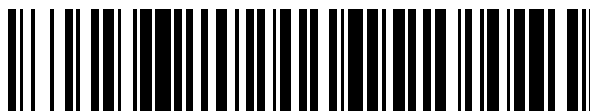


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 310**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2010 E 10014171 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 2330296**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro, así como una instalación de energía eólica semejante**

30 Prioridad:

04.12.2009 DE 102009057062

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

26.06.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MERKEL, MAXIMILIAN

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 619 310 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 instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro, así como una instalación de energía eólica semejante.

5

La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor regulado en velocidad de giro, una unidad de gestión del funcionamiento y un sistema de seguridad, así como una instalación de energía eólica semejante.

10 La directiva de Germanischer Lloyd GL Wind 2003 IV, parte 1, capítulo 2 (2.2 Unidad de gestión del funcionamiento y sistema de seguridad) define los requisitos en una unidad de gestión del funcionamiento y un sistema de seguridad de una instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro. Así en la directiva se dice que la tarea de la unidad de gestión del funcionamiento consiste en hacer funcionar la instalación de energía eólica de forma efectiva, a ser posible sin averías, con poca carga y de forma segura. A este respecto, la lógica del procedimiento se le

15 transmite a un control o regulación que se desarrolla en la unidad de gestión del funcionamiento. Para el sistema de seguridad está definido que éste es un sistema de orden superior lógico a la unidad de gestión del funcionamiento, que reacciona, después de que se han sobrepasado valores límite relevantes para la seguridad o si el sistema de gestión del funcionamiento no es capaz de mantener la instalación en el rango de funcionamiento normal. Con vistas a la velocidad de giro del rotor, la directiva GL define una velocidad de funcionamiento mínima n_1 y una velocidad de funcionamiento máxima n_3 , entre las que se debe situar la velocidad de giro en condiciones normales de funcionamiento. Además, está definida una velocidad de desconexión n_4 , en este caso se trata de la velocidad de giro que hace necesaria una desconexión inmediata de la instalación de energía eólica por la unidad de gestión del funcionamiento. La velocidad de desconexión n_4 se debe diferenciar de la velocidad de desencadenamiento n_a . Ésta es aquella velocidad de giro en la que se debe producir un desencadenamiento inmediato del sistema de seguridad.

20 Para ello la directiva prescribe además que los valores límite que desencadenan el sistema de seguridad se deben fijar de modo que los valores que sirven de base para el diseño de la instalación de energía eólica no se sobrepasen y la instalación no se ponga en peligro, pero también de modo que la unidad de gestión del funcionamiento no se perturbe de forma innecesaria por el sistema de seguridad durante el funcionamiento normal. Otras directivas, como la IEC 61400-1, parte 1, Requisitos de diseño (IEC 61400-1 : 2005) prescriben requisitos de seguridad similares.

30

Por el documento DE 10 2008 012 957 A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica. El procedimiento conoce dos modos de funcionamiento que se diferencian por un comportamiento de frenado diferente de la instalación de energía eólica. En un modo de funcionamiento el proceso de frenado del rotor se inicia cuando se sobrepasa un valor límite de velocidad de giro. En un segundo modo de funcionamiento el proceso de frenado se inicia cuando se sobrepasa un segundo valor límite de velocidad de giro, que es menor que el valor límite de velocidad de giro del primer modo de funcionamiento, y/o cuando en el primer y/o segundo modo de funcionamiento aparece una aceleración del rotor que es mayor que el valor límite de aceleración del rotor.

35

40 Por el documento DE 10 2006 001 613 B4 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con una unidad de gestión del funcionamiento y un sistema de seguridad, realizándose un frenado del rotor a través de una regulación de ángulo del ala de paso de pala con una velocidad de regulación de ángulo media de menos de 8,5 %/s de la al menos una pala de rotor tras la aparición de una señal de avería. El frenado del rotor se realiza luego a través de un dispositivo de frenado mecánico, en cuanto la velocidad de giro del rotor sobrepasa un primer límite de velocidad de giro predeterminable. El sistema de seguridad está diseñado de modo

45

que se desencadena en cuanto la velocidad de giro del rotor sobrepasa un segundo límite de velocidad de giro predeterminable que es mayor que el primer límite de velocidad de giro. A este respecto, el segundo límite de velocidad de giro está seleccionado de modo que, en el caso de una instalación de energía eólica que funciona bien, también en el caso de deslastre de carga del generador combinado con una ráfaga de viento extrema, cuya probabilidad de aparición es menor de una vez cada tres meses, no se desencadena el sistema de seguridad.

50

Además, en este documento ya se ha mencionado que el sistema de seguridad presenta una supervisión de seguridad, que también puede verificar el dispositivo de gestión del funcionamiento respecto a su funcionalidad.

Por el documento DE 10 2006 034 251 A1 se conoce una instalación de energía eólica, así como un procedimiento para su funcionamiento, en el que está previsto un sistema de seguridad que reacciona a un sobrepaso de valores límite relevantes para la seguridad o que reacciona en el caso en el que el sistema de gestión del funcionamiento pierde la gestión de la instalación de energía eólica.

55

Por el documento DE 20 2005 014 629 U1 se conoce un dispositivo de seguridad para instalaciones de energía

eólica, en el que el desencadenamiento de una cadena de seguridad no se realiza de forma selectiva por el sobrepaso de valores límite individuales, sino que mediante un dispositivo de protección se pueden combinar entre sí de forma lógica varios valores límite fijos para desencadenar la cadena de seguridad.

