

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 383**

51 Int. Cl.:

F03D 7/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2008 E 08007886 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2014915**

54 Título: **Determinación de la velocidad rotatoria**

30 Prioridad:

07.06.2007 DE 102007026995

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

06.11.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KRÜGER, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 550 383 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

Determinación de la velocidad rotatoria

5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor y con un dispositivo giratorio conectado con el rotor, en el que un número de revoluciones del rotor y un número de revoluciones del dispositivo giratorio están en relación entre sí a través de una relación de multiplicación predeterminable, siendo calculado el número de revoluciones del dispositivo giratorio y siendo registrado un valor de medición del número de revoluciones para el cálculo del número de revoluciones del dispositivo giratorio.

10 La detección del número de revoluciones es una componente importante del sistema de control y de regulación de una instalación de energía eólica. En el marco de la invención, por un dispositivo de regulación se entiende especialmente también un dispositivo de control. Para la consecución de un tiempo de reacción rápido, la detección del número de revoluciones se realiza sobre el lado rápido del tren de impulsión o bien del lado de arrastre de un engranaje. Se realiza una medición del número de revoluciones de varios impulsos. A tal fin se monta sobre el disco de acoplamiento en un árbol de salida del engranaje un disco de medición del número de revoluciones o bien disco transmisor provisto con levas, fabricado con alta precisión, que es explorado sobre un conmutador de proximidad, por ejemplo inductivo. A tal fin, debe registrarse con mucha exactitud la distancia entre dos levas, por ejemplo la división angular del disco de medición del número de revoluciones debe tener una tolerancia en el intervalo de aproximadamente $1/100^\circ$. Esta exactitud de fabricación solamente se consigue mucho gasto. Además, existen muchas instalaciones de energía eólica con un comportamiento claramente perturbado de la señal del número de revoluciones.

20 Se conoce a partir del documento EP 1 524 433 A1 un procedimiento para la regulación del número de revoluciones de una instalación de energía eólica, en el que con la ayuda de una disposición de transmisor con al menos una sección de transmisor y con una disposición de sensor con al menos dos sensores, que reaccionan durante un movimiento giratorio relativo entre la disposición de transmisor y la disposición de sensor sobre la sección de transmisor, a través de la evaluación de las señales de la disposición de sensor se calcula el número relativo de revoluciones, en el que se mide el tiempo t , que necesita una sección del transmisor entre dos sensores dispuestos uno detrás del otro en el sentido de giro, distanciados a una distancia fija, y con la ayuda del tiempo t y las particularidades geométricas de la disposición de transmisor y de sensores se calcula el número de revoluciones n , y en el que se aplica una señal real del número de revoluciones, que corresponde al número de revoluciones calculado, sobre un regulador, que emite al menos una señal de ajuste v_i sobre un dispositivo de regulación para una regulación de las palas de un rotor, cuando la señal real del número de revoluciones se desvía de un valor teórico del número de revoluciones.

35 El documento US 4 189 648 A publica una instalación de energía eólica, en la que se mide un número de revoluciones del rotor, en el que este valor medido sirve como variable de entrada de un control de regulación del ángulo de las palas. El control de regulación del ángulo de las palas presenta un llamado "programa de control de la velocidad del rotor", cuyo resultado es un ángulo de las palas del rotor.

40 El documento EP 1 596 493 A1 publica un procedimiento para la medición del número de revoluciones de un motor-EC, que presenta una parte primaria con un arrollamiento y una parte secundaria segmentos magnéticos desplazados entre sí en dirección circunferencial, magnetizados alternando en direcciones opuestas entre sí, que tienen tolerancias con respecto a su posicionamiento y/o su dimensión. Para la formación de una señal del número de revoluciones se diferencia la señal de medición de la posición.

45 El cometido de la presente invención consiste en desarrollar adicionalmente el procedimiento mencionado al principio para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor y con un dispositivo giratorio conectado con el rotor, en el que un número de revoluciones del rotor y un número de revoluciones del dispositivo giratorio están en relación entre sí a través de una relación de multiplicación predeterminable, siendo calculado el número de revoluciones del dispositivo giratorio y siendo registrado un valor de medición del número de revoluciones para el cálculo del número de revoluciones del dispositivo giratorio, con el propósito de que en un tiempo relativamente corto se puede determinar un número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado con muchas precisión, que corresponde esencialmente al número de revoluciones real del dispositivo giratorio. De esta manera se pueden eliminar en gran medida errores de medición a través de inexactitudes del disco de medición y de un dispositivo de medición, respectivamente.

55 Este cometido se soluciona por medio de un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un rotor y con un dispositivo giratorio conectado con el rotor, en el que un número de revoluciones del rotor y un número de revoluciones del dispositivo giratorio están en relación entre sí a través de una relación de multiplicación predeterminable, siendo calculado el número de revoluciones del dispositivo giratorio y siendo registrado un valor de medición del número de revoluciones para el cálculo del número de revoluciones del dispositivo giratorio, en el que el valor de medición del número de revoluciones es corregido con un valor de corrección variable en el tiempo, de manera que resulta el número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado,

siendo alimentado el número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado como valor real a un dispositivo de regulación de la instalación de energía eólica, en el que para la determinación del valor de corrección del valor de medición del número de revoluciones se forma una diferencia o un cociente del valor de medición del número de revoluciones y el valor medio del valor de medición del número de revoluciones.

