de los frenos sea utilizado para el control siguiente de la instalación de energía eólica. Si el proceso de frenado no ha concluido todavía, el procesamiento siguiente del valor característico de los frenos podría conducir a resultados falsos, puesto que el valor característico del estado de los frenos podría modificarse después durante un periodo de tiempo muy corto.

45 Un procedimiento especialmente ventajoso de acuerdo con la invención prevé que a partir del valor característico del estado de los frenos se determina un tiempo de refrigeración de los frenos necesario para la refrigeración de los frenos. A través de un proceso de frenado se calienta en gran medida la instalación de frenado, por ejemplo el disco de freno. Por razones de seguridad es necesario con frecuencia que la instalación de energía eólica solamente se ponga de nuevo en funcionamiento cuando la instalación de freno se ha refrigerado en una medida suficiente. En el estado de la técnica, el tiempo de refrigeración de los frenos es un parámetro pre-ajustado, que debe seleccionarse para que en las condiciones más desfavorables, se refrigere el freno precisamente en una medida suficiente. Puesto que durante el tiempo de espera no se puede producir ninguna corriente, no son deseables los fallos de rendimiento condicionados por el tiempo de espera. A través de la invención ahora es posible determinar individualmente después de cada proceso de frenado individualmente el tiempo de refrigeración de los frenos, de tal manera que se puede reanudar de la manera más rápida posible de nuevo la generación de energía.

55 Un procedimiento especialmente ventajoso de acuerdo con la invención prevé que a partir del valor característico del estado de los frenos se determine un valor característico del desgaste que identifica el desgaste de los frenos. De esta manera, es posible que se determine el desgaste de la instalación de frenado y su avance sin un sensor propenso a fallos en las guarniciones de los frenos. De esta manera se suprime el sensor costoso así como el mantenimiento costoso y adicionalmente se mejora la seguridad de las instalaciones, por que a través de los sensores claramente más fiables se ofrece una seguridad más elevada.

Con preferencia, sobre la base de los mismos valores de medición (por ejemplo, el recorrido del freno) y utilizando los datos sobre el comportamiento de la carga se calcula una información tanto sobre la temperatura como también sobre el desgaste del dispositivo de freno. La invención también comprende obtener solamente una de las informaciones de esta manera y prever para la otra información un cálculo directo a través de un sensor propio.

5 También se puede calcular la temperatura a partir de un valor de medición, como por ejemplo el recorrido del freno, mientras que el desgaste se puede medir directamente por medio de un sensor propio. De manera alternativa, se puede calcular el desgaste a partir de un valor de medición como por ejemplo el recorrido del freno, mientras que la temperatura se mide directamente por medio de un sensor propio.

10 Especialmente cuando a partir del coeficiente del estado del freno debe calcularse también el desgaste, puede ser ventajoso determinar el coeficiente del estado de los frenos no con la ayuda de hipótesis lo más sencillas posible sino exactitud elevada. A tal fin puede estar previsto dividir el proceso de frenado durante la determinación del coeficiente de la resistencia del freno en una pluralidad de secciones cortas y calcular individualmente la influencia sobre el coeficiente del estado de los frenos para cada sección. Por ejemplo, para cada sección se puede tener en cuenta el número de revoluciones momentáneo. Con preferencia, durante el proceso de frenado se registra un número correspondientemente alto de valores de medición. De esta manera, se puede tener en cuenta mejor que el frenado de un rotor regularmente es un proceso no-lineal. De esta manera, se evita que se sumen errores a través de la detección no exacta del proceso de freno sobre una pluralidad de procesos de frenado para formar un error grande en el coeficiente del estado de frenado.

20 En este caso es especialmente ventajosa la detección de una variable de medición, que representa un parámetro de funcionamiento, variable dinámicamente durante el proceso de frenado, de la instalación de energía eólica, y el coeficiente del estado del freno se determina a partir de la modificación de la variable de medición durante el proceso de frenado. Dinámicamente designa aquí especialmente parámetros de la instalación de energía eólica, que no se modifican linealmente con el tiempo, sino que siguen relaciones más complejas, que son predeterminadas, por ejemplo, a través de toda la dinámica de la instalación. La evaluación de variables de medición dinámicas requiere, en efecto, un gasto de cálculo mayor, pero de esta manera permite también una determinación más detallada del estado de los frenos.