- 5 Por Siegfried Heier, "*Windkraftanlagen systemauslegung, Netzintegration und Regelung* (Diseño del sistema de instalaciones de energía eólica, integración en red y regulación)", 4ª edición, Teubner Verlag se conoce por el capítulo 5.6.2, a plena carga de la instalación, es decir, con velocidades por encima del rango nominal, mantener la velocidad de giro mediante la regulación de la pala de rotor en el rango de regulación. Una reserva de regulación permite una reacción retardada a elevaciones de la velocidad de giro. Si la velocidad de giro aumenta sin embargo
- 10 por encima de la velocidad de funcionamiento permitida máxima, por ejemplo, 10% por encima del valor nominal, se inicia una desconexión por avería. Si el rotor girase demasiado rápido pese a la intervención de la unidad de gestión del funcionamiento y alcanzase la velocidad de desencadenamiento, el sistema de seguridad debe actuar limitando la velocidad de giro. Una intervención del sistema de seguridad conduce entonces inmediatamente a una desconexión de emergencia.

15

La invención tiene el objetivo de proporcionar una instalación de energía eólica, así como un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, en la que o en el que se bajan las cargas para la instalación de energía eólica y se evita un desencadenamiento innecesario del sistema de seguridad.

- 20 El objetivo se consigue según la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, así como mediante una instalación de energía eólica con las características de la reivindicación 5. Configuraciones ventajosas constituyen el objeto de las reivindicaciones dependientes.

El procedimiento según la invención sirve para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor regulado en velocidad de giro, una unidad de gestión del funcionamiento y un sistema de seguridad. El procedimiento presenta la etapa del procedimiento de desencadenar un proceso de frenado para el rotor de la instalación de energía eólica por la unidad de gestión del funcionamiento cuando la velocidad de giro del rotor sobrepasa un primer valor umbral (n_{c1}). Según la invención el sistema de seguridad desencadena igualmente el frenado del rotor cuando la velocidad de giro sobrepasa un segundo valor umbral (n_{s1}) y sólo cuando la unidad de

30 gestión del funcionamiento no ha iniciado un proceso de frenado al sobrepasarse el primer valor umbral (n_{c1}). El segundo valor umbral (n_{s1}) es según la invención mayor que el primer valor umbral (n_{c1}). El sistema de seguridad según la invención garantiza que, en el caso de un fallo en la unidad de gestión del funcionamiento, si por parte de la unidad de gestión del funcionamiento no se inicia debidamente un proceso de frenado, ya en el caso del segundo valor umbral (n_{s1}) se inicia un frenado por sistema de seguridad. Dado que en el caso de este segundo valor umbral sólo se desencadena el sistema de seguridad si no se ha desencadenado un proceso de frenado por la unidad de

35 gestión del funcionamiento, este segundo valor umbral se puede seleccionar más bajo que valores umbrales convencionales para el sistema de seguridad. La ventaja especial del sistema de seguridad según la invención consiste en que para velocidades de giro por encima del segundo valor umbral (n_{s1}) siempre se garantiza que se realice un frenado del rotor de la instalación de energía eólica. Por consiguiente para el dimensionado de la

40 instalación de energía eólica el segundo valor umbral (n_{s1}) se puede adoptar como aquel valor umbral para el que se garantiza que se inicia un frenado. Dado que este valor umbral es menor que un valor umbral convencional, con ello se pueden reducir las solicitaciones de la instalación de energía eólica y éstas se pueden diseñar de forma más económica sin que de este modo se produzca un riesgo.

45 Además, en el procedimiento según la invención se realiza un desencadenamiento del sistema de seguridad, independientemente de si la unidad de gestión del funcionamiento ya ha desencadenado un proceso de frenado o no, cuando la velocidad de giro del rotor sobrepasa un tercer valor umbral (n_{s2}). El tercer valor umbral (n_{s2}) es mayor que el segundo valor umbral (n_{s1}) y por consiguiente también mayor que el primer valor umbral (n_{c1}). La ventaja de prever un valor umbral adicional para el sistema de seguridad consiste en que el sistema de seguridad detecta de

50 forma fiable en cualquier caso si se ha aparecido un estado especial, con elevadas velocidades de giro, en la instalación de energía eólica. Aun cuando por parte de la unidad de gestión del funcionamiento se ha desencadenado el proceso de frenado, el sistema de seguridad registra la aparición de velocidades de giro mayores que el tercer valor umbral (n_{s2}).

55 En una configuración preferida, la unidad de gestión del funcionamiento y el sistema de seguridad para el frenado del rotor excitan el ángulo de paso de pala de al menos una pala de rotor. A este respecto, el ángulo de paso de pala se pone de modo que se reduce el par de fuerzas absorbido del viento y así se disminuye la velocidad de giro preferiblemente hasta la detención. Alternativamente o adicionalmente también se pueden usar frenos eléctricos o hidráulicos en la instalación de energía eólica para reducir la velocidad de giro del rotor.

En una configuración conveniente, después de un desencadenamiento del sistema de seguridad antes de un nuevo funcionamiento de la instalación de energía eólica, ésta se debe verificar respecto a daños eventuales. La instalación de energía eólica sólo se puede poner en funcionamiento de nuevo después de realizar la verificación, 5 pudiéndose realizar básicamente la verificación por un técnico de servicio in situ o una inspección remota apropiada.