- 5 A través de la utilización de un valor de corrección variable en el tiempo para la corrección del valor de medición del número de revoluciones, con lo que se obtiene el número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio, resulta una adaptación muy exacta de un valor de corrección del número de revoluciones, de manera que el número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio corresponde después de algunas etapas de iteración esencialmente al número de revoluciones real del dispositivo giratorio. El valor de corrección variable en el tiempo corresponde especialmente también a un valor de corrección adaptable o bien a un valor de corrección adaptado, que se adapta de manera variable sobre un cierto tiempo. Esto conduce a un número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado con gran precisión. A través de la invención se pueden eliminar en gran medida errores de medición, de manera que el valor del número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio puede servir muy bien como valor real para un dispositivo de regulación de la instalación de energía eólica.
- 10
- 15 Con preferencia, se detectan varios valores de medición del número de revoluciones por cada revolución del dispositivo giratorio y se corrigen, respectivamente, con un valor de corrección al menos variable en el tiempo. Se consigue una exactitud relativamente grande del número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio cuando para la determinación del valor de corrección del valor de medición del número de revoluciones se forma una diferencia o un cociente del valor de medición del número de revoluciones con respecto a un valor medio del valor de medición del número de revoluciones. Con preferencia, por cada revolución del dispositivo giratorio se forma un valor medio del valor de medición del número de revoluciones de los valores de medición del número de revoluciones registrados durante la revolución. Se consigue un valor de medición del número de revoluciones calculado exactamente cuando se forma una curva de compensación, en particular recta de compensación, entre dos valores medios sucesivos de los valores de medición del número de revoluciones, de manera que para la determinación del valor de corrección del valor de medición del número de revoluciones se forma una diferencia o un cociente del valor de medición del número de revoluciones con respecto a la curva de compensación. En lugar de una recta de compensación, puede ser concebible también como curva de compensación una función logarítmica o una función que, en función del valor de medición del número de revoluciones, prevé una ponderación del valor de medición del número de revoluciones para la variación de las rectas de compensación. También se puede formar una curva de compensación, que tiene en cuenta una curva de compensación o bien una recta de compensación previamente determinada además de los valores medios de los valores de medición del número de revoluciones, por ejemplo través de la formación de un valor medio de una recta de compensación formada con la recta de compensación a formar a continuación, de manera que la primera de las dos rectas de compensación puede ser también ponderada con el factor 2 ó 1,5.
- 20
- 25
- 30
- 35 Con preferencia, las diferencias o cocientes formados para la determinación del número de revoluciones del dispositivo giratorio son filtrados. En particular, con preferencia el filtro comprende una compensación de las diferencias o bien de manera especialmente preferida una igualación de las diferencias. De esta manera se posibilita un número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado con gran precisión con un tiempo de cálculo corto.
- 40 Con preferencia, por cada revolución completa del dispositivo giratorio se registran N valores de medición del número de revoluciones, siendo N un número natural, que es con preferencia un número par.
- En un desarrollo del procedimiento de acuerdo con la invención se verifica si se detecta cada valor de medición del número de revoluciones detectable. Además, con preferencia se corrige continuamente cada valor de medición del número de revoluciones detectado.
- 45 Es especialmente preferido que el valor de corrección variable en el tiempo se ajuste fijamente después de un tiempo predeterminable, después de un número predeterminable de revoluciones y/o después de que no se ha alcanzado un límite superior predeterminable de una varianza de un primer valor de corrección de una revolución del dispositivo giratorio con respecto al primer valor de corrección de la siguiente revolución del dispositivo giratorio. De esta manera se ajusta fijamente el valor de corrección variable en el tiempo de manera correspondiente de acuerdo con el tiempo predeterminable, el número de revoluciones predeterminable o bien después de que no se ha alcanzado el valor superior predeterminable, estando previsto para cada valor de medición del número de revoluciones, respectivamente, un valor de corrección ajustado fijamente, por ejemplo en forma de un factor, que se multiplica por el valor de medición del número de revoluciones medido en cada caso, para formar el número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio o en forma de un término aditivo.
- 50
- 55 Con preferencia, se realiza la alimentación del número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio como valor real a un dispositivo de regulación de la instalación de energía eólica para el ajuste del ángulo de ajuste de las palas del rotor y/o para el ajuste de parámetros eléctricos de un sistema eléctrico de la instalación de energía eólica, en particular de la potencia, del par motor o de la fase de la tensión alterna.

Con preferencia, el número de revoluciones del dispositivo giratorio se limita cuando se excede o no se alcanza una zona del número de revoluciones predeterminable, especialmente adaptable en el funcionamiento.

5 Es conveniente que, cuando se excede una diferencia predeterminable entre dos valores de medición del número de revoluciones sucesivas y/o dos valores medios del valor de medición del número de revoluciones sucesivas, se ignore el último valor de medición del número de revoluciones y/o el último valor medio del valor de medición del número de revoluciones. Con preferencia, el valor de corrección se limita a un valor máximo predeterminable, cuando el importe de la diferencia del valor de medición del número de revoluciones con respecto a un valor medio del valor de medición del número de revoluciones excede un valor predeterminable.

10 Con preferencia, en los casos mencionados anteriormente, se activa un mensaje de error, de manera que se puede verificar cómo ha podido aparecer un error correspondiente.

15 Con preferencia, está previsto un programa de ordenador con medios de códigos de programa, que están adaptados para ejecutar el procedimiento de acuerdo con la invención, cuando el programa de ordenador es ejecutado especialmente en un dispositivo de regulación de una instalación de energía eólica, con preferencia el programa de ordenador que se acaba de describir está registrado en un soporte de datos legible por un ordenador. Además, con preferencia, un dispositivo de regulación de una instalación de energía eólica está provisto con un procedimiento de acuerdo con la invención que se ejecuta en el dispositivo de regulación, que ha sido descrito anteriormente.