30 En dispositivos de frenado en instalaciones de energía eólica, la fuerza con la que las guarniciones de los frenos descansan sobre el disco de freno, es en general constante o al menos está escalonada fijamente. Por lo tanto, a partir del recorrido del freno de la sección de accionamiento se puede determinar una pluralidad de conclusiones, por ejemplo sobre la energía de freno consumida a través del freno y sobre el desgaste de una manera relativamente sencilla a partir del recorrido del freno. Cuando la fuerza es variable, la determinación de los datos, que se utilizan para la determinación del coeficiente del estado de los frenos, es correspondientemente más costosa.

35 Regularmente, el procedimiento se aplica en un dispositivo de freno para frenar una sección de accionamiento conectada con el rotor de la instalación de energía eólica. El dispositivo de freno puede actuar directamente sobre el árbol del rotor. Si en la sección de accionamiento está previsto un engranaje, se puede disponer el dispositivo de frenado sobre el lado del engranaje alejado del rotor. Precisamente el llamado freno del rotor es importante para la seguridad de la instalación de energía eólica, por lo que es especialmente conveniente la aplicación de la invención para la determinación del coeficiente del estado de los frenos. La invención se puede aplicar también en otros dispositivos de frenado, que sirven, por ejemplo, para la fijación de la carcasa de la máquina de la instalación de energía eólica con relación a la torre.

40 Además, la invención se refiere, además, a una instalación de energía eólica para la realización del procedimiento. La instalación de energía eólica comprende un dispositivo de freno, un sensor y una unidad de control. La unidad de control está diseñada para dar instrucciones al sensor para registrar un valor de medición en el periodo de tiempo entre el comienzo de un proceso de frenado y el final de un proceso de frenado. Además, está prevista una memoria de datos, en la que están registrados datos sobre el comportamiento de carga de dispositivos de freno del tipo respectivo. Por último, la instalación de energía eólica comprende un módulo de cálculo, que a partir de los datos y el valor de medición calcular un coeficiente del estado de los frenos.

50 En formas de realización ventajosas, el módulo de cálculo está diseñado para calcular a partir del coeficiente del estado de los frenos un tiempo de refrigeración de los frenos y/o un coeficiente de desgaste. En el valor de medición registrado con el sensor se trata con preferencia de un valor tal que es procesado también independientemente de una supervisión del freno en la unidad de cálculo, por ejemplo para la determinación de un punto de funcionamiento adecuado de la instalación de energía eólica. El punto de funcionamiento se determina con la ayuda de parámetros tales como ángulo de ataque de las palas del rotor, tensión, potencia, porción de potencia efectiva y potencia ciega. En la determinación de estos parámetros pueden entrar valores de medición, por ejemplo, sobre el número de revoluciones o modificaciones del número de revoluciones. Entonces no es necesario equipar la instalación de energía eólica solamente para fines de la supervisión del freno con sensores caros.

55 La instalación de energía eólica se puede combinar con otras características el procedimiento de acuerdo con la

invención, como se han descrito anteriormente.

A continuación se describe de forma ejemplar la invención con referencia a los dibujos adjuntos con la ayuda de formas de realización ventajosas. En este caso:

La figura 1 muestra una vista exterior de una instalación de energía eólica de acuerdo con la invención.

5 La figura 2 muestra una representación esquemática de componentes de la instalación de energía eólica de la figura 1; y

La figura 3 muestra un diagrama de flujo de una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

10 La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 1 con una torre 3, una casa de máquinas alojada de forma giratoria alrededor de un eje vertical de seguimiento del viento, con un rotor 4 alojado de forma giratoria alrededor de un eje de rotor 6 esencialmente horizontal con un cubo de rotor 30, en el que están dispuestas tres palas del rotor 10. Las palas del rotor están dispuestas de forma desplazable en ángulo en el cubo del rotor 30 alrededor de un eje de regulación de las palas 13, que se representa en la figura 1 como ejemplo de una pala de rotor 10 y que coincide esencialmente con el eje longitudinal de la pala.