El objetivo según la invención se consigue igualmente mediante una instalación de energía eólica con las características de la reivindicación 5. La instalación de energía eólica según la invención presenta un rotor regulado en velocidad de giro, una unidad de gestión del funcionamiento y un sistema de seguridad. Para la unidad de gestión 10 del funcionamiento está definido un primer valor umbral (n_{c1}) para la velocidad de giro del rotor, con cuyo sobrepaso la unidad de gestión del funcionamiento desencadena un proceso de frenado del rotor. Para el sistema de seguridad están definidos un segundo valor umbral (n_{s1}), con cuyo sobrepaso el sistema de seguridad desencadena un frenado del rotor, pero sólo cuando la unidad de gestión del funcionamiento no ha desencadenado un frenado del rotor. Si el sistema de seguridad constata, al sobrepasarse el segundo valor umbral (n_{s1}), que la unidad de gestión del 15 funcionamiento ya ha iniciado un proceso de frenado, el proceso de frenado no se desencadena por parte del sistema de seguridad. Según se ha explicado ya en el procedimiento según la invención, en la instalación de energía eólica se garantiza que, al sobrepasarse un segundo valor umbral (n_{s1}), se desencadena el proceso de frenado, por la unidad de gestión del funcionamiento en el caso del primer valor umbral n_{c1} o por el sistema de seguridad en el caso del segundo valor umbral n_{s1} . La instalación de energía eólica según la invención se puede diseñar por 20 consiguiente para la velocidad de giro del segundo valor umbral (n_{s1}), definiendo el segundo valor umbral (n_{s1}) la condición de carga desde la que se inicia el proceso de frenado en el caso de unidad de gestión del funcionamiento defectuosa.

Según la invención para el sistema de seguridad se define adicionalmente un tercer valor umbral (n_{s2}), con cuyo 25 sobrepaso el sistema de seguridad desencadena un frenado del rotor, siendo el tercer valor umbral (n_{s2}) mayor que el segundo valor umbral (n_{s1}) y por consiguiente también mayor que el primer valor umbral (n_{c1}). Según se ha explicado ya en el procedimiento según la invención, al sobrepasarse el tercer valor umbral (n_{s2}) se realiza un desencadenamiento no condicionado del sistema de seguridad, mientras que al sobrepasarse el segundo valor umbral (n_{s1}) se realiza según la invención un desencadenamiento condicionado del sistema de seguridad cuando la 30 unidad de gestión del funcionamiento no ha desencadenado el proceso de frenado.

En una configuración preferida, para el frenado del rotor está prevista una unidad de control y/o regulación, que está conectada de forma bidireccional con el sistema de seguridad, recibiendo la unidad de control y/o regulación una 35 señal de frenado del sistema de seguridad desencadenado y recibiendo el sistema de seguridad la señal de frenado de la unidad de control y/o regulación. De este modo se garantiza que una señal de frenado aplicada en la unidad de control y/o regulación siempre está aplicada igualmente en el sistema de seguridad. En una configuración alternativa, igualmente preferida, la unidad de gestión del funcionamiento está conectada con el sistema de seguridad y aplica una señal de frenado para la unidad de control y/o regulación siempre también en el sistema de 40 seguridad.

Preferiblemente la unidad de control y/o regulación presenta un dispositivo de regulación de la pala de rotor que regula el ángulo de paso de pala para al menos una pala de rotor.

La invención se explica más en detalle a continuación mediante algunos ejemplos de realización.

45 la fig. 1 muestra en una vista de bloques esquemática la unidad de gestión del funcionamiento y el sistema de seguridad de una instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro según la invención,

50 la fig. 2 muestra en una vista de bloques esquemática la unidad de gestión del funcionamiento y el sistema de seguridad de una instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro en una configuración alternativa,

la fig. 3 muestra en una vista de bloques esquemática la unidad de gestión del funcionamiento y el sistema de seguridad de una instalación de energía eólica regulada en velocidad de giro según el estado de la técnica,

55 la fig. 4 muestra el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo con una ráfaga de 50 años según el estado de la técnica,

la fig. 5 muestra, como en la fig. 4, el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo en una ráfaga de 50 años, cuando el sistema de seguridad según la invención reconoce un frenado mediante la unidad de gestión del

funcionamiento y no se desencadena,

la fig. 6 muestra el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo según el estado de la técnica, cuando se produce un fallo en la unidad de gestión del funcionamiento, que conduce a un ascenso de la velocidad de giro y el sistema de seguridad desencadena el frenado,

la fig. 7 muestra el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo, cuando se produce un error en la unidad de gestión del funcionamiento que conduce a un ascenso de la velocidad de giro y según la invención el sistema de seguridad desencadena el frenado, y

la fig. 8 muestra el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo en una ráfaga de 50 años, cuando pese al frenado desencadenado por la unidad de gestión del funcionamiento se desencadena el sistema de seguridad.

La fig. 1 muestra en una vista de bloques esquemática la estructura y las rutas de datos para la unidad de gestión del funcionamiento 14 y el sistema de seguridad 16. Una unidad sensora 10 detecta la velocidad de giro que aparece en el árbol de rotor. La velocidad de giro se transfiere a través de la línea de datos 12 a la unidad de gestión del funcionamiento 14 y el sistema de seguridad 16. La unidad de gestión del funcionamiento 14 compara el valor aplicado a través de la línea de datos 12 para la velocidad de giro con un primer valor umbral n_{c1} , que define la velocidad de giro máxima para la instalación de energía eólica. A través de un bus de datos 18 la unidad de gestión del funcionamiento 14 deja una señal de frenado para la unidad actuadora 20. La unidad actuadora 20 es un dispositivo para el ajuste del ángulo de paso de pala, con el que se puede girar la pala de rotor alrededor de su eje longitudinal, a fin de absorber más o menos par de fuerzas del viento. En paralelo al bus de datos 18, desde la unidad de gestión del funcionamiento 14 a la unidad actuadora 20 está prevista una línea 22 a través de la que se le puede dar una señal de tensión a la unidad actuadora 20. La señal de tensión aplicada a través de la línea 22 a la unidad actuadora 20 desencadena independientemente de los datos aplicados a través del bus de datos una regulación de la pala de rotor a su posición de bandera. Las señales se procesan dentro de la unidad actuadora 20, de modo que una señal de tensión aplicada a través de la línea 22 siempre es de orden superior a los datos del bus de datos 18.