A continuación se describe la invención sin limitación de la idea general de la invención con la ayuda de ejemplos de realización con referencia a los dibujos, de manera que se remite expresa mente a los dibujos con respecto a todos los detalles de acuerdo con la invención no explicados en detalle en el texto. En este caso:

20 La figura 1 muestra de forma esquemática un diagrama de bloques de una instalación de energía eólica habitual.

La figura 2 muestra de forma esquemática una disposición de medición del número de revoluciones para la instalación de energía eólica de acuerdo con la figura 1.

La figura 3 muestra un diagrama esquemático de una señal del número de revoluciones sobre el tiempo.

La figura 4 muestra un diagrama esquemático de un número de revoluciones medido sobre el tiempo.

25 La figura 5 muestra de forma esquemática las diferencias calculadas del número de revoluciones para las levas individuales de un disco de medición.

La figura 6a muestra en una representación esquemática el número de revoluciones medido sobre el tiempo.

La figura 6b muestra una representación esquemática del número de revoluciones determinado sobre el tiempo de acuerdo con la invención en virtud de la medición de la figura 6a.

30 La figura 6c muestra una representación esquemática del número de revoluciones real sobre el tiempo.

En las figuras siguientes, respectivamente, los elementos iguales o del mismo tipo o bien las partes correspondientes están provistos con los mismos signos de referencia, de manera que se prescinde de una exposición nueva correspondiente.

35 La figura 1 muestra un rotor 10 de una instalación de energía eólica 11, cuyo árbol 12 está alojado en dos cojinetes 14, 16. El árbol 12 es el árbol de entrada de un engranaje 18 no descrito en detalle, que transfiere el número de revoluciones del árbol a un número de revoluciones más elevado, por ejemplo en el factor 100. Un árbol de salida 20 del engranaje 18 está acoplado a través de un acoplamiento 22 con un árbol 24 de un generador de corriente trifásica 26. Entre el rotor eólico 10 y el primer cojinete 14 está dispuesto un disco de amarre 28 de forma fija contra giro sobre el árbol 12, que colabora con un elemento de bloqueo 30. Si se introduce el elemento de bloqueo 30, por ejemplo, en un orificio o escotadura del disco de amarre 28, se impide de esta manera una rotación del árbol 12. Cerca del acoplamiento 22, un disco transmisor 32 está dispuesto fijo contra giro sobre la sección del árbol 20. Colabora con una disposición de sensor 34, cuyas señales son aplicadas a un ordenador 36. El ordenador 36 emite como regulador una señal de ajuste de momentos sobre un convertidor 38 para la corriente alterna generada por el generador 26. El convertidor genera corriente alterna con parámetros correspondientes predeterminables con objeto de la alimentación a una red. Hay que mencionado que con la ayuda de una regulación optimizada en la carga del convertidor 38 es posible realizar una amortiguación electrónica de las vibraciones para el tren propulsor según la figura 1. Para una regulación de este tipo es necesaria una detección exacta del número de revoluciones en el tren propulsor.

50 El rotor 10 contiene un dispositivo de regulación de las palas 39 para las palas del rotor 10. Desde el ordenador 36 se emite al menos una señal de ajuste v_1 sobre el dispositivo de ajuste de las palas 39. En el caso de dos o más palas del rotor, se puede genera runa señal de ajuste para cada pala. El regulador se encuentra, por ejemplo, en el ordenador 36. La señal real del número de revoluciones o bien el número de revoluciones calculado de acuerdo con

la invención es calculado en el ordenador 36 a partir de las señales de la disposición de sensor 34 y se puede comparar, por ejemplo, con una señal del valor real del número de revoluciones, para calcular al menos una señal de ajuste v_1 para el dispositivo de ajuste de las palas 39.

5 En la figura 2 se puede reconocer que el disco transmisor 32 presenta en su periferia una serie de levas radiales 40, que tienen una distancia igual determinada entre sí. En la periferia del disco de levas 32 están dispuestos dos sensores 42, 44 a una distancia s . Los sensores 42, 44 dispuestos unos detrás de los otros en el sentido de giro del disco transmisor dan como resultado esencialmente la disposición de sensores 34 según la figura 1. De manera alternativa, también puede estar previsto un sensor del número de revoluciones. En lugar del disco transmisor 32 en forma de un disco de levas puede estar previsto también un disco perforado. La distancia de las levas 40 es con preferencia mayor que la distancia s de los sensores 42, 44. Los sensores 42, 44 están dispuestos con preferencia radiales, lo que no se representa, de manera que la distancia no es trayecto recto, sino un arco con un ángulo de arco α . De acuerdo con ello, el número de revoluciones n resulta a partir de $\alpha/(360^\circ * t)$, de manera que α es el ángulo de arco entre los sensores y t es el tiempo, que necesita una leva desde el primero hacia el segundo sensor.

15 El disco transmisor 32 puede estar fabricado, por ejemplo, de una sola pieza de metal, por ejemplo hierro, y los sensores 42, 44 pueden estar configurados como sensores de proximidad, que generan una señal, cuando una leva 40 se encuentra en la proximidad del sensor 42, 44. Cuando se considera una leva individual, por ejemplo la leva 40', resultan aproximadamente impulsos rectangulares como señal de sensor, presentando el periodo de la señal un tiempo t , que es el que una leva 40, 40', 40'', 40''' necesita para el trayecto entre el sensor 42 y el sensor 44, cuando el disco transmisor 34 gira. El tiempo t se mide en el ordenador 36 y en el ordenador se realiza una determinación del valor de medición del número de revoluciones de acuerdo con la fórmula $\text{rpm}_i = \alpha/(360^\circ * t)$ o $\text{rpm}_i = s/t*U$, en la que α o bien s es la distancia de los sensores, t es el tiempo y U es la circunferencia del disco transmisor 34 y en concreto en la zona de los extremos radiales de las levas 40.