15 Algunos componentes de la instalación de energía eólica de la figura 1 se representan de forma esquemática en la figura 2. Un árbol de rotor 11 se extiende en la carcasa de máquinas 12 y desemboca en un engranaje 14. En el engranaje 14, la rotación lenta de las palas del rotor 11 se transforma en un número de revoluciones más elevado y se transmite sobre un árbol de generador 15. El árbol de generador 15 acciona un generador no representado, con el que se genera corriente eléctrica.

20 Sobre el árbol del generador actúa un dispositivo de freno 16, que comprende un disco de freno 17 conectado con el árbol del generador 15 así como pinzas de freno con guarniciones de freno 18. El dispositivo de freno 16 sirve para frenar el rotor 4. Durante el proceso de frenado, las guarniciones de freno 18 rozan en el disco de freno 17, de manera que la presión, con la que las guarniciones de freno 18 se apoyan en el disco de freno 17, es siempre la misma.

25 El proceso de frenado comienza cuando las guarniciones de freno 18 entran en contacto con el disco de freno 17. En una alternativa, el proceso de frenado termina cuando el árbol del generador 15 se para. Éste es el caso cuando el rotor 4 se frena aerodinámicamente en primer lugar a través de la regulación del ángulo de ataque de las palas del rotor 10 y a continuación se para totalmente con el dispositivo de freno 16. En otra alternativa, el proceso de frenado se termina en el instante, en el que se desprenden las guarniciones de freno 18 de nuevo desde el disco de frenado 17, mientras el árbol del generador 15 sigue girando todavía. Tal proceso de frenado durante el funcionamiento en
30 curso tiene lugar, por ejemplo, cuando para la prevención de un pico de carga debe llevarse el rotor 4 durante corto espacio de tiempo a otro número de revoluciones.

35 En el árbol del generador 15 está instalado un sensor 19, que cuenta las revoluciones del árbol del generador 15. Una unidad de control 20 transmite al sensor la instrucción de comenzar, al comienzo del proceso de frenado, con el recuento de las revoluciones. Al final del proceso de frenado, el sensor 19 transmite como valor de medición a la unidad de control 20 la información sobre el número de revoluciones sobre las que se ha extendido el proceso de frenado. En un módulo de cálculo 21 se calcula, teniendo en cuenta el diámetro del disco de freno 17, el trayecto que han recorrido las guarniciones de freno 18 durante el proceso de frenado con relación al disco de freno 17. En una forma de realización alternativa, se supone el trayecto de frenado recorrido de una manera simplificada a partir del tiempo de frenado y de la diferencia del número de revoluciones multiplicada por una constante de proporcionalidad K_w (linealización de la curva del número de revoluciones).
40

45 En una memoria de datos 22 se registran informaciones sobre el comportamiento de carga del dispositivo de freno 16. Los datos comprenden, por ejemplo, las informaciones sobre la intensidad con la que se calienta el dispositivo de freno 16 en determinadas condiciones o cuánto material de las guarniciones de freno 18 y del disco de freno 17 se erosiona. En el caso más sencillo, se puede suponer una relación lineal entre el recorrido de frenado y el desgaste o bien la elevación de la temperatura. Estos datos solamente tienen que agruparse una sola vez para instalaciones de frenado de este tipo, a continuación se pueden utilizar para todos los dispositivos de frenado respectivos. Se pueden obtener resultados más exactos cuando se tienen en cuenta, además, otros parámetros del proceso de frenado, como por ejemplo la duración del proceso de frenado, el número de revoluciones o la diferencia del número de revoluciones entre el comienzo y el final del proceso de frenado.

50 Desarrollos ventajosos de la invención se caracterizan por que la realidad física se representa con mayor exactitud en los valores de medición y en los datos sobre el comportamiento de carga. A tal fin se puede detectar especialmente el trayecto de frenado recorrido a través de la suma de una pluralidad de diferencias del número de revoluciones sobre intervalos de tiempo predeterminados también de forma no lineal. Para la determinación del desgaste se pueden registrar al mismo tiempo de manera ventajosa también relaciones más complejas que la dependencia del número de revoluciones y de la temperatura. La temperatura de frenado se puede calcular a través
55

del principio de cálculo conocido suficientemente en el estado de la técnica sobre la base de la energía cinética introducida, a cuyo fin los números de revoluciones entran entonces al cuadrado en el desgaste. De la misma manera se puede calcular también el tiempo de refrigeración de los frenos sobre la base de la energía (cinética) introducida así como adicionalmente sobre la disipación del calor dependiente de la temperatura del medio ambiente. Tales modelos matemáticos se conocen suficientemente a partir de procedimientos de simulación.