En el sistema de seguridad 16 está aplicada igualmente una velocidad de giro del árbol de rotor medida por la unidad sensora 10 a través de la línea de datos 12. El sistema de seguridad 16 compara el valor de velocidad de giro aplicado con el segundo valor umbral n_{s1} y también lo puede comparar con el tercer valor umbral n_{s2} , según se describe a continuación todavía en detalle. El sistema de seguridad 16 desencadena una señal de tensión que está aplicada en la unidad actuadora 20 a través de la línea de conexión 24 y la línea 22, a fin de desencadenar el proceso de frenado. Simultáneamente está prevista otra línea 26, que conecta la línea 22 con el sistema de seguridad 16, de modo que el sistema de seguridad puede constatar si por la unidad de gestión del funcionamiento 14 ya se ha aplicado una señal de frenado en la unidad actuadora 20 a través de la línea de datos 22. La unidad de gestión del funcionamiento 14 y el sistema de seguridad 16 están conectados directamente entre sí a través de las líneas 22 y 26. Desde el punto 25 el sistema de seguridad 16 puede garantizar la señal de frenado a través de la línea de señal 22 independientemente de la unidad de gestión del funcionamiento 14.

La fig. 2 muestra una configuración alternativa para la conexión de la unidad de gestión del funcionamiento 14 y el sistema de seguridad 16 con la unidad actuadora 20, en la que la unidad de gestión del funcionamiento 14 y el sistema de seguridad 16 están conectados entre sí a través de la unidad actuadora 20. La unidad de gestión del funcionamiento 14 puede aplicar una señal de frenado a la unidad actuadora 20 a través de un bus de datos 18. El sistema de seguridad 16 puede aplicar igualmente una señal de frenado en la unidad actuadora 20 a través de su línea 24, teniendo siempre prioridad la señal aplicada a través del sistema de seguridad 16 y la línea 24 en la unidad actuadora 20 sobre una señal aplicada a través del bus de datos 18. Para poner a disposición del sistema de seguridad 16 la información de que en la unidad actuadora 20 ya se aplica una señal de frenado, está prevista una línea de datos 28 que conecta la unidad actuadora 20 con el sistema de seguridad 16.

La fig. 3 muestra en una vista esquemática la interconexión conocida en el estado de la técnica entre la unidad de gestión del procedimiento 14 y el sistema de seguridad 16. Luego la unidad de gestión del funcionamiento 14 aplica una señal de frenado en la unidad actuadora 20 a través del bus de datos 18. A través de la línea 22, la unidad de gestión del funcionamiento 14 aplica una señal de tensión en la unidad actuadora 20 que desencadena un proceso de frenado. El sistema de seguridad 16 puede aplicar igualmente una señal de tensión en la unidad actuadora 20 a través de la línea de conexión 24 para desencadenar así el proceso de frenado.

El procedimiento según la invención se describe más en detalle a continuación mediante la fig. 4 a 6.

La fig. 4 muestra el desarrollo de la velocidad de giro respecto al tiempo, estando representados los valores umbral n_s y n_{c1} a modo de ejemplo. En la fig. 4 se explica un procedimiento convencional según el estado de la técnica en el ejemplo de una ráfaga de 50 años. En la fig. 4 se puede reconocer que el desarrollo temporal de la velocidad de giro
 5 sobrepasa el valor umbral n_{c1} en el instante t_1 . Según se puede reconocer en el desarrollo temporal 32 de la señal de frenado de la unidad de gestión del funcionamiento, la unidad de gestión del funcionamiento desencadena una señal de frenado en el instante t_1 . Dado que la velocidad del viento 34 aumenta aun más claramente después del instante t_1 , la velocidad de giro 30 aumenta por encima del valor umbral n_s pese al proceso de frenado iniciado. El sistema de seguridad se desencadena, al sobrepasarse el valor umbral n_s en el instante t_2 , lo que está representado por el
 10 desarrollo de la señal de frenado del sistema de seguridad 36 en la fig. 4d.

La fig. 5 muestra el escenario de una ráfaga de 50 años, según está representado también en la fig. 4, no obstante, en el procedimiento según la invención. El valor n_{c1} en la fig. 5b se corresponde con el valor umbral n_{c1} en la fig. 4b. Aquí en el instante t_1 se desencadena el proceso de frenado por la unidad de gestión del funcionamiento, según se
 15 puede reconocer en la curva 32 en la fig. 5 c. La velocidad de giro 30 en la fig. 5 b sobrepasa a continuación el segundo valor umbral n_{s1} en el procedimiento según la invención. En este instante el sistema de seguridad verifica si ya se ha desencadenado el proceso de frenado. Dado que en el ejemplo representado el proceso de frenado ya se ha desencadenado en el instante t_1 , al sobrepasarse el valor umbral n_{s1} no se realiza un desencadenamiento del sistema de seguridad. La velocidad de giro asciende aun más en el ejemplo en la fig. 5b y no alcanza el valor umbral
 20 n_{s2} , de modo que no se realiza un desencadenamiento del sistema de seguridad. El desarrollo correspondiente de la señal de frenado del sistema de seguridad 36 en la figura 5 d permanece por consiguiente plano y no muestra una señal. Una comparación de las fig. 4 y 5 clarifica que en el procedimiento según la invención se evita un desencadenamiento innecesario del sistema de seguridad. Mediante el uso de dos valores umbral para el sistema de seguridad es posible poner más elevado el valor umbral n_{s2} , con el que se realiza el desencadenamiento no
 25 condicionado del sistema de seguridad, que en procedimientos convencionales donde el valor umbral se debe poner más bajo para el desencadenamiento del sistema de seguridad n_s . La posibilidad de poner más elevado n_{s2} que en procedimientos convencionales, se deduce directamente de la reflexión de que, incluso en el caso de que la unidad de gestión del funcionamiento funcione de manera defectuosa, mediante el valor umbral n_{s1} ya se garantiza un frenado temprano del rotor. Por ello el valor umbral n_{s2} se puede poner más elevado que en sistemas
 30 convencionales. En sistemas convencionales la fijación del valor umbral para la intervención del sistema de seguridad se realiza comparablemente antes que en el procedimiento según la invención, dado que también para el caso del fallo de la unidad de gestión del funcionamiento se debe garantizar que se desencadene un proceso de frenado. Pero esto ya se garantiza en el procedimiento según la invención por el bajo de los dos valores umbral del sistema de seguridad.