Ahora sucede que el disco transmisor 34, que puede estar configurado también como disco de acoplamiento o bien sobre el disco de acoplamiento puede estar montado el disco de medición del número de revoluciones 34 o bien el disco transmisor, debería ser un disco de medición del número de revoluciones fabricado con alta precisión. El retraso medio de la medición corresponde a la mitad del periodo de tiempo entre el paso de dos levas. Con un número de $N = 8$ levas y un número de revoluciones de 1.800 rpm, el retraso de la medición es, por lo tanto, 2,1 ms. El problema de un procedimiento de medición es que la distancia entre dos levas debe ser registrada muy exactamente y que la división angular del disco del número de revoluciones debe tener una tolerancia en el intervalo de aproximadamente 1/100°. Es problemático conseguir esta exactitud de fabricación, puesto que se ha mostrado que existen diversas instalaciones de energía eólica con señales del número de revoluciones muy perturbadas, como se representa, por ejemplo, en la figura 3. La figura 3 muestra en este caso una curva típica de una señal del número de revoluciones registrada o bien de un valor de medición del número de revoluciones rpm_i sobre el tiempo en segundos con una inexactitud correspondiente del disco de medición del número de revoluciones o bien del disco transmisor 32. Como se puede deducir a partir de la figura 3, el número de revoluciones medido rpm_i está entre 1.783,5 y 1.792,5 revoluciones por minuto.

A través del procedimiento de acuerdo con la invención se puede eliminar en gran medida el error de medición condicionado a través de la inexactitud del disco de medición. La señal del número de revoluciones o bien el número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado $\text{rpm}_{i,f}$ se puede procesar hidrodinámicamente por el regulador 36, lo que es importante para la función óptima del amortiguador del tren propulsor. En el estado de la técnica no existe ningún procedimiento para la corrección de las tolerancias en el disco de medición. Solamente existen procedimientos para la filtración digital de señales, por ejemplo un filtro-FIR, por ejemplo para la formación flexible del valor medio, o un filtro-IIR, por ejemplo Butterworth, Chebyshev o un filtro elíptico. Estos filtros digitales pueden filtrar, en efecto, las inexactitudes de la señal del número de revoluciones medida o bien del valor de medición del número de revoluciones rpm_i , pero tienen el inconveniente de que retrasan considerablemente la señal. El tiempo de retraso está, con un diseño adecuado de un filtro, entre 10 y 15 ms, de manera que se empeora claramente la dinámica de la regulación. Además, el proyecto de filtros correspondientes es muy complicado y difícil.

El procedimiento de acuerdo con la invención se basa en que el procedimiento o bien el filtro se adapta a la geometría afectada con inexactitudes del disco de medición o bien del disco transmisor 34. En este caso, el procedimiento cuenta las levas del disco del número de revoluciones o bien del disco transmisor 32 y registra qué leva ha pasado la última el sensor. El valor del número de revoluciones medido en la leva i o bien el valor de medición del número de revoluciones se corrige entonces a través de un factor de corrección o bien un miembro de corrección $\text{rpm}_{i,c}$. El valor filtrado del número de revoluciones o bien el número de revoluciones $\text{rpm}_{i,f}$ determinado da como resultado, por lo tanto:

55
$$\text{rpm}_{i,f} = \text{rpm}_i - \text{rpm}_{i,c} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La determinación de los factores de corrección se realiza continuamente y se ilustra en la figura 4. Una etapa de adaptación del filtro comienza siempre cuando el disco de medición o bien el disco transmisor 32 ha realizado dos revoluciones completas. Los valores de medición del número de revoluciones, que pertenecen a las levas

individuales, de las revoluciones individuales $rpm_{i,1}$ y $rpm_{i,2}$ con $i = 1$ a N , en la que N es en este caso divisible por dos, están designados en la figura con 1 a 8 para la revolución 1 y con 1' a 8' para la revolución 2. La numeración de las levas es en este caso aleatoria o bien el comienzo de la numeración es aleatorio y solamente depende de cuándo se inicia el procedimiento.

- 5 Al término de dos revoluciones se determina una recta de compensación 46 desde el punto medio de la revolución 1, que está identificada con el número de referencia 48, hasta el punto medio de la revolución 2, que está designada con el número de referencia 49. En términos generales, se trata de la m . revolución 48 y la $(m+1)$. revolución 49, en la que m es un número natural. Como punto medio de la revolución se define la transición entre las levas $N/2$ y $N/2+1$. La recta de compensación se determina entonces a través de la conexión lineal de los valores medios aritméticos de las revoluciones 1 y 2 o bien m y $(m+1)$. Estos valores medios se designan con \overline{rpm}_1 y \overline{rpm}_2 . Estos se determinan de la siguiente manera:

$$\overline{rpm}_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N rpm_{i,1}$$

$$\overline{rpm}_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N rpm_{i,2}$$

(Ecuación 2)

- 15 Para el cálculo siguiente se consideran, respectivamente, la segunda mitad de la primera revolución así como la primera mitad de la segunda revolución. El número de revoluciones a lo largo de las rectas de compensación se determina a través de la interpolación sobre las levas individuales. En este caso se aplica para la segunda mitad de la primera revolución

$$rpm_{i,a} = \overline{rpm}_1 + (\overline{rpm}_2 - \overline{rpm}_1) \frac{2i - N - 1}{2N} \text{ para } i = N/2 + 1 \dots N$$

(Ecuación 3)

mientras que para la primera mitad de la segunda revolución se aplica

$$rpm_{i,a} = \overline{rpm}_1 + (\overline{rpm}_2 - \overline{rpm}_1) \frac{2i + N - 1}{2N} \text{ para } i = 1 \dots N/2$$

(Ecuación 4)

- 20 A continuación se determina la diferencia entre los valores de medición del número de revoluciones $N/2+1 \dots N$ así como $1 \dots N/2$ y el valor interpolado de la recta de compensación

$$\Delta rpm_i = rpm_{i,1} - rpm_{i,2} \text{ para } i = N/2 + 1 \dots N \quad (\text{Ecuación 5})$$

así como

$$\Delta rpm_i = rpm_{i,2} - rpm_{i,a} \text{ para } i = N/2 \quad (\text{Ecuación 6})$$

- 25 De esta manera resultan las diferencias correspondientes del número de revoluciones Δrpm_i , que se pueden reconocer a través de las flechas en la figura 4 se representan de forma esquemática de nuevo en la figura 5 para facilidad de representación y en concreto sobre el número de levas.