El módulo de cálculo 21 adquiere datos correspondientes a partir de la memoria de datos 22 y a partir del recorrido de frenado y los datos calcula un coeficiente del estado de los frenos. El coeficiente del estado de los frenos puede contener, por ejemplo, la información de que durante el último proceso de frenado la temperatura se ha elevado en un valor X y el disco de freno tiene en adelante una temperatura de Y. Además, puede contener, por ejemplo, la información de que durante el último proceso de frenado han sido erosionadas determinadas cantidades de material desde el disco de freno 17 o bien desde las zapatas de freno 18. Para obtener un resultado más preciso para el coeficiente del estado de los frenos, se pueden tener en cuenta durante el cálculo otros valores de medición, como por ejemplo mediciones de tiempo o valores de medición desde un sensor del número de revoluciones no representado. Cuantos más valores de medición sean tenidos en cuenta sobre un proceso de frenado, tanto más exactamente están adaptados los datos depositados en la memoria de datos 20 a estos valores de medición, y manifestaciones tanto más precisas se pueden derivar a partir del valor característico del estado de frenado.

En la etapa siguiente, el módulo de cálculo 21 puede derivar otras informaciones a partir del coeficiente del estado de frenado. Así, por ejemplo, a partir de la temperatura del dispositivo de frenado 16 al final del proceso de frenado se puede calcular un tiempo de refrigeración de los frenos. El tiempo de refrigeración designa el periodo de tiempo, después de cuya expiración se puede transferir la instalación de nuevo al funcionamiento normal. Para una instalación de energía eólica frenada hasta la parada, esto significa que solamente después de la expiración del tiempo de refrigeración de los frenos se puede poner de nuevo en servicio.

Además, a partir del coeficiente del estado de frenado se puede calcular un coeficiente de desgaste. El coeficiente de desgaste puede ser, por ejemplo, tal que en el caso de que se exceda un valor límite predeterminado, se detiene la instalación, emitiendo naturalmente un mensaje de mantenimiento a la central de control remoto, para que se realice lo más rápidamente posible un mantenimiento. Si se excede solamente un umbral de alarma, se informa a la central de control remoto a través de un mensaje de alarma.

En el marco de la invención, una forma de realización ventajosa prevé calcular para diferentes componentes del freno diferentes coeficientes de desgaste, que son recorridos en el caso de la sustitución del componente respectivo en tiempos diferentes. Por ejemplo, una guarnición de freno tiene un tiempo de actividad claramente más reducido que un disco de freno. Después de la sustitución de las piezas de desgaste del freno, en particular de la guarnición del freno, hay que reponer el coeficiente de desgaste de nuevo a cero.

El diagrama de flujo de la figura 3 muestra el desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención en una forma de realización simplificada. Durante el funcionamiento normal de la instalación de energía eólica 1 se verifica continuamente si el dispositivo de freno 16 ha sido activado. Si éste es el caso, la unidad de control 2 emite una señal a sensores respectivos para detectar el número inicial de revoluciones n_s y el tiempo inicial t_s como valores de medición. Durante el proceso de frenado se verifica continuamente si ha concluido el frenado, es decir, si se ha desconectado (liberado) el freno o si el número de revoluciones es menor que un valor límite predeterminable, por ejemplo 10 revoluciones en el lado del generador (en el caso de un generador de marcha rápida con un número de revoluciones sincronizado de 1500 revoluciones).

Al término del proceso de frenado se calculan el número final de revoluciones n_E y el tiempo final t_E .