La fig. 6 muestra el procedimiento convencional en el caso de un error en la unidad de gestión del funcionamiento, que conduce a un aumento de la velocidad de giro. En esta situación se ha asumido que aparece un error 38 (fig. 6) en la unidad de gestión del funcionamiento en el instante t_1 , de modo que no se ejecuta una señal de frenado por la unidad de gestión del funcionamiento (fig. 6c). A continuación asciende la velocidad de giro 46, sobrepasándose el
 40 valor umbral n_s en el instante t_3 y desencadenando el sistema de seguridad (fig. 6d). En el sistema de seguridad según la invención según la fig. 7, el sistema de seguridad constante en el instante t_2 que la velocidad de giro ha ascendido y no se ha generado una señal de frenado 42 por la unidad de gestión del funcionamiento (fig. 7c). En el instante t_2 la velocidad de giro 47 sobrepasa el valor umbral n_{s1} , que es menor que el valor umbral n_s de la fig. 6. El sistema de seguridad desencadena por consiguiente en el instante t_2 la señal de frenado 40, de modo que la
 45 velocidad de giro de la instalación de energía eólica adopta el desarrollo representado con 47 (fig. 7d). En la fig. 7a también está representado el desarrollo de la velocidad de giro 46 de la fig. 6 sólo para la comparación. El sistema de seguridad convencional sólo constata en el instante t_3 , que ha sobrepasado un valor umbral n_s y sólo desencadena la señal de frenado en el instante t_3 . De este modo la velocidad de giro adopta el desarrollo representado con la 46. Dado que el error de la unidad de gestión del funcionamiento se ha reconocido más tardes
 50 ($t_3 > t_2$), la instalación de energía eólica se ha expuesto a solicitaciones mayores dado que aparece un mayor valor de velocidad de giro 46 que en el sistema de seguridad según la invención.

La fig. 8 muestra el desarrollo temporal de la velocidad de giro 60 al aparecer una ráfaga 64, que es más intensa que una ráfaga de 50 años. En este escenario se supone que la unidad de gestión del funcionamiento trabaja
 55 debidamente y por ello al sobrepasarse el valor umbral n_{c1} desencadena en el instante t_1 una señal de tensión 62 (fig. 8c). Luego la velocidad de giro 60 sobrepasa el valor umbral n_{s1} y el sistema de seguridad constata que ya se ha generado una señal de frenado 62 y no desencadena el proceso de frenado. A continuación con la ráfaga 64 la velocidad de giro 60 sobrepasa el segundo valor umbral n_{s2} del sistema de seguridad en el instante t_2 . En este instante se desencadena la señal de frenado 66 del sistema de seguridad (fig. 8d), aunque la señal de frenado 62 ya