Las N diferencias del número de revoluciones determinadas de esta manera se aplican en N filtros como variable de entrada. En este caso, para cada leva se ejecuta la siguiente ecuación diferencial

- 30 $rpm_{i,c}(t+1) = A rpm_{i,c}(t) + (1-A) \Delta rpm_i(t)$, $rpm_{i,c}(0) = 0$, $i = 1 \dots N$, $0 < A < 1$ (Ecuación 7)

En este caso, $rpm_{i,c}(t)$ designa el valor de corrección que se constituye poco a poco para la i leva del disco transmisor 32. A través del parámetro de filtro A se puede determinar con qué rapidez se adapta el filtro al disco del número de revoluciones. Cuanto menor se selecciona A , tanto más rápidamente se realiza la adaptación al disco de medición o bien el disco transmisor 32, al mismo tiempo se reduce la precisión de la corrección.

La figura 6 y allí las figuras 6a, 6b y 6c muestran de forma esquemática el proceso de adaptación del filtro de acuerdo con la invención para $A = 0,8$. La inicialización o bien la determinación del valor de corrección $\text{rpm}_{i,c}$ se termina al cabo de aproximadamente 1 s.

5 La figura 6a superior muestra el valor de medición del número de revoluciones rpm_i sobre el tiempo en s. La figura 6b central muestra de forma esquemática el número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio $\text{rpm}_{i,f}$ sobre el tiempo en t, y la figura 6c inferior muestra el número real de revoluciones n también sobre el tiempo t en s. Se puede reconocer que dentro de 1 s se adapta el número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio o bien el número de revoluciones filtrado muy exactamente al número real de revoluciones n.

10 La ventaja del procedimiento es que la corrección de los valores de medición del número de revoluciones se realiza sin retraso de tiempo. Después de un tiempo de adaptación de menos de un s, con preferencia de menos de $\frac{1}{2}$ s se pueden determinar factores de corrección correspondientemente buenos. La inicialización del procedimiento o bien la adaptación del valor de corrección solamente es necesaria ahora una vez, por ejemplo durante la aceleración de la instalación de energía eólica. Solamente existe un único parámetro de filtro, a saber, el parámetro A, de manera que no son necesarios procedimientos de diseño costosos para el filtro. Después de la determinación de los valores de corrección respectivos para las levas respectivas, éstos se pueden registrar en memoria y se pueden aplicar sobre los valores de medición del número de revoluciones, por ejemplo a través de una multiplicación sencilla cuando, por ejemplo, el valor de corrección ha sido formado sobre el cociente del valor de medición del número de revoluciones con respecto a un valor medio del valor de medición del número de revoluciones o con respecto a la curva de compensación, o por adición, por ejemplo durante la determinación del valor de corrección sobre una diferencia del valor de medición del número de revoluciones con respecto a un valor medio del valor de medición del número de revoluciones o bien con respecto a la curva de compensación, de manera que se puede determinar el número de revoluciones real calculado realmente sin retraso de la señal. Solamente en el caso de que aparezcan errores, puede ser necesario inicializar de nuevo el procedimiento para determinar de nuevo los valores de corrección del número de revoluciones. De esta manera, en una forma de realización ventajosa de la invención está previsto que la determinación de los valores de corrección se realice solamente durante la puesta en servicio o durante un ensayo de Hallen, y los valores de corrección registrados solamente son determinados de nuevo cuando el disco transmisor ha sido modificado o sustituir, por un servicio de mantenimiento. En este caso, se puede prever la inicialización del procedimiento durante la aceleración de la instalación de energía eólica, de tal manera que los valores de corrección existentes son sincronizados sobre la secuencia de impulsos existente, para no determinar de nuevo los valores de corrección previamente determinados, sino asociarlos correctamente a los impulsos.

35 Pueden aparecer problemas, por ejemplo, cuando las levas del disco transmisor 32 no siempre son contabilizadas correctamente, En el caso de que este impulso de recuento falle una vez, se puede proceder de la siguiente manera. A partir del último número válido de revoluciones se calcula una longitud esperada del impulso, siendo ésta, por ejemplo, 4,2 ms. Si desde la última pasada detectada de las levas ha transcurrido más que este tiempo, se inicia la función de recuento de las levas. Pero la actualización de los factores de corrección debería bloquearse durante esta pasada, puesto que claramente existe un error en el registro del número de revoluciones. La verificación del exceso del tiempo se realiza, por ejemplo, en ciclos de 1 ms, es decir, en el ejemplo $t = 4,2$ se derivaría durante la quinta pasada a la rutina de recuento de las levas. Cuando a continuación adicionalmente tampoco una leva suministra ningún impulso, se genera un mensaje de error. Si a continuación todas las levas suministran un impulso, se puede inicializar de nuevo o bien se puede proseguir el procedimiento.

40 Para la detección de errores se establece un reconocimiento de que se ha excedido la zona de valores del número de revoluciones, por ejemplo, un número máximo de revoluciones de 3.000 rpm así como un reconocimiento de saltos extremos del número de revoluciones, por ejemplo de más de 100 rpm.