Al término del proceso de frenado se calcula el recorrido de frenado como producto de la diferencia del número de revoluciones ($n_s - n_E$), la duración del proceso de frenado ($t_s - t_E$) y una constante de proporcionalidad K_W . El desgaste provocado a través el proceso de frenado se calcula como producto de una constante de proporcionalidad K_W y el recorrido de frenado B. Para calcular a partir de este coeficiente del estado de los frenos un coeficiente de desgaste V_K , se realiza una adición con un valor de desgaste V_A válido antes del proceso de frenado. El tiempo de refrigeración de los frenos T_s se calcula como producto del recorrido de frenado B y de una constante de proporcionalidad K_{KZ} . El coeficiente del estado de los frenos propiamente dicho, a saber, la temperatura del dispositivo de freno 16 después del proceso de frenado, entra en este caso sólo implícitamente en el cálculo o bien el tiempo necesario para la refrigeración de los frenos T_B es una medida indirecta para el estado de los frenos, a saber, la temperatura de los frenos.

Si el coeficiente de desgaste V_K excede un valor límite predeterminado, se pone fuera de servicio la instalación de energía eólica 1. Si se mantiene todavía el valor límite, se verifica en la etapa siguiente si el coeficiente de desgaste V_K ha excedido un valor de alarma. Si éste es el caso, se emite un mensaje de alarma.

En la etapa siguiente se verifica si el tiempo transcurrido entre el instante actual t_{act} y el final del proceso de frenado t_E es mayor que el tiempo de refrigeración de los frenos T_B . Solamente cuando éste es el caso, se puede continuar el

funcionamiento normal de la instalación de energía eólica.

5 Durante el cálculo del tiempo de refrigeración de los frenos T_B se procede de la siguiente manera en un ejemplo de realización. Durante el cierre del dispositivo de freno 16 se registran el número de revoluciones de arranque n_s y el tiempo de arranque t_s . Cuando se abre el freno o cuando se ha reducido el número de revoluciones a menos de 10 rpm, se registra el tiempo final t_E . Entonces se puede calcular un tiempo de refrigeración de los frenos T_B según la fórmula:

$$10 \quad T_B = \frac{n_s * (t_E - t_A)}{2} * \frac{\text{Tiempo refrigeración de valor fijo}}{200}$$

15 En este caso, el número inicial de revoluciones n_s se puede indicar en la unidad 1/s y el tiempo en s. El resultado es el tiempo de refrigeración de los frenos T_B en minutos. El tiempo de refrigeración de valor fijo es 60 minutos y ha sido calculado empíricamente como las demás constantes. A través de la aplicación de la fórmula se consiguen los siguientes valores ejemplares para el tiempo de refrigeración de los frenos T_B .

Número inicial de revoluciones n_s (rpm)	Tiempo de frenado ($t_E - t_A$) / s	Tiempo de refrigeración T_B (min)
1750	14	61,3
1800	10	45,0
500	4	5,0
200	2	1,0
1000	5	12,5
1200	50	150,0