está aplicada en el dispositivo de regulación de la pala de rotor. De este modo se puede garantizar que la instalación de energía eólica se debe inspeccionar tras la aparición de una ráfaga tan fuerte antes de que se ponga de nuevo en funcionamiento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor regulado en velocidad de giro, una unidad de gestión del funcionamiento (14) y un sistema de seguridad (16) para el frenado del rotor, que presenta las siguientes etapas del procedimiento:
- desencadenamiento de un proceso de frenado para el rotor de la instalación de energía eólica por la unidad de gestión del funcionamiento (14) cuando la velocidad de giro del rotor sobrepasa un primer valor umbral (n_{c1}),
 - desencadenamiento del sistema de seguridad (16) para el frenado del rotor cuando la velocidad de giro del rotor sobrepasa un segundo valor umbral (n_{s1}) y sólo cuando la unidad de gestión del funcionamiento (14) no ha iniciado un proceso de frenado, en el que el segundo valor umbral (n_{s1}) es mayor que el primer valor umbral (n_{c1}) y
 - desencadenamiento del sistema de seguridad (16) cuando la velocidad de giro del rotor sobrepasa un tercer valor umbral (n_{s2}), en el que el tercer valor umbral (n_{s2}) es mayor que el segundo valor umbral (n_{s1}).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de gestión del funcionamiento (14) y el sistema de seguridad (16) para el frenado del rotor excitan un dispositivo de ajuste de la pala de rotor en al menos una pala de rotor.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** para el frenado, la unidad de gestión del funcionamiento (14) disminuye la velocidad de giro del rotor.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** para el frenado, el sistema de seguridad (16) disminuye la velocidad de giro del rotor hasta la detención del rotor.
5. Instalación de energía eólica con un rotor regulado en velocidad de giro, una unidad de gestión del funcionamiento (14) y un sistema de seguridad (16) para el frenado del rotor, en la que para la unidad de gestión del funcionamiento (14) está definido un primer valor umbral (n_{c1}) para la velocidad de giro del rotor, con cuyo sobrepaso la unidad de gestión del funcionamiento (14) desencadena un proceso de frenado del rotor,
- en la que para el sistema de seguridad (16) están definidos un segundo valor umbral (n_{s1}) y un tercer valor umbral (n_{s2}), en la que el tercer valor umbral (n_{s2}) es mayor que el segundo valor umbral (n_{s1}), cuyo valor es mayor que el primer valor umbral (n_{c1}), y el sistema de seguridad (16) sólo se desencadena para valores de velocidad de giro mayores que el segundo valor umbral (n_{s1}), pero no mayores que el tercer valor umbral (n_{s2}), luego cuando la unidad de gestión del funcionamiento (14) no ha desencadenado un frenado del rotor y el sistema de seguridad (16) desencadena un frenado del rotor cuando se ha sobrepasado el tercer valor de consigna (n_{s2}).
6. Instalación de energía eólica según la reivindicación 5, **caracterizada porque** una unidad de control y/o regulación (20) prevista para el frenado del rotor está conectada de forma bidireccional con el sistema de seguridad (16), recibiendo la unidad de control y/o regulación (20) una señal de frenado del sistema de seguridad (16) desencadenado y recibiendo el sistema de seguridad (16) la señal de frenado de la unidad de control y/o regulación (20).
7. Instalación de energía eólica según la reivindicación 6, **caracterizada porque** la unidad de control y/o regulación (20) presenta un dispositivo de regulación de la pala de rotor, que regula el ángulo de paso de la pala de rotor para al menos una pala de rotor.
8. Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizada porque** la unidad de gestión del funcionamiento (14) está conectada con el sistema de seguridad (16) y una señal de frenado de la unidad de gestión del funcionamiento (14) está aplicada en éste.