45 En ambos casos, deberían bloquearse estos valores del número de revoluciones y no se realiza en adelante ya el procedimiento de corrección. Además, es conveniente limitar los términos de la corrección a un límite, por ejemplo +/- 20 rpm. Si se alcanza o bien se excede este límite, se activa un mensaje de error.

Lista de signos de referencia

1-8	Señales del sensor de m revoluciones
50 1'-8'	Señales del sensor de (m+1) revoluciones
10	Rotor
11	Instalación de energía eólica
12	Árbol
14	Cojinete
55 16	Cojinete
18	Engranaje
20	Árbol de salida
22	Acoplamiento
24	Árbol

	26	Generador de corriente trifásica
	28	Disco de amarre
	30	Elemento de bloqueo
	32	Disco transmisor
5	34	Disposición de sensor
	36	Ordenador
	38	Convertidor
	39	Dispositivo de ajuste de las palas
	40, 40', 40'', 40'''	Levas
10	42, 44	Sensor
	46	Recta de compensación
	48	m revoluciones
	48	(m+1) revoluciones
	v_1	Señal de ajuste
15	α	Ángulo de arco
	n_R	Número de revoluciones del rotor
	n	Número de revoluciones del dispositivo giratorio
	rpm_i	Número de revoluciones medido
	Δrpm_i	Diferencia del número de revoluciones
20	$rpm_{i,f}$	Número de revoluciones determinado del dispositivo giratorio
	Δrpm_1	Primer valor de corrección de la m revolución
	$\Delta rpm_{1'}$	Primer valor de corrección de la (m+1) revolución
	(rpm_i)	Valor medio del valor de medición del número de revoluciones
	$rpm_{i,c}$	Valor de corrección del número de revoluciones
25		

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica (11) con un rotor (10) y con un dispositivo giratorio (20, 22, 24) conectado con el rotor (10), en el que un número de revoluciones del rotor (n_R) y un número de revoluciones del dispositivo giratorio (n) están en relación entre sí a través de una relación de multiplicación predeterminable, siendo calculado el número de revoluciones del dispositivo giratorio (n) y siendo registrado un valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) para el cálculo del número de revoluciones del dispositivo giratorio (n), caracterizado por que el valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) es corregido con un valor de corrección ($rpm_{i,c}$) variable en el tiempo, de manera que resulta el número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado ($rpm_{i,t}$), siendo alimentado el número de revoluciones del dispositivo giratorio calculado ($rpm_{i,t}$), como valor real a un dispositivo de regulación (36) de la instalación de energía eólica (11), en el que para la determinación del valor de corrección ($rpm_{i,c}$) del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) se forma una diferencia o un cociente del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) y el valor medio del valor de medición del número de revoluciones $\overline{(rpm_i)}$.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se registran varios valores de medición del número de revoluciones (rpm_i) por cada revolución del dispositivo giratorio (20, 22, 24) y se corrigen, respectivamente, con un valor de corrección ($rpm_{i,c}$) variable al menos en el tiempo.
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que por cada revolución completa del dispositivo giratorio (20, 22, 24) se forma un valor medio del valor de medición del número de revoluciones $\overline{(rpm_i)}$ de los valores de medición del número de revoluciones (rpm_i) registrado durante la revolución.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que se forma una curva de compensación (46), en particular una recta de compensación, entre dos valores medios del valor de medición del número de revoluciones $\overline{(rpm_i)}$, $\overline{(rpm_{i+1})}$, de manera que para la determinación del valor de corrección ($rpm_{i,c}$) del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) se forma una diferencia o un cociente del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) con respecto a la curva de compensación (46).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que las diferencias o cocientes formados para la determinación del número de revoluciones (n , $rpm_{i,t}$) del dispositivo giratorio (20, 22, 24) son filtrados.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el filtro comprende una igualación de las diferencias.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que por cada revolución del dispositivo giratorio (20, 22, 24) se registran N valores de medición del número de revoluciones (rpm_i), siendo N un número natural.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que se verifica si se registra cada valor de medición del número de revoluciones $\overline{(rpm_i)}$ detectado.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que cada valor de medición del número de revoluciones registrado (rpm_i) se corrige continuamente.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el valor de corrección ($rpm_{i,c}$) variable en el tiempo se ajusta fijamente después de un tiempo (t) predeterminable, después de un número predeterminable de revoluciones (48, 49) y/o después de que no se ha alcanzado un límite superior predeterminable de una varianza de un primer valor de corrección ($rpm_{i,c}$) de una revolución del dispositivo giratorio (20, 22, 24) con respecto al primer valor de corrección ($rpm_{i,c}$) de la siguiente revolución del dispositivo giratorio (20, 22, 24).
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que se realiza la alimentación del número de revoluciones calculado del dispositivo giratorio ($rpm_{i,t}$) como valor real a un dispositivo de regulación (36) de la instalación de energía eólica (11) para el ajuste del ángulo de ajuste de las palas del rotor u1 y/o para el ajuste de parámetros eléctricos de un sistema eléctrico (38) de la instalación de energía eólica (11), en particular de la potencia, del par motor o de la fase de la tensión alterna.
- 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el número de revoluciones del dispositivo giratorio (n , $rpm_{i,t}$) se limita cuando se excede o no se alcanza una zona del número de revoluciones predeterminable, especialmente adaptable en el funcionamiento.
- 13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que cuando se excede una diferencia predeterminable entre dos valores de medición del número de revoluciones $\overline{(rpm_i)}$ sucesivos y/o dos

valores medios del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) sucesivos, se ignora el último valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) y/o el último valor medio del valor de medición del número de revoluciones ($\overline{rpm_i}$).