20 Cuando el número de las revoluciones recorridas durante el proceso de frenado es esencialmente mayor que 200, se ha recalentado el freno.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la determinación del estado de un dispositivo de freno (16) de una instalación de energía eólica (1) con las siguientes etapas:
- a. preparación de los datos sobre el comportamiento de carga de dispositivos de freno (16) del tipo respectivo;
 - 5 b. registro de un valor de medición en el periodo de tiempo entre el comienzo de un proceso de frenado y el final de un proceso de frenado,
 - c. combinación de los datos y del valor de medición para formar un coeficiente del estado de los frenos, conteniendo el coeficiente del estado de los frenos una medida para el consumo de energía del dispositivo de freno (16).
- 10 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el valor de medición comprende una medida para el recorrido de frenado.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el valor de medición comprende una medida para la diferencia entre el número de revoluciones al comienzo del proceso de frenado y el número de revoluciones al final del proceso de frenado.
- 15 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el valor de medición comprende una medida para la duración del proceso de frenado.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el valor de medición es registrado con un sensor (19), que está presente en la instalación de energía eólica (1) independientemente de una supervisión del dispositivo de frenado (16).
- 20 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el coeficiente del estado de los frenos se calcula al término del proceso de frenado.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que a partir del coeficiente del estado de los frenos se calcula un tiempo de refrigeración de los frenos (T_B).
- 25 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación, caracterizado por que a partir del coeficiente del estado de los frenos se calcula un coeficiente de desgaste (V_K).
- 9.- Instalación de energía eólica con un dispositivo de freno (16), con un sensor (19) y con una unidad de control (20), que presenta un sensor (19), para registrar un valor de medición en el periodo de tiempo entre el comienzo de un proceso de frenado y el fin de un proceso de frenado, caracterizada por que están previstas, además, una memoria de datos (22), en la que están registrados datos sobre el comportamiento de carga de dispositivos de freno (16) del tipo respectivo, y un módulo de cálculo (21), que calcula un coeficiente del estado de los frenos a partir de los datos y el valor de medición, de manera que el coeficiente del estado de los frenos contiene una medida para el consumo de energía del dispositivo de freno (16).
- 30 10.- Instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizada por que el módulo de cálculo (21) está configurado para calcular un tiempo de refrigeración de los frenos (T_B) a partir del coeficiente del estado de los frenos.
- 35 11.- Instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, caracterizada por que el módulo de cálculo (21) está configurado para calcular un coeficiente de desgaste (V_K) a partir del coeficiente del estado de los frenos.
- 40 12.- Instalación de energía eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizada por que valores de medición registrados con el sensor (19) son procesados en la unidad de control (20) para calcular un punto adecuado de funcionamiento de la instalación de energía eólica (1).