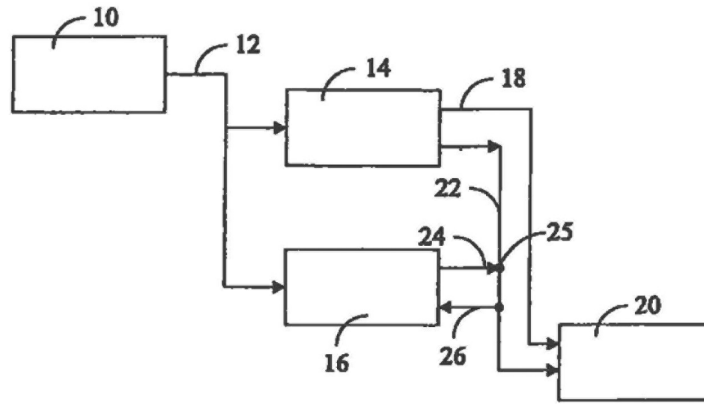


Fig. 1

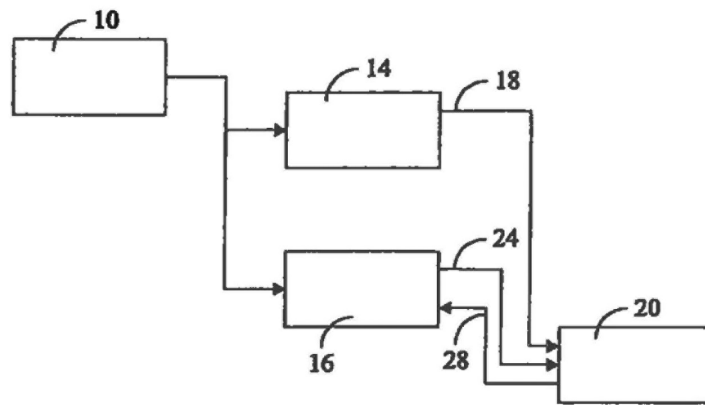


Fig. 2

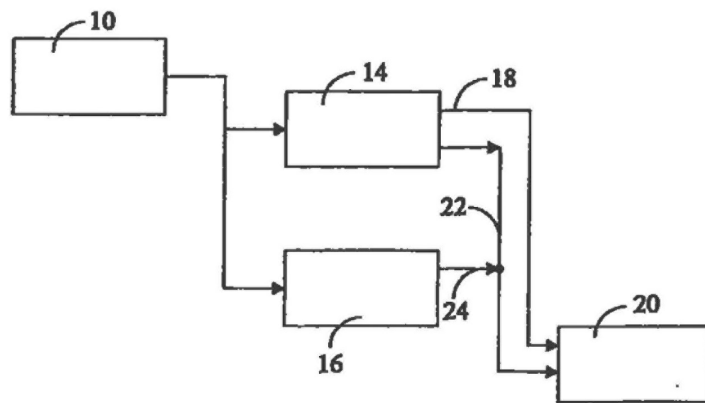


Fig. 3

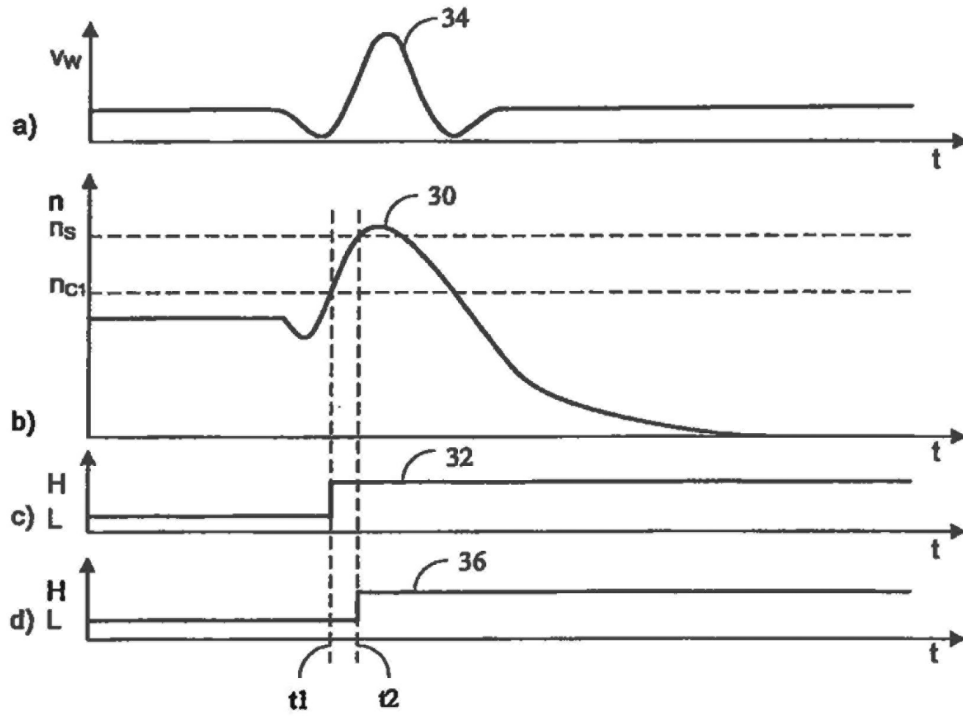


Fig. 4