- 5 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que cuando el importe de la diferencia del valor de medición del número de revoluciones (rpm_i) con respecto a un valor medio del valor de medición del número de revoluciones ($\overline{rpm_i}$) excede un valor predeterminable, se limita el valor de corrección ($rpm_{i,c}$) a un valor máximo predeterminable.
- 15.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que se activa un mensaje de error.
- 10 16.- Programa de ordenador con medios de códigos de programa, que están adaptados para ejecutar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 15, cuando el programa de ordenador es ejecutado especialmente en un dispositivo de regulación (36) de una instalación de energía eólica (11).
- 17.- Programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 16, que está registrado en un soporte de datos legible por un ordenador.
- 15 18.- Dispositivo de regulación de una instalación de energía eólica (11) con un procedimiento que es ejecutado en el dispositivo de regulación (36) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 15.

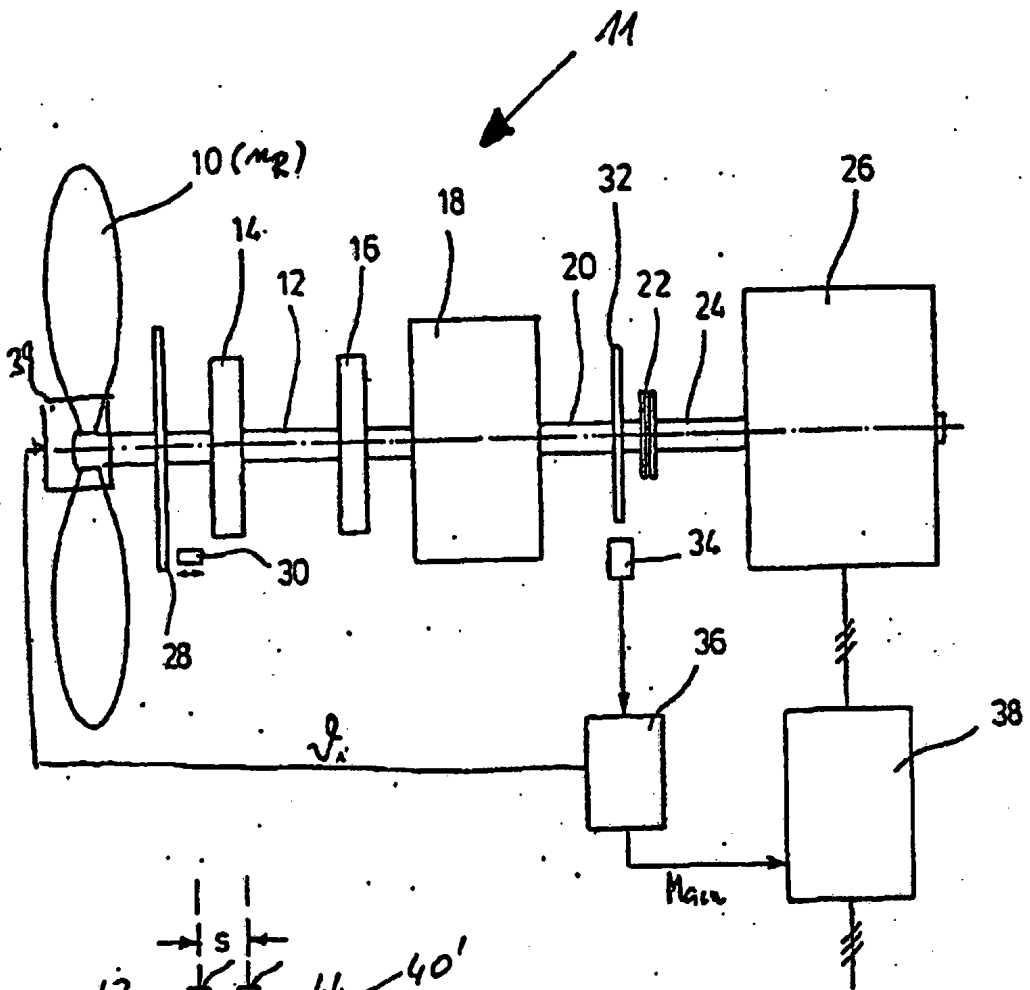


FIG. 1

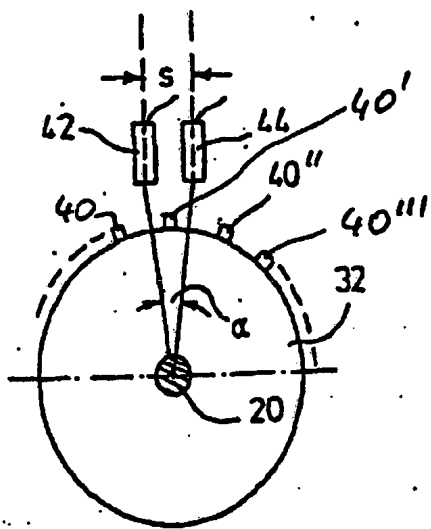


FIG. 2

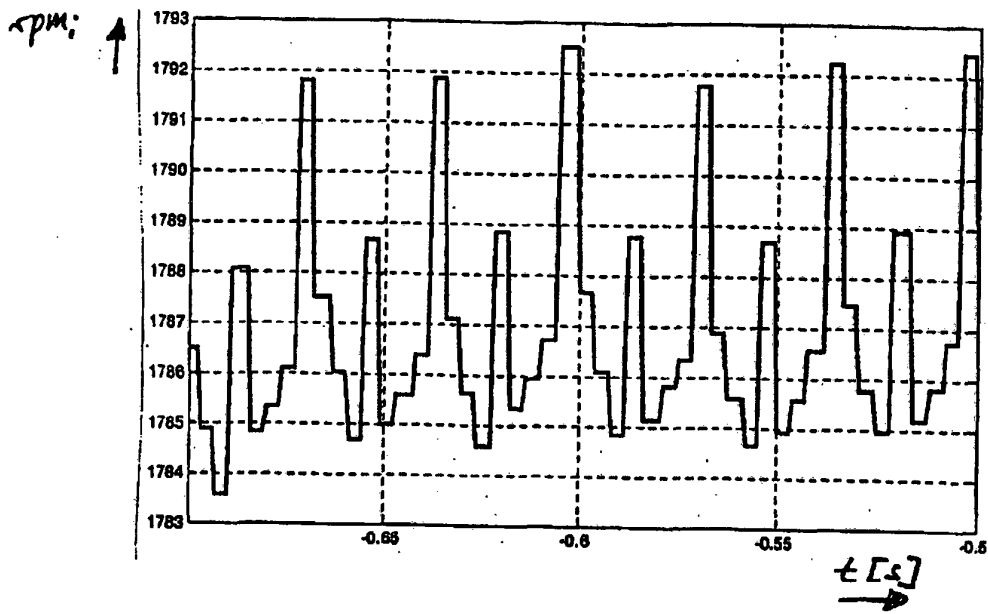


Fig. 3

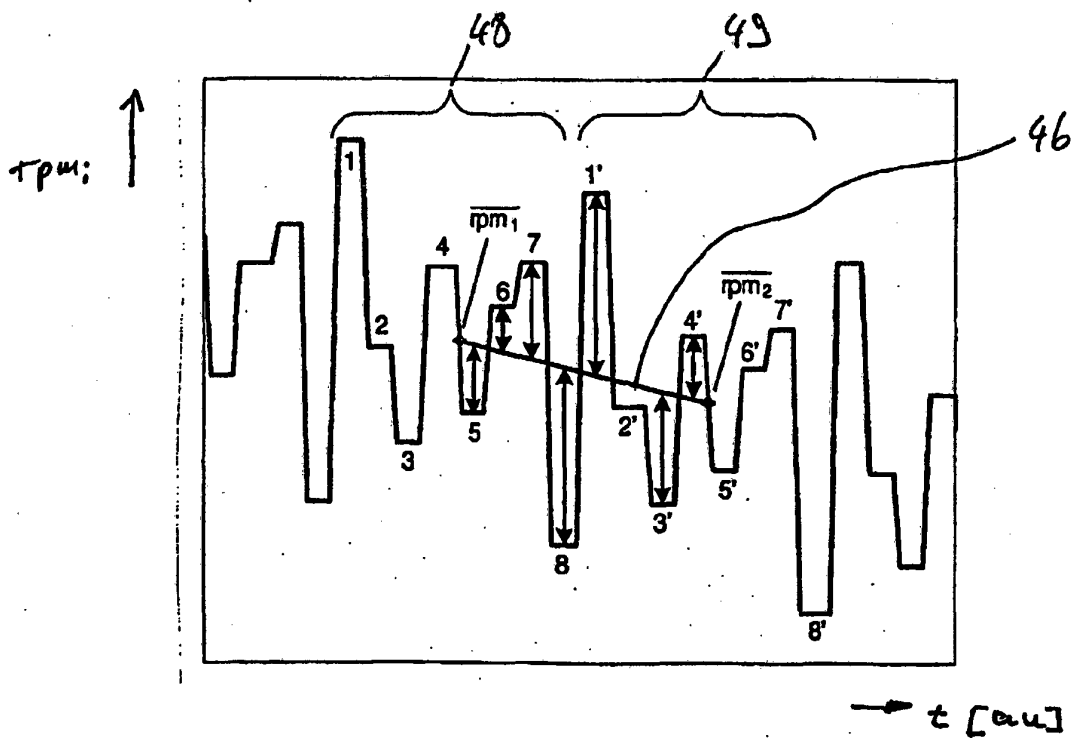


Fig. 4

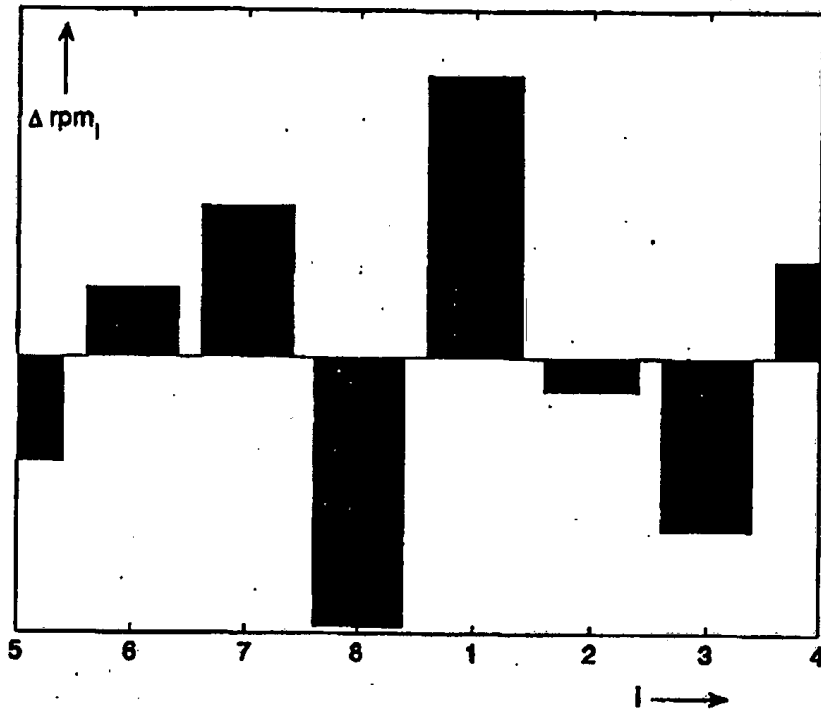


Fig. 5