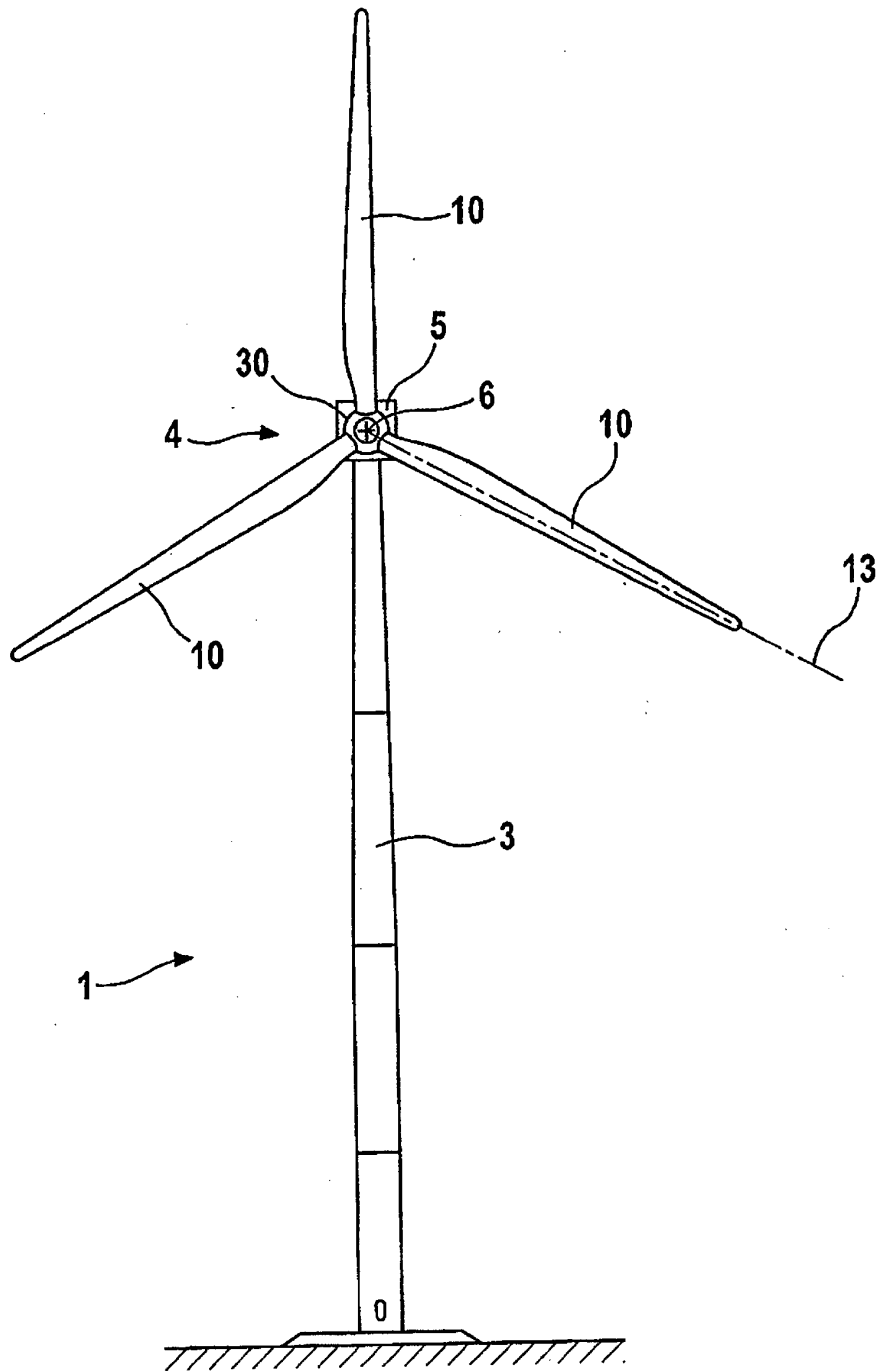


Fig. 1

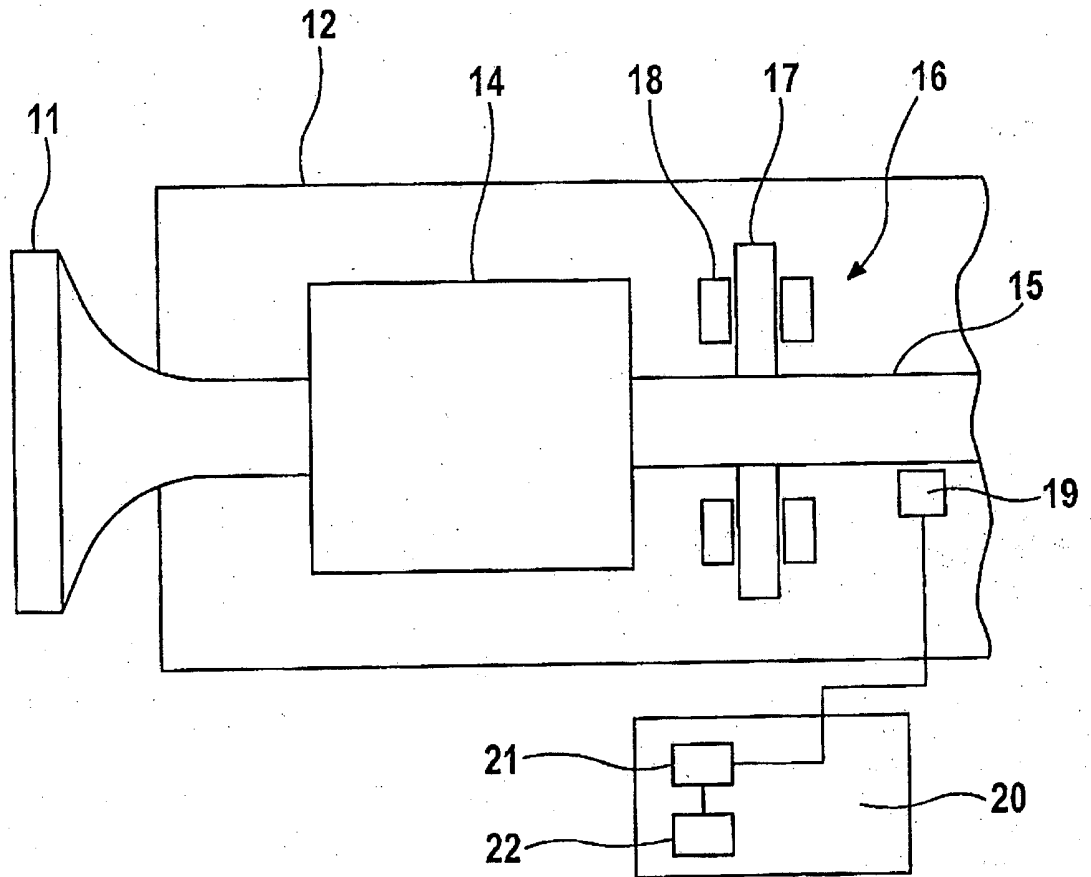