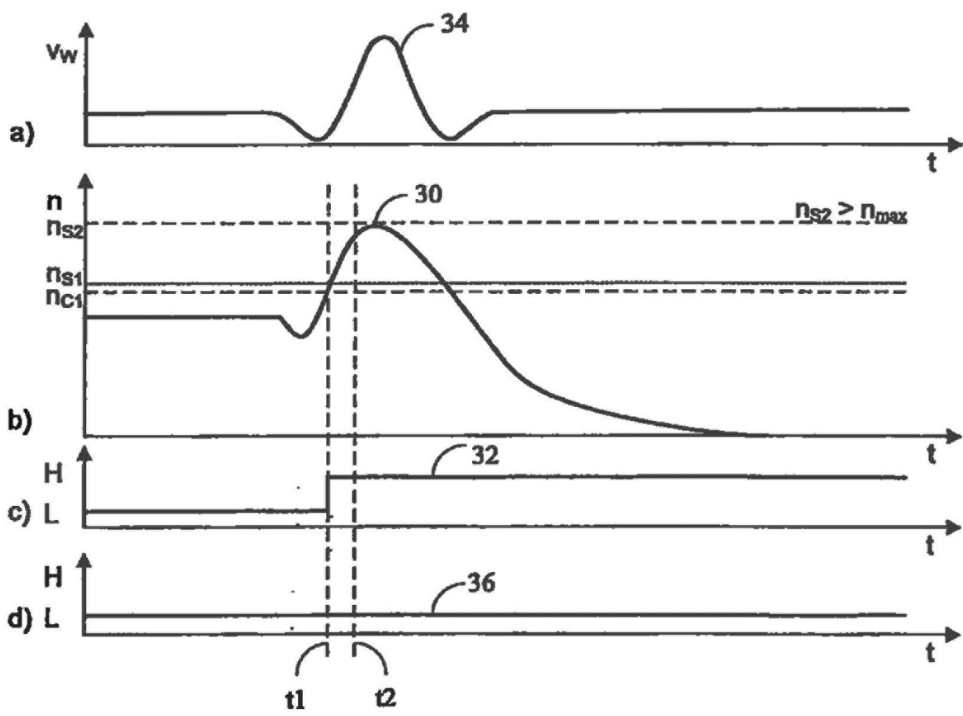


Fig. 5

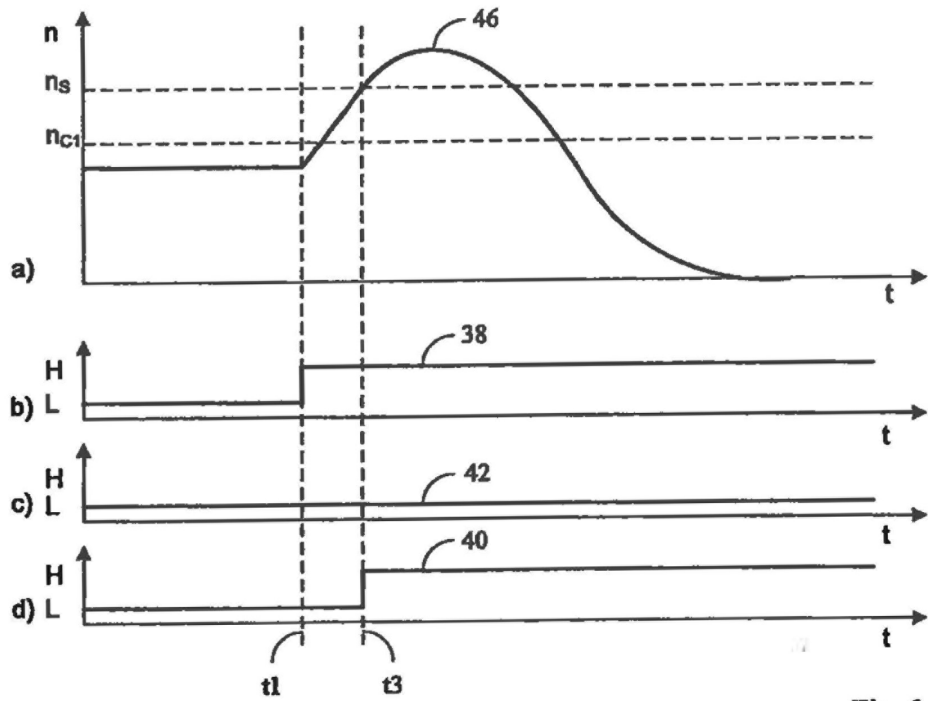


Fig. 6

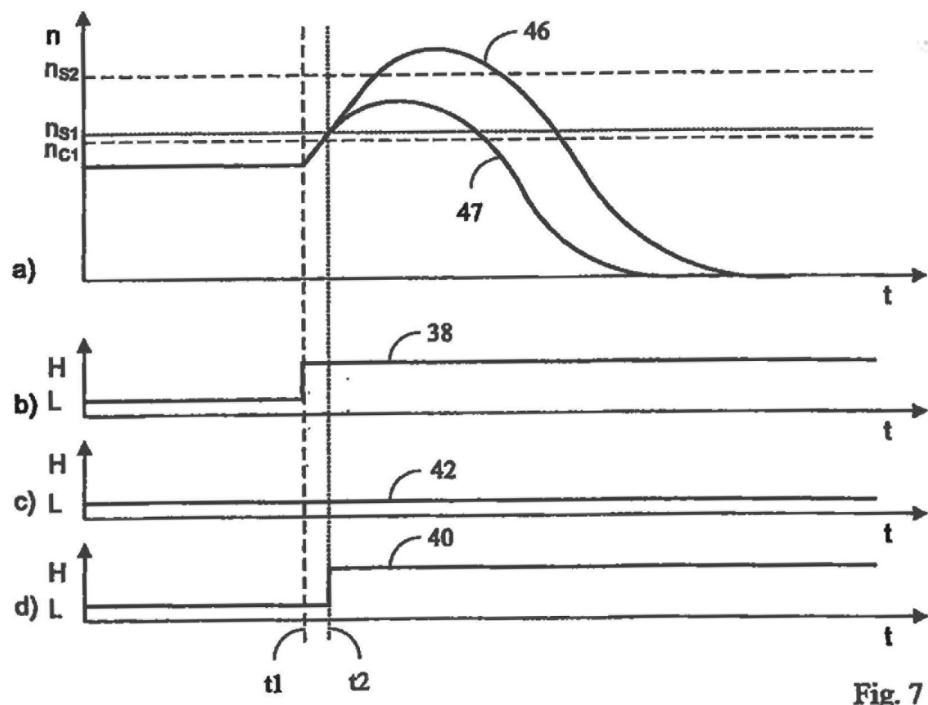


Fig. 7

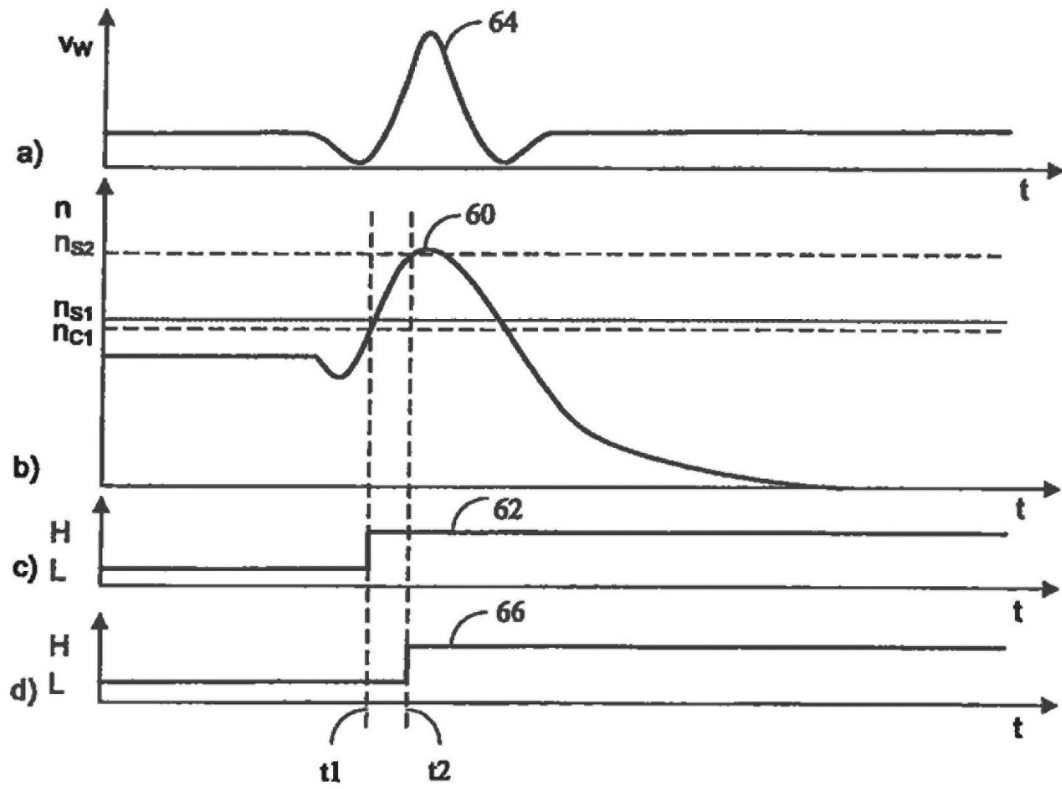


Fig. 8