Fig. 2

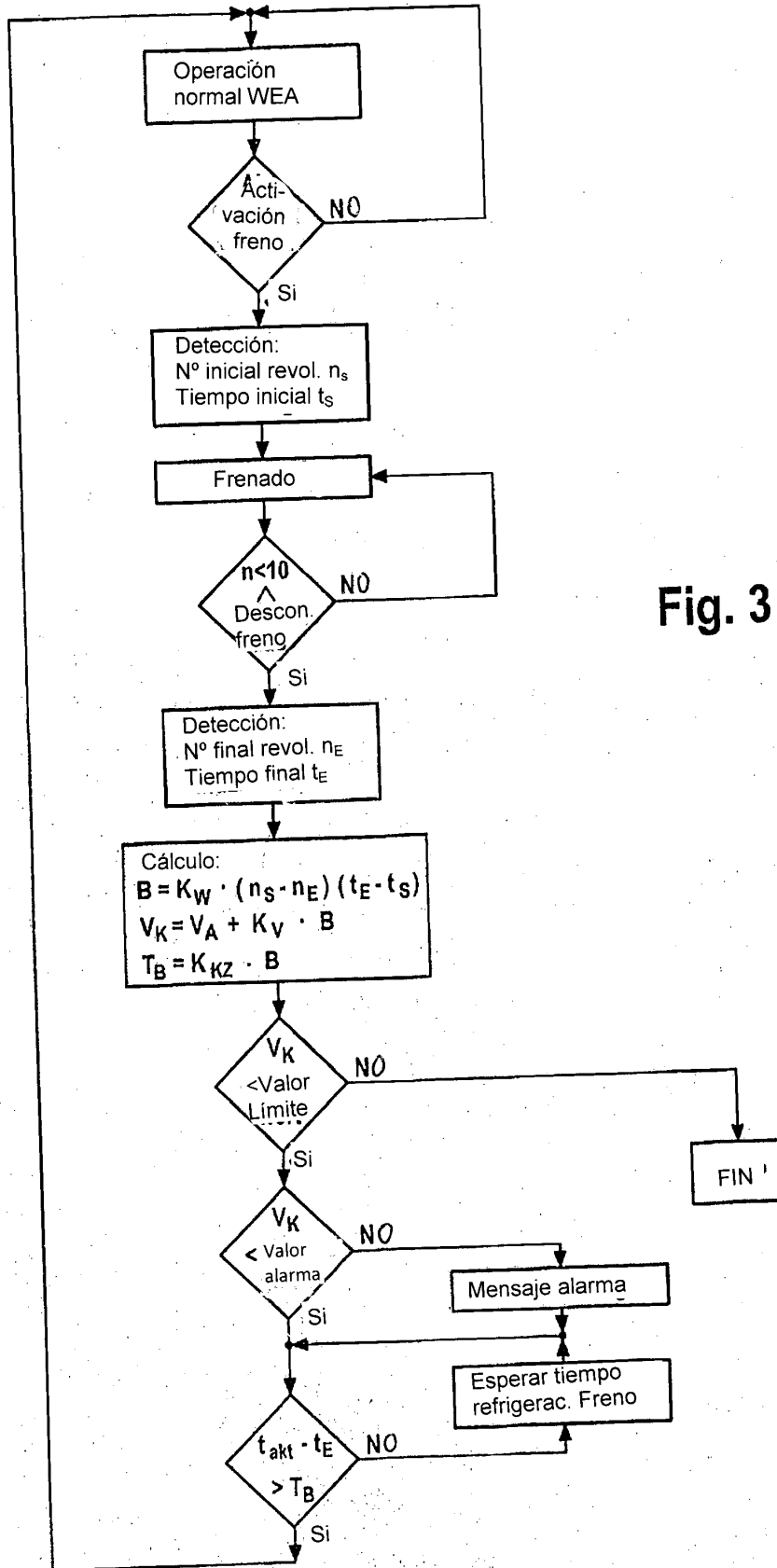


Fig. 